

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI FORMÜLASYON, PİŞİRME VE DEPOLAMA SÜRELERİNİN  
GLÜTENSİZ KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Önder YILDIZ  
DANIŞMAN: Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN

VAN-2010

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI FORMÜLASYON, PIŞİRME VE DEPOLAMA SÜRELERİNİN  
GLÜTENSİZ KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Önder YILDIZ

VAN-2010

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN danışmanlığında, Önder YILDIZ tarafından sunulan "**Farklı Formülasyon, Pişirme ve Depolama Sürelerinin Glütensiz Kek Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması**" isimli bu çalışma "Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" ve "Fen Bilimleri Enstitüsü Yönergesinin ilgili hükümleri gereğince 05/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN

Üye:

Prof. Dr. Ömer ZORBA

Üye:

Prof. Dr. Mehmet ÜLKER

Üye:

Doç. Dr. Fevzi KILIÇEL

Üye:

Yrd. Doç. Dr. Yusuf TUNÇTÜRK

İmza:

İmza:

İmza:

İmza:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 05/07/2010 tarih ve 2010/15-II sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza  
Doc. Dr. Nahit AKTAS  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

### FARKLI FORMÜLASYON, PİŞİRME VE DEPOLAMA SÜRELERİNİN GLÜTENSİZ KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**YILDIZ, Önder**

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN

Temmuz 2010, 197 sayfa

Unlu mamullerin üretiminde önemli fonksiyonlar üstlenen gluten proteininin gliadin fraksiyonu, çölyak hastalarında ciddi sindirim problemlerine yol açmaktadır. Bu çalışmada çölyak hastalarının tüketebileceği kısmi ve tam pişirilmiş glutensiz kek üretiminde pirinç unu, mısır unu ve kestane ununun kullanım olanakları araştırılmıştır.

Çalışmada temel bileşenlerin (yağ, yumurta akı tozu, süt tozu, kabartma tozu, vanilya) miktarı sabit tutulmuştur. Buğday unundan üretilen kontrol keki ve üç farklı un kombinasyonu ile üretilen glutensiz kekler için en uygun formülü belirlemede Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) kullanılmış ve formüllerde en uygun emülgatör oranı % 6 olarak belirlenmiştir. Optimize edilen kek formüllerinde kullanılan su oranı % 99–107, ksantan gam oranı % 0.075–0.225 ve guar gam oranı ise % 0.075–0.150 arasında değişmiş olup, 1:1 oranında mısır unu-patates nişastası karışımı ve 7:3 oranında kestane unu-patates nişastası karışımı en iyi kek özelliklerini sağlamıştır.

Optimize edilen kek formüllerine % 0–0.25 oranında transglutaminaz enzimi eklenmiş, her bir formül için kullanılacak kısmi pişirme sürelerinin belirlenmesinde kek içi sıcaklık değişimi ve Hızlı Viskozite Testi verilerinden yararlanılmıştır. Daha sonra tam ve kısmi pişirilmiş kekler –18°C’de 6 ay depolanmış ve depolamanın kek kalitesine etkisi değerlendirilmiştir. Depolama süresince tüm keklerin dış ve iç özellik puanlarında ve özgül hacimlerinde azalma, sertlik değerlerinde ise artma meydana gelmektedir.

Kısmi ve tam pişirilmiş kekler karşılaştırıldığında, kısmi pişirme yöntemi ile üretilen keklerin iç özellik puanları daha yüksek (74.42/80), dış özellik puanları, özgül hacimleri, sertlik ve çiğnenabilirlik değerleri ise sırasıyla yaklaşık % 4, 1.5, 9 ve 10.5 daha düşük bulunmuştur. Her bir kek için, tüm kek özellikleri göz önünde bulundurularak yapılan duyu değerlendirmede, hazırlanan taze kekler ile tam veya kısmi pişirilerek depolanmış kekler arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çölyak, glutensiz kek, kısmi pişirme, unlu mamuller



## ABSTRACT

### THE EFFECTS OF FORMULATION, BAKING AND STORAGE PERIODS ON THE QUALITY OF GLUTEN-FREE CAKE

**YILDIZ, Önder**

PhD Thesis, Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN

July 2010, 197 pages

Gliadin fraction of gluten protein undertakes important functions in the production of bakery products, but causes serious digestive problems in celiac patients. In this study, the possibility of usage of rice flour, corn flour and chestnut flour in par-baked and full-baked gluten-free cakes production was investigated.

The basic components (shortening, sugar, baking powder, non-fat milk powder, egg white powder) were kept constant in the study. Response Surface Methodology (RSM) was used to determine acceptable formula for control cake made from wheat flour and different three gluten-free cakes, and the most appropriate emulsifier ratio in formulas was 6%. In optimized cake formulas, 99-107% water, 0.075-0.225% xanthan gum and 0.075-0.150% guar gum were used and the best cake attributes were obtained with the 1:1 ratio of corn flour-potato starch mixture and the 7:3 ratio of chestnut flour-potato starch mixture.

Transglutaminase enzyme was added at 0-0.25% into optimized cake formulas and partial cooking time for each cake formula was determined using temperature changes during baking cycle and Rapid Visco Analyzer data. Then full and par-baked cakes made with the obtained formula were stored in -18 °C for a period of 6 months and cake quality was evaluated throughout the storage. Crust and crump attributes and specific volume decreased while hardness of all cakes increased with storage time.

Compared par-baked and full-baked cakes, par-baked cakes have higher scores for crump attributes (74.42/80), but crust attributes scores, specific volume, hardness and chewiness values of those cakes were approximately 4, 1.5, 9 and 10.5% lower than full-baked cakes, respectively. For each cake, considering the sensory evaluation of all cake attributes no significant differences fresh baked, par-baked and full-baked cakes.

**Key words:** Celiac, gluten-free cake, par-baking, baked products



## ÖN SÖZ

Kek her yaştaki insan tarafından sevilerek tüketilen bir unlu mamuldür. Fakat gluten içerdiğinden çölyak hastaları tarafından tüketilememektedir. Çölyaklı kişiler buğdaydan üretilen hiçbir ürünü ömür boyu tüketememekte, aileleri ve yaşadıkları toplumdan farklı bir diyetle ihtiyaç duymaktadırlar. Sağlıklı beslenme açısından bu diyetin farklı ürün çeşitleri ile desteklenmesi çölyak hastalarını ve ailelerini önemli derecede rahatlatacaktır. Glütensiz kek üretimi ile ilgili çok az çalışmanın yapılmış olması ve sağlık problemi olan spesifik bir gruba hitap etmesi araştırmanın önemini arttırmaktadır. Farklı alternatif bileşenler üzerinde çalışılması ve kısmi pişirme yönteminin uygulanması ürün çeşitliliği açısından yenilik sağlayacaktır. Bu çalışma ile çölyak hastaları için hem besin değeri yüksek keklerin üretilmesi ve hem de her zaman taze kek tüketebilme olanaklarının sağlanması amaçlanmıştır.

Tüm akademik hayatım boyunca kıymetli görüş ve katkılarıyla çalışmalarına yön veren, bir şeyler öğretmek için hep fedakârlık yapan ve bu günlere gelmemde büyük emek ve desteği olan hocam Sayın Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim. Tez izleme komitemde yer alan ve çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Ömer ZORBA ve Doç. Dr. Fevzi KILIÇEL'e şükranlarımı sunarım. Çalışma süresince katkılarından dolayı Doç. Dr. İsa CAVITOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. Yusuf TUNÇTÜRK'e ve Yrd. Doç. Dr. Ecevit EYDURAN'a teşekkür ederim. Yine çalışma boyunca katkılarını gördüğüm Öğr. Gör. İbrahim ALTUN, Araş. Gör. Raciye MERAL ve Araş. Gör. Şenol KÖSE'ye, duyuşal değerlendirmede yardımcı olan tüm panelistlere ve ayrıca projemize destek sağlayan YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (YYÜ-BAP-2009-FBE-D031), Bafra Eriş Un ve Yem Gıda San. ve Tic. A.Ş (Samsun)'ye, Kafkas Şekerleme San. ve Tic. A.Ş. (Bursa)'ye, Göktürk Gıda San. ve Dış Tic. Ltd. Şti. (İstanbul)'ne, A.B San. ve Tic. A.Ş. (Balıkesir)'ye ve Ajinomoto Foods Europa SAS (Almanya)'a teşekkür ederim.

Çalışma boyunca yoğunluktan dolayı yeterince ilgilenemediğim çocuklarım M. Yusuf, Betül ve Salih'e ve her zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, beni hep anlayış ve sabırla karşılayan kıymetli eşim Filiz YILDIZ'a ve son olarak fedakârlıklarla bizi okumaya yönlendiren saygıdeğer anne ve babama teşekkür ederim.





## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxiii
EKLER DİZİNİ	xxvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.2. Yöntem	21
3.3.1. Unların protein ve kül oranları	21
3.3.2. Unların viskozite özellikleri	22
3.3.3. Unların çözücü tutma kapasitesi (Solvent retention capacity)	22
3.3. Kek Üretimi ve Analizleri	23
3.3.1. Formül optimizasyonu ve kek üretimi	23
3.3.2. Hamur özellikleri	24
3.3.3. Kek özellikleri	25
3.3.4. Keklerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi	26
3.3.5. Keklerin renk değerlerinin tayini	26
3.3.6. Keklerde gliadin testi	27
3.3.7. Peroksit testi	27
3.3.8. Tüketici testi (Duyusal analiz)	28
3.4. İstatistiksel Analizler	28

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<b>Sayfa</b>
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Kullanılan Unların Özellikleri	30
4.1.1. Unların protein ve kül oranları	30
4.1.2. Unların viskozite özellikleri	30
4.1.3. Unların çözücü tutma kapasitesi (ÇTK)	33
4.2. Kontrol ve Glütensiz Kek Formüllerinin Optimizasyonu	34
4.2.1. Hamur yoğunluğu	37
4.2.1.1. Kontrol keki (KK)	38
4.2.1.2. Pirinç keki (PK)	39
4.2.1.3. Mısır formülü keki (MFK)	41
4.2.1.4. Kestane formülü keki (KFK)	42
4.2.1.5. Hamur yoğunluğu açısından formüllerin değerlendirilmesi	44
4.2.2. Kıvam	44
4.2.2.1. Kontrol keki (KK)	45
4.2.2.2. Pirinç keki (PK)	46
4.2.2.3. Mısır formülü keki (MFK)	47
4.2.2.4. Kestane formülü keki (KFK)	49
4.2.2.5. Kıvam açısından formüllerin değerlendirilmesi	51
4.2.3. Kek hamurlarında pH değerinin ölçümü	51
4.2.3.1. Kontrol keki (KK)	52
4.2.3.2. Pirinç keki (PK)	53
4.2.3.3. Mısır formülü keki (MFK)	54
4.2.3.4. Kestane formülü keki (KFK)	56
4.2.3.5. Formüllerin pH açısından değerlendirilmesi	57
4.2.4. Özgül hacim	58
4.2.4.1. Kontrol keki (KK)	58
4.2.4.2. Pirinç keki (PK)	59

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<b>Sayfa</b>
4.2.4.3. Mısır formülü keki (MFK)	61
4.2.4.4. Kestane formülü keki (KFK)	63
4.2.4.5. Özgül hacim açısından formüllerin değerlendirilmesi	64
4.2.5. Dış özellikler	65
4.2.5.1. Kontrol keki (KK)	65
4.2.5.2. Pirinç keki (PK)	67
4.2.5.3. Mısır formülü keki (MFK)	68
4.2.5.4. Kestane formülü keki (KFK)	69
4.2.5.5. Dış özellik puanı açısından formüllerin değerlendirilmesi	71
4.2.6. İç özellik	72
4.2.6.1. Kontrol keki (KK)	72
4.2.6.2. Pirinç keki (PK)	73
4.2.6.3. Mısır formülü keki (MFK)	75
4.2.6.4. Kestane formülü keki (KFK)	77
4.2.6.5. İç özellik puanı açısından formüllerin değerlendirilmesi	78
4.2.7. Hacim indeksi (mm)	79
4.2.7.1. Kontrol keki (KK)	79
4.2.7.2. Pirinç keki (PK)	80
4.2.7.3. Mısır formülü keki (MFK)	82
4.2.7.4. Kestane formülü keki (KFK)	83
4.2.7.5. Hacim indeksi açısından formüllerin değerlendirilmesi	85
4.2.8. Simetri indeksi (mm)	86
4.2.8.1. Kontrol keki (KK)	86
4.2.8.2. Pirinç keki (PK)	87
4.2.8.3. Mısır formülü keki (MFK)	89
4.2.8.4. Kestane formülü keki (KFK)	90
4.2.8.5. Simetri indeksi açısından formüllerin değerlendirilmesi	92

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<b>Sayfa</b>
4.2.9. Çekme miktarı (mm)	92
4.2.9.1. Kontrol keki (KK)	92
4.2.9.2. Pirinç keki (PK)	94
4.2.9.3. Mısır formülü keki (MFK)	95
4.2.9.4. Kestane formülü keki (KFK)	97
4.2.9.5. Çekme miktarı açısından formüllerin değerlendirilmesi	98
4.2.10. Üretilen keklerin pişme kaybı (%)	99
4.3. Kek Formüllerinin Optimizasyonunda Tekstürel Özellikler	99
4.3.1. Sertlik	99
4.3.1.1. Kontrol keki (KK)	99
4.3.1.2. Pirinç keki (PK)	101
4.3.1.3. Mısır formülü keki (MFK)	102
4.3.1.4. Kestane formülü keki (KFK)	104
4.3.1.5. Sertlik değeri açısından formüllerin değerlendirilmesi	105
4.3.2. Yapışkanlık	106
4.3.2.1. Kontrol keki (KK)	106
4.3.2.2. Pirinç keki (PK)	107
4.3.2.3. Mısır formülü keki (MFK)	109
4.3.2.4. Kestane formülü keki (KFK)	110
4.3.2.5. Yapışkanlık açısından formüllerin değerlendirilmesi	111
4.3.3. Çiğnenebilirlik	112
4.3.3.1. Kontrol keki (KK)	112
4.3.3.2. Pirinç keki (PK)	113
4.3.3.3. Mısır formülü keki (MFK)	115
4.3.3.4. Kestane formülü keki (KFK)	116
4.3.3.5. Çiğnenebilirlik açısından formüllerin değerlendirilmesi	118
4.3.4. Esneklik	119

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<b>Sayfa</b>
4.3.4.1. Kontrol keki (KK)	119
4.3.4.2. Pirinç keki (PK)	120
4.3.4.3. Mısır formülü keki (MFK)	122
4.3.4.4. Kestane formülü keki (KFK)	123
4.3.4.5. Esneklik açısından formüllerin değerlendirilmesi	125
4.4. Formül Optimizasyonu	126
4.4.1. Kontrol keki (KK)	126
4.4.2. Pirinç keki (PK)	127
4.4.3. Mısır formülü keki (MFK)	128
4.4.4. Kestane formülü keki (KFK)	129
4.5. Optimize Edilen Formüllere Transglutaminaz İlavesi	130
4.5.1. Kontrol keki (KK)	130
4.5.2. Pirinç keki (PK)	132
4.5.3. Mısır formülü keki (MFK)	132
4.5.4. Kestane formülü keki (KFK)	132
4.6. Kısmı Pişirme Sürelerinin Belirlenmesi	134
4.6.1. Ön denemeler ve kek içi sıcaklık değişimi	135
4.6.2. Hızlı Viskozite Testi (HVT)	137
4.7. Tam ve Kısmi Pişirilmiş Keklerin Hazırlanması ve Depolanması	140
4.8. Keklerin Genel ve Tekstürel Özelliklerine Depolamanın Etkisi	141
4.8.1. Genel kek özelliklerine depolamanın etkisi	141
4.8.1.1. Keklerin dış özellikleri üzerine depolamanın etkisi	141
4.8.1.2. Keklerin iç özellikleri üzerine depolamanın etkisi	145
4.8.1.3. Keklerin özgül hacmi üzerine depolamanın etkisi	146
4.8.1.4. Keklerde pişme kaybı üzerine depolamanın etkisi	147
4.8.1.5. Keklerde çekme (mm) üzerine depolamanın etkisi	148
4.8.2. Tekstürel özellikler üzerine depolamanın etkisi	149

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<b>Sayfa</b>
4.8.2.1. Sertlik	149
4.8.2.2. Esneklik	150
4.8.2.3. Çiğnenebilirlik	151
4.8.2.4. Yapışkanlık	152
4.9. Keklerin Kabuk (Dış) ve Gözenek (İç) Renk Değerleri	153
4.9.1. Kabuk renk değerleri	154
4.9.2. Gözenek renk değerleri	154
4.10. Glüten Analizi (ppm)	156
4.11. Peroksit Sayısı	156
4.12. Duyusal Değerlendirme	157
4.12.1. Görünüş	157
4.12.2. Gözenek yapısı	158
4.12.3. Nemlilik	159
4.12.4. Tat ve aroma	159
4.12.5. Ağızda bıraktığı his	160
4.12.6. Genel kabul	160
5. SONUÇ	162
KAYNAKLAR	165
EKLER	175
ÖZGEÇMİŞ	197

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Kek kesitinde ölçülen noktalar	25
Şekil 4.1. Kontrol ve pirinç unlarına ait viskozite kurveleri	30
Şekil 4.2. Mısır formülüne (Mısır unu+patates nişastası karışımı) ait viskozite kurveleri	31
Şekil 4.3. Kestane formülüne (Kestane unu+patates nişastası karışımı) ait viskozite kurveleri	31
Şekil 4.4. Kontrol kek üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri	39
Şekil 4.5. Kontrol kek üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	39
Şekil 4.6. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri	40
Şekil 4.7. Pirinç keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	40
Şekil 4.8. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri	41
Şekil 4.9. Mısır formülü keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	42
Şekil 4.10. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri	43
Şekil 4.11. Kestane formülü keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	43
Şekil 4.12. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri	45
Şekil 4.13. Kontrol keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	46



## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.14. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri	47
Şekil 4.15. Pirinç keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	47
Şekil 4.16. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri	48
Şekil 4.17. Mısır formülü keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	49
Şekil 4.18. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri	50
Şekil 4.19. Kestane formülü keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	50
Şekil 4.20. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri	52
Şekil 4.21. Kontrol keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	52
Şekil 4.22. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri	54
Şekil 4.23. Pirinç keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	54
Şekil 4.24. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri	55
Şekil 4.25. Mısır formülü keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	56
Şekil 4.26. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri	56

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.27. Kestane formülü keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	57
Şekil 4.28. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri	59
Şekil 4.29. Kontrol keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	59
Şekil 4.30. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri	60
Şekil 4.31. Pirinç keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	61
Şekil 4.32. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri	62
Şekil 4.33. Mısır formülü keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	62
Şekil 4.34. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri	63
Şekil 4.35. Kestane formülü keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	64
Şekil 4.36. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri	66
Şekil 4.37. Kontrol keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	66
Şekil 4.38. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri	67
Şekil 4.39. Pirinç keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.40. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri	68
Şekil 4.41. Mısır formülü keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	69
Şekil 4.42. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri	70
Şekil 4.43. Kestane formülü keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	71
Şekil 4.44. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri	73
Şekil 4.45. Kontrol keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	73
Şekil 4.46. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri	74
Şekil 4.47. Pirinç keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	75
Şekil 4.48. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri	76
Şekil 4.49. Mısır formülü keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	76
Şekil 4.50. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri	77
Şekil 4.51. Kestane formülü keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	78
Şekil 4.52. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri	80

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.53. Kontrol keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	80
Şekil 4.54. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri	81
Şekil 4.55. Pirinç keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	82
Şekil 4.56. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri	83
Şekil 4.57. Mısır formülü keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	83
Şekil 4.58. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri	84
Şekil 4.59. Kestane formülü keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	85
Şekil 4.60. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri	86
Şekil 4.61. Kontrol keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	87
Şekil 4.62. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri	88
Şekil 4.63. Pirinç keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	88
Şekil 4.64. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri	89
Şekil 4.65. Mısır formülü keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	90

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.66. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri	91
Şekil 4.67. Kestane formülü keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	91
Şekil 4.68. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri	93
Şekil 4.69. Kontrol keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	94
Şekil 4.70. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri	95
Şekil 4.71. Pirinç keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	95
Şekil 4.72. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri	96
Şekil 4.73. Mısır formülü keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	96
Şekil 4.74. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri	97
Şekil 4.75. Kestane formülü keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	98
Şekil 4.76. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri	100
Şekil 4.77. Kontrol keki üretiminde sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	100
Şekil 4.78. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri	101

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.79. Pirinç keki üretiminde sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	102
Şekil 4.80. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri	103
Şekil 4.81. Mısır formülü keki üretiminde sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	103
Şekil 4.82. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri	104
Şekil 4.83. Kestane formülü keki üretiminde sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	105
Şekil 4.84. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri	107
Şekil 4.85. Kontrol keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	107
Şekil 4.86. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri	108
Şekil 4.87. Pirinç keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	108
Şekil 4.88. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri	109
Şekil 4.89. Mısır formülü keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	110
Şekil 4.90. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri	111
Şekil 4.91. Kestane formülü keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	111

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.92. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri	113
Şekil 4.93. Kontrol keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	113
Şekil 4.94. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri	114
Şekil 4.95. Pirinç keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	114
Şekil 4.96. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri	116
Şekil 4.97. Mısır formülü keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	116
Şekil 4.98. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri	117
Şekil 4.99. Kestane formülü keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	118
Şekil 4.100. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri	120
Şekil 4.101. Kontrol keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	120
Şekil 4.102. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri	121
Şekil 4.103. Pirinç keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	122
Şekil 4.104. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri	123

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.105. Mısır formülü keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	123
Şekil 4.106. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri	124
Şekil 4.107. Kestane formülü keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi	124
Şekil 4.108. Emülgatör ve su seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri	127
Şekil 4.109. Emülgatör, su ve gam seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri	128
Şekil 4.110. Farklı mısır unu-patates nişastası ile ksantan-guar gam karışımlarının ve su seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri	129
Şekil 4.111. Kestane unu-patates nişastası ve ksantan-guar gam karışımlarının ile su seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri	130
Şekil 4.112. Standart kek için ön denemelerle kısmı pişirme süresinin belirlenmesi	135
Şekil 4.113. Kontrol keki (KK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi	136
Şekil 4.114. Pirinç keki (PK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi	136
Şekil 4.115. Mısır formülü keki (MFK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi	136
Şekil 4.116. Kestane formülü keki (KFK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi	137



## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.117. Tam, kısmı pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kontrol keklerinin viskozite kurveleri	139
Şekil 4.118. Tam, kısmı pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş pirinç keklerinin viskozite kurveleri	139
Şekil 4.119. Tam, kısmı pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş mısır formülü keklerinin viskozite kurveleri	140
Şekil 4.120. Tam, kısmı pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kestane formülü keklerinin viskozite kurveleri	140
Şekil 4.121. Farklı pişirilmiş kontrol ve glütensiz keklerin dış görünüşü	143
Şekil 4.122. Tam pişirilmiş taze kekler ile farklı depolama sürelerinden sonra ikinci pişme işlemi uygulanmış keklerin iç görünüşü	144
Şekil 4.123. Tam ve son pişme sonrası kontrol ve glütensiz keklerin iç görünüşü	145

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Kontrol ve glutensiz keklerin formülüne dahil edilen sabit ve optimize edilen bileşenler ve oranları	24
Çizelge 4.1. Kontrol ve glutensiz unların viskozite özellikleri-1	32
Çizelge 4.2. Kontrol ve glutensiz unların viskozite özellikleri-2	32
Çizelge 4.3. Kek üretiminde kullanılan her bir un kaynağı için çözücü tutma kapasitesi	33
Çizelge 4.4. Kontrol keki (KK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni	34
Çizelge 4.5. Pirinç keki (PK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni	35
Çizelge 4.6. Mısır formülü keki (MFK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni	36
Çizelge 4.7. Kestane formülü keki (KFK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni	37
Çizelge 4.8. Kontrol keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler	126
Çizelge 4.9. Pirinç keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler	127
Çizelge 4.10. Mısır formülü keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler	128
Çizelge 4.11. Kestane formülü keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler	129
Çizelge 4.12. Transglutaminaz ilave edilerek üretilen keklerin genel özelliklerindeki değişmeler	131
Çizelge 4.13. Transglutaminaz ilave edilerek üretilen keklerin tekstürel özelliklerindeki değişmeler	133

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.14. Farklı transglutaminaz seviyeleri ilave edilerek üretilen keklerin genel ve tekstürel özellikleri açısından beğenilirlik değerleri	133
Çizelge 4.15. Farklı pişirme işlemi uygulanmış kontrol ve glutensiz keklerin viskozite özellikleri	138
Çizelge 4.16. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin dış özellikleri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	142
Çizelge 4.17. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin iç özellikleri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	146
Çizelge 4.18. Farklı depolama süreleri ile kısmi veya tam pişirmenin keklerin özgül hacim değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	147
Çizelge 4.19. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin pişme kaybı (%) üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	148
Çizelge 4.20. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin glutensiz keklerin çekme (mm) oranı üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	149
Çizelge 4.21. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin sertlik değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	150
Çizelge 4.22. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin esneklik değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	151

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.23. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin çignenebilirlik değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	152
Çizelge 4.24. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin yapışkanlık değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	153
Çizelge 4.25. Farklı pişirme uygulanmış keklerin iç ve dış renk değerleri (L, a ve b)	155
Çizelge 4.26. Taze ve depolanmış kek örneklerinde peroksit sayıları (meq O <sub>2</sub> /kg yağ)	157
Çizelge 4.27. Kontrol kek ile üç farklı formülle üretilen glütensiz keklerin duyusal değerlendirme bulgularına ait varyans analiz sonuçları	158
Çizelge 4.28. Kontrol keki ve üç farklı formülle üretilen glütensiz keklerin duyusal değerlendirme puanları	159
Çizelge 4.29. Kontrol keki (KK) ve üç farklı formülle üretilen glütensiz keklerin duyusal değerlendirme puanları	161



## EKLER DİZİNİ

		<b>Sayfa</b>
Ek 1.	Kek özelliklerini puanlama çizelgesi	176
Ek 2.	Duyusal değerlendirme formu	177
Ek 3.	Varyans analiz sonuçları	178



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

a	Yeşil-kırmızı renk boyutu
b	Sarı-mavi renk boyutu
cm	Santimetre
Da	Dalton
dk	Dakika
g	Gram
L	Siyah-beyaz renk boyutu
meq	Miliekivalan
mm	Milimetre
ml	Mililitre
N	Normal derişim
nm	Nanometre
s	Saniye
sa	Saat
ppm	Milyonda bir kısım

### Kısaltmalar

AACC	Amerikan Hububat Kimyacılar Birliği
AOAC	Analitik Kimyacılar Birliği
CMC	Karboksi metil selüloz
ÇTK	Çözücü tutma kapasitesi
DATEM	Mono diğliseritlerin di asetil tartarik asit esterleri
HPMC	Hidroksi propil metil selüloz
KF	Kestane formülü
KFK	Kestane formülü keki
KK	Kontrol keki
KO	Kareler ortalaması
KT	Kareler toplamı
LSD	En küçük önemli fark
DM	Destile monogliseritler
MF	Mısır formülü
MFK	Mısır formülü keki
PAST	Peynir altı suyu tozu
PK	Pirinç keki
SH	Standart sapma
SS	Standart hata
SSL	Sodyum stearol laktilat
YYY	Yanıt Yüzey Yöntemi



## 1. GİRİŞ

Kek, kimyasal ve mekaniksel olarak kabartılan, birçok çeşidi bulunan ve sevilerek tüketilen bir unlu mamuldür. Kek üretiminde yumuşak, düşük protein içerikli ve düşük alfa-amilaz aktivitesine sahip buğdaylardan elde edilen parlak ve krem renkli, nispeten düşük kül içerikli ve az miktarda su kaldıran unlar tercih edilir (Hlynka, 1964; Lorenz ve Kulp, 1991)

Kek çeşitliliği çoğu zaman formülasyona giren bileşenlerin miktarlarının ayarlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle formüldeki bileşenlerin fonksiyonlarının bilinmesi, üretimin başlangıcından sonuna kadar olan aşamalarda kalitenin sürekliliğinin sağlanması için oldukça önemlidir. Benzer şekilde, kek üretiminin tüm aşamalarının kalite üzerine olan etkilerinin bilinmesi de son ürün kalitesi açısından önem taşımaktadır. Tüm bunların sağlanmasıyla üretici arzu edilen kalitede kek üretmeyi başarabilecek ve meydana gelen problemler daha kolay çözebilecektir (Mercan ve Boyacıoğlu, 1999; Doğan ve Küçüköner, 2003).

Unlu mamullerde önemli fonksiyonları olan gluten, tam hidrolize olduğunda lastiksi bir kütle halini alarak viskoelastik özellik gösterir. Hamurun önemli reolojik özelliklerini tayin etmenin yanı sıra (Anonim, 1982), çoğu unlu mamullerde gözenek yapısına ve kek hacmine katkıda bulunur. Ayrıca gluten, kek üretiminde kimyasal kabartma sistemleri tarafından oluşturulan CO<sub>2</sub> gazını hamur içinde tutarak ürünün kabarmasını ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar. Üretim sırasında tatmin edici bir performans alabilmek için; undaki gluten içeriği düşük, fakat gözenekli bir içyapı oluşturabilecek düzeyde olmalıdır.

Shewry ve ark. (1995) tarafından bildirildiğine göre undaki toplam proteinin % 80–85'i gluten olup, bu protein yaklaşık olarak 1:1 oranında gliadin ve gluteninden oluşmaktadır. Woychik ve ark. (1961) gliadini alfa ( $\alpha$ ) gliadin, beta ( $\beta$ ) gliadin, gamma ( $\gamma$ ) gliadin ve omega ( $\omega$ ) gliadin olmak üzere dört gruba ayırmaktadır. Gliadinlerin molekül ağırlığı 28000–55000 Da arasında değişmektedir. Molekül ağırlığı en yüksek olan  $\omega$ - gliadindir (39000-55000 Da). Diğer gliadinlerin ( $\alpha$ -,  $\beta$ - ve  $\gamma$ - gliadin) molekül ağırlığı ise 28000–35000 Da arasında değişmektedir. Glutenin fraksiyonu ise bir polimer karışımından oluşmaktadır. Karışım içerisinde yüksek molekül ağırlığına

(80000-160000 Da) sahip üniteler olduğu gibi, düşük molekül ağırlığına (30000-51000 Da) sahip ünitelerde bulunmaktadır (Payne ve ark., 1980).

Glütenin alkolde çözünebilen gliadin fraksiyonu çölyak hastaları tarafından sindirilememektedir. Çölyak günümüzde tüm dünya insanlarında en sık görülen genetik hastalık olup, yaşam boyu devam eden gıda alerjisidir. Çölyaklı kişiler piyasada mevcut olan unlu mamulleri yaşamları boyunca tüketemedikleri için farklı bir diyetle ihtiyaç duyarlar. Bu diyetin farklı hazır ve/veya yarı hazır ürün çeşitleri ile desteklenmesi hem çölyak hastalarını ve hem de ailelerini önemli derecede rahatlatacaktır.

Glütensiz diyet karmaşık ve çok zor bir diyettir. Çölyak hastası kişilerin tüm yaşamlarını etkilediğinden, tamamıyla yepyeni bir beslenme alışkanlığına ihtiyaçları duyulmaktadır. Çölyaklı hastalar okullarda, iş yerlerinde, toplantılarda vb. yerlerde tükettikleri yemeklerin içeriğine son derece dikkat etmek zorundadırlar. Eğer dışarıda yemek yenilecekse çölyaklı hastaların yemeklerde glüten olup olmadığını öğrenmeleri ve buna göre tüketip tüketemeyeceklerine karar vermeleri gerekmektedir. Kullanılan besinlerde glütenin varlığını araştırmak ve hangi gıdalarda bulunabileceğini öğrenmek çölyak hastaları için doğal bir olay haline gelmek zorundadır.

Çölyak hastası olan insanlar glüten içeren gıdalarla beslendiklerinde, ince bağırsakların iç yüzeyini örten hücrelerden oluşmuş olan ve mukoza diye adlandırılan kısımda meydana gelen immünolojik reaksiyonlar sonucunda bu bölgede bulunan emici hücreler artık görev yapamaz hale gelmektedir. Bunun sonucunda vücut için gerekli olan besin maddelerinin sindirimi ve emilimi bozulduğundan dolayı, ishal ve sonucunda zamanla vücutta sindirilemeyen maddelerin eksikliği baş gösterir. Çölyak hastalığı olan insanlar glütensiz diyetle beslendiklerinde bağırsaklarında oluşan bu problem düzelir, ancak tekrar glütenli gıdaların tüketmeye başlanması durumunda hastalık bulguları yeniden ortaya çıkar (Anonim, 2008).

Çölyak hastalığının gerçek sıklığı bilinmemektedir. Hastalığın eskiye nazaran daha sık görülür olması teşhiste kullanılan testlerin yaygınlaşması ile ilişkili olabilir. Çölyak en sık olarak Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da yaşayan insanlarda görülmektedir. Bu bölgelerde yaşayan her 300 kişiden biri çölyak hastasıdır. Amerika Birleşik Devletleri genelinde çölyak hastalığı sıklığının 1/3000 civarında olduğu sanılmaktadır. Ancak kan bankasındaki kanlar üzerinde yapılan serolojik çalışmalar her 300 kişiden birinde bu hastalığın bulunabileceğini düşündürmektedir (Anonim, 2008).

Ülkemizde, bu hastalığın görülme sıklığının % 0.2 civarında olduğu belirtilmektedir (Yenice ve ark., 2005). Genel olarak dünyada azımsanmayacak oranda çölyak hastalarının bulunması ve tüketebilecekleri sınırlı sayıda yiyecek olması, bu kişilere yönelik ürün çeşitliliğinin artırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Singh-Meneghini (2007) tarafından yapılan araştırmaya göre çölyak hastaları için kullanılan formülasyon (reçete) hem arzu edilen pişme kalitesi (kabuk ve gözenek yapısı, hacim ve raf ömrü) ve hem de duyu kalite (tat ve lezzet) sağlamalıdır. Her iki açıdan kalitenin kabul edilebilirliği, bu ürünleri tüketen gruplar tarafından belirlenebilir. Formüldeki bileşenlerden en az biri hamura viskoelastik yapı sağlayarak pişirme kalite özelliklerini iyileştirmeli ve bileşenlerden en az diğer biri ise duyu kaliteyi sağlamalıdır. Ayrıca kullanılan formülasyon, glutensiz unlu mamullerde (bisküvi, kek, ekme vb.) soğutulmuş veya dondurulmuş hamur ve yarı hazır ürünlerde de istenilen kalite kriterlerini sağlamalıdır.

Piyasada mevcut olan birçok glutensiz ürünün (makarna, ekme, bisküvi vb.) kalitesinin, tüketilebilirliğinin ve tadının arzu edilen seviyede olmaması (Arendt ve ark., 2002) ve birçoğunun ülkemize ithal edilmesi bu konuda yapılacak çalışmalara önem verilmesinin gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yeni ürünler geliştirmek ve kaliteyi iyileştirmek için glutene alternatif olabilecek bileşen ya da karışımlar üzerinde araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Çünkü glutenin ürün formülünden çıkarılması fırın ürünlerinde büyük problemlere sebep olmaktadır. Bu nedenle alternatif ürünlerin, gluten içeren gıdaların sahip olduğu kalite özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Bu amaçla glutene alternatif olabilecek bileşen ya da karışımların üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmaların büyük bir çoğunluğu ekme üzerinde yoğunlaşmıştır.

Ekme hamurunun ya da kısmi pişirilmiş (par-baked) ekmeklerin dondurulması günün herhangi bir zamanında taze ekme üretimine olanak sağlar. Bu ürünlerin Pazar payı her geçen gün artmakta ve yeni ürün geliştirme olanakları sağlamaktadır. Unlu mamul pazarındaki bu değişim glutensiz gıdalar gibi spesifik ürünler bakımından çok önemli avantajlar sağlayabilir. Bu tür ürünler küçük bir grup tarafından tüketildiği için, geleneksel unlu mamuller satan işletmelerde ekonomik olmadığından bulunması zordur. Bu nedenle glutensiz ürün hamurlarının dondurulması ya da kısmi pişirilmiş olarak sunulması çölyak hastalarının bu problemi aşması açısından oldukça faydalı

olacaktır.

Çölyak hastalarının günlük ihtiyaçlarını dengeli bir şekilde karşılayabilmeleri için glutensiz ürün yelpazesi genişletilmelidir. Glutensiz kek üretimi ile ilgili sınırlı sayıda araştırmanın yapılmış olması, alternatif bileşenlerle yapılacak çalışmaların önemini arttırmaktadır. Kısacası alternatif bileşenler ile hazırlanacak yeni formüller ile kısmi pişmiş ürün çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan araştırmaların büyük bir çoğunluğunun ekmek üzerinde yapılmış olması araştırmanın önemini daha da arttırmaktadır. Çünkü farklı bileşenlerle üretilen ve arzu edilen kalite özelliklerine sahip glutensiz kekler tüm çölyak hastaları tarafından tercih edilebilir. Ayrıca, piyasada ticari olarak üretilen glutensiz keklere rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışma sonuçları hem spesifik bir grubu memnun edecek ve hem de ulusal ve uluslararası piyasalarda ülke ekonomisine katkı sağlayabilme potansiyeline sahip olacaktır. Son yıllarda dondurulmuş hamur ve kısmi pişirilmiş unlu mamullerin üretimde artış görülmektedir. Bu değişim glutensiz gıdalar gibi spesifik ürünler için çok önemli avantajlar sağlayabilir. Glutensiz ürün hamurlarının dondurulması ya da kısmi pişirilmiş olarak sunulması çölyak hastaları için günün her vaktinde taze ürün tüketebilmeleri açısından faydalı olacaktır.

Çoğu zaman dengeli beslenemeyen çölyak hastaları için hem besin değeri yüksek olan keklerin üretilmesi ve hem de her zaman taze kek tüketebilme olanakları sağlanmasının amaçlandığı bu çalışmada, farklı protein kaynakları içeren glutensiz kek bileşenleri belirlenerek yeni formüller geliştirilmiştir. Bu formüller ile üretilen kek örnekleri farklı sürelerde pişirildikten sonra dondurularak depolanmış ve bu işlemlerin üretilen kek kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Glütensiz unlu mamuller ile ilgili yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunun ekmek üretimine yönelik olduğu ifade edilmişti. Ürün formüllerinde çok sayıda kaynağı farklı bileşenler kullanılmaktadır. Çalışmalarda kullanılan bu bileşenler ve glütensiz ürün üzerine etkileri aşağıda özetlenmiştir.

### Pirinç Unu

Pirinç unu ve nişastasının çölyak hastaları için planlanan ürünlerin hazırlanmasında, buğday unu yerine kullanımı yaygındır. Pirinç ürünlerinin uygun tat ve renkte olması, sindirilebilir protein içermesinden dolayı glütensiz formüllerde sıklıkla tercih edilmektedir (Eliasson ve Larsson, 1993).

Kaban ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada ekmek makinesi kullanarak ürettikleri pirinç ekmeklerinin buğday ekmeğine göre daha düşük hacme, daha sert bir tekstüre sahip olduğunu ve depolama süresince daha fazla retrogradasyona meyilli olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu farklılığın nişasta özellikleri ve pirinç proteininin hidrofobik yapısından kaynaklanabileceğini düşünmektedir.

Pirinç ununun üç farklı tipi (tanecik ve öğütme metodu farklı) kullanılarak glütensiz ekmek üretiminde Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY)'nin başarılı bir uygulaması rapor edilmiştir. Çalışmada en optimal sonuçlar orta büyüklükteki tanelerden elde edilmiş ve ince öğütülmüş pirinç unlarına % 1.75 hidroksi propil metil selüloz (HPMC) ve % 0.15 karboksi metil selüloz (CMC) ilave edilmesiyle elde edilmiştir. Elde edilen bu ekmeklerin, buğday unundan yapılan ekmeklere gözenek sıklığı, iç renk, kabuk ve nem bakımından çok benzediği bildirilmektedir (Ylimaki ve ark., 1991). Bu araştırmacılar başka bir çalışmalarında, aynı üç pirinç unundan % 80 pirinç unu ve % 20 patates nişastası karışımını temel alarak glütensiz ekmek üretmiştir. Farklı pirinç unları için kullanılacak su, CMC ve HPMC seviyeleri YYY ile belirlenmiştir. Değerlendirilen parametreler üzerine CMC ve suyun çok etkili, HPMC'nin ise daha az etkili olduğu ifade edilmektedir (Ylimaki ve ark., 1988). HPMC'nin gaz tutma kapasitesi ve

özellikleri ekmek içinin oluşumuna katkı sağlamaktadır.

Fukumori (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise pirinç unu ve buğday unu ile üretilen pandispanyaların (sponge keklerin) yayılma ve renk parametreleri (değerleri) karşılaştırılmıştır. Bu keklerin yayılma oranları ve renk değerlerinin benzer olduğu bildirilmiştir. Öte yandan pişme sonrası buğday unu ile üretilen keklerde çökme gözlenirken, bu problemin pirinç unu ile üretilen keklerde meydana gelmediği ifade edilmektedir. Pirinç unu ile üretilen keklerin iç özelliklerinin de iyi olduğu belirtilmektedir. Fakat bu keklerin ağızda kolayca dağıldığı, nemli tat ve zayıf aromaya sahip oldukları söylenmektedir. Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, pirinç unu ile üretilen pandispanyaların buğday unu ile üretilen pandispanyalar ile karşılaştırıldığında aynı veya daha yüksek kalitede olduğu sonucuna varılmıştır.

Von Atzingen ve Machado Pinta e Silva (2005) yaptıkları çalışmada ararot (maranta), manyok, kasava (tapioka), mısır ve pirinç ürünlerinden meydana gelen 10 glutensiz nişasta ve unu kullanarak ürettikleri glutensiz keklerin tekstürel özelliklerini ve rengini enstrümantal olarak belirlemişlerdir. Pirinç unu ile hazırlanan kekler en yüksek sıkıştırma kuvvetine, yani sertliğe sahiptir. Kasava nişastası kullanıldığında çok açık, pirinç ile manyok unları kullanıldığında ise çok koyu renkli ürünler elde edilmiştir.

Sae-Eaw ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada jasmin pirinç (kokulu, beyaz uzun taneli) ununun, glutensiz tereyağlı kek üretimi için kullanılabileceğini belirtmektedirler. Araştırmacılar (8:2) oranında propilen glikol esteri ile mono digliseritlerin diasetil tartarik asit esterleri (DATEM) içeren emülgatör karışımının üç farklı seviyesi ile üç farklı kek üretmiş, bu keklerin duyusal özelliklerini buğday unundan üretilen ticari bir kek ile karşılaştırmışlardır. Panelistlerin en az % 81'i % 7.5-15 oranında emülgatör karışımı içeren keklerinin kabul edilebilir olduğunu ifade etmişlerdir.

Ji ve ark. (2007) çölyak hastaları için normal pirinç unu ve yapışkan (sticky) pirinç unu kullanarak ürettikleri geleneksel bir kekin raf ömrünü araştırmışlardır. Üretilen kekin raf ömrünün üç günden daha az olmasının büyük bir problem olabileceği ifade edilmektedir. Araştırmacılar oda sıcaklığında, iki günlük depolama sonrası tüm keklerde sertlik değerinin 200-2200 g, çignenebilirlik değerinin 200-650 g ve sakızimsıllık değerinin 300-800 g olduğu ve sürekli arttığını belirtmektedirler.

Turabi ve ark. (2008a) yaptıkları çalışmada, glutensiz kek üretimi için pirinç unu

ve iki farklı gam (ksantan gam ve ksantan-guar gam karışımı) kullanmıştır. YYY deseni kullanılarak üretilen kekler kızılötesi (infrared, IR)-mikrodalga kombinasyonu olan fırında pişirilmiştir. Çalışmada farklı halojen lamba güçleri (% 50, 60 ve 70), farklı seviyede (% 0, 3 ve 6) emülgatör karışımı (lesitin, soya proteini, mono-di gliserit karışımı) ve farklı pişme süreleri (7, 7.5 ve 8 dk) kullanılmıştır. Optimizasyon için keklerin spesifik hacimleri, kabuk renk değişimleri, sertlik değeri ve pişme kayıpları belirlenmiştir. Ksantan gam kullanılarak üretilen keklerin kalitesi daha iyi bulunmuştur. Araştırmada en kaliteli kekler % 1 ksantan gamı, % 5.28 emülgatör karışımı, 7 dk pişme süresi ve % 60 halojen lamba gücü kullanılarak üretilmiştir.

Pirinç unu kullanılarak üretilen glütensiz keklerin bazı kalite özellikleri üzerine farklı gamların (ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, k-karragenan gamı, HPMC, ksantan+guar gam karışımı ve ksantan-k-karragenan gam karışımı) etkileri emülgatör ilaveli (lesitin, soya proteini, mono-digliseritler içeren ticari bir emülgatör, Purawave, G-5568) veya emülgatörsüz olarak araştırılmıştır. Ksantan gam ile ksantan-guar gam karışımı içeren kek hamurları en yüksek, HPMC içerenler ise en küçük viskozite değerine sahip olduğu görülmüştür. Emülgatör ilavesi HPMC dışındaki gamların kullanıldığı kek hamurlarında emülsiyon stabilitesini arttırmıştır. Emülgatör kullanılmaksızın en hacimli kek, sadece ksantan gam kullanımı ile elde edilmiştir. Emülgatör ilavesiyle keklerin hacmi, gözeneklilik değeri (porosity) artmış ve daha yumuşak tekstüre sahip ürünler üretilmiştir (Turabi ve ark., 2008b).

Shih ve ark. (2006) glütensiz krep (pancake) üretiminde pirinç unu ile pirinç ununa % 10–40 arasında tatlı patates unu ilave etmiş ve kreplerin tekstürel özelliklerindeki değişimleri araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda bileşimdeki patates unu miktarının artmasıyla üretilen keklerin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı ve dolayısıyla kalitesinin arttığı ifade edilmiştir.

### **Mısır Unu ve Sorgum**

Glütensiz gıdaların üretiminde mısır ile sorgum nişasta ve/veya proteinlerinin fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla modifiye edilmesine yönelik çok az sayıda çalışma mevcuttur. Mısır ve sorgum tabanlı çalışmaların çoğu formül geliştirme

amaçlı yapılmıştır. Bu çalışmalarda ürün kalitesi üzerine hidrokolloid gibi katkı maddelerinin etkileri belirlenmiştir (Arendt ve Bello, 2008).

Ács ve ark. (1996a, 1996b) yaptıkları çalışmalarda glutensiz ekmek formülasyonunda gluteni ikame etmek için mısır nişastası ile kıvam vermek üzere hidrokolloidleri (ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı) kullanmışlardır. Bu çalışmalarda hidrokolloidlerin ekmek hacmini ve ekmek içi yumuşaklığını büyük oranda arttırdığı ve en kaliteli glutensiz ekmeğin % 1-3 seviyelerinde ksantan gam kullanılarak elde edildiği saptanmıştır.

Mısır nişastası, ticari zein ve HPMC kullanılarak yapılan bir çalışmada üretilen glutensiz ekmeklerin gözenek yapısı ve kabarma gibi kalite kriterleri bakımından buğday unu ile üretilen ekmeklerle benzer özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir. Formülde % 2 oranında HPMC kullanılmasının zein bağlarının teşekkül etmesine katkıda bulunduğu ifade edilmektedir (Schober ve ark., 2008).

Sorgumun glutensiz gıdaların üretiminde güvenle kullanılabilceği ifade edilmektedir (Ciacci ve ark., 2007). Sorgum ekmeği üretimi üzerine yapılan çalışmaların çoğu, Afrika'ya ithal edilen buğday miktarını azaltmak için bir ihtiyaçtan ileri geldiği ifade edilmektedir (Arendt ve Bello, 2008). Beyaz sorgum hibritlerinden üretilen unun rengi açık ve tatlımsı olup, gıdalarda arzu edilen tat ve rengi oluşturmaktadır. Bu yüzden gıda üretimine uygun beyaz sorgum unu ticari olarak bulunabilmektedir. Ayrıca bu un antioksidan özelliğe sahip olup, kolesterol düşürmeye yardımcı fonksiyonel bileşenler içermektedir (Ciacci ve ark., 2007).

Arendt ve Bello (2008) sorgum tabanlı glutensiz gıdaların üretimi sırasında dikkat edilmesi gereken önemli hususların olduğunu belirtmektedir. Bunlar sorgum unu üretiminde kepeğin ayrıştırılması, retrogradasyon eğiliminden dolayı amiloz oranı düşük sorgum tercih edilmesi, formüle ilave edilecek su oranının belirlenmesi, ekmeğin tekstürünü önemli seviyede etkilediği için undaki zedelenmiş nişasta miktarının belirlenmesidir. Arzu edilen hacim ve tekstür için % 2 oranında HPMC ilave edilebileceği de ifade edilmektedir.

Schober ve ark. (2007) glutensiz sorgum ekmeğinin kalitesini geliştirmek için yaptıkları çalışmada % 70 sorgum unu, % 30 patates nişastası ile birlikte toplam un kaynağı üzerinden % 105 su ve % 2 HPMC kullanmışlardır. Üretilen ekmeklerde kabarma gözlenmemiş ve iç kısımda istenmeyen büyük gözenekli yapının oluşumu



artmıştır. Sorgum ununun fermentasyonu (sourdough fermentation) ile bu problemin ortadan kaldırılabileceği ifade edilmektedir.

## Süt Ürünleri

Süt proteinlerinin sahip olduğu özelliklerinden dolayı 2000'li yıllara kadar, unlu mamullerde glütene ikame olarak kullanılabileceğine inanılmıyordu. Ancak besin içeriğinin zenginleştirilmesi ve sahip olduğu diğer fonksiyonel etkileri kabul ediliyordu (Hambræus ve Lonnerdal, 2003). Son zamanlarda glütensiz ekmeklerin formüllerinde süt bileşenlerinin yaygınlaşan kullanımı, hamurun absorpsiyonunu artırarak işleme özelliklerini iyileştirmektedir (Arendt ve Bello, 2008). Ayrıca bunlara ilaveten süt bileşenlerinin kullanımı kabuk rengini arttırmakta ve ürünün bozulma hızını azaltmaktadır (Crowley ve ark., 2002). Unlu mamullerde en çok kullanılan süt ürünleri yağsız süt tozu ve peynir altı suyu tozu (PAST) olup, kullanıldıkları ürünlerin besinsel, duyuusal ve fonksiyonel özelliklerini arttırmaları (Doğan ve Küçüköner, 1997).

Gallagher ve ark. (2003a) glütensiz ekmek üretiminde yedi farklı yüksek protein ve düşük laktoz içeren süt bileşenlerinin (tatlı PAST, yağsız süt tozu, sodyum kazeinat, demineralize PAST, yağsız süt ikamesi ve izole süt proteini) tozunu un ağırlığı üzerinden % 0, 3, 6 ve 9 seviyelerinde kullanmıştır. Kullanılan toz bileşenler ile kullanım seviyelerinin ekmek hacmine etkisi oldukça önemli bulunmuştur ( $P < 0.001$ ). Tüm toz bileşenlerin ilavesi ekmek hacmini % 6'ya kadar azaltırken, en düşük hacim % 8 oranında kullanımıyla elde edilmiştir. Demineralize PAST hariç tüm tozlar ekmek içi sertliğini arttırmıştır. Araştırmacılar çalışmanın ikinci bölümünde formüldeki su oranını % 10 ve % 20 oranında arttırdıklarında daha hacimli, daha yumuşak kabuk ve iç tekstüre sahip ekmekler üretilmiştir. Üretilen ekmeklerden izole süt proteini, sodyum kazeinat ve yağsız süt içerenler duyuusal değerlendirilmede daha çok beğenilmiştir.

Gallagher ve ark. (2003b) glütensiz bir ekmek formülüne % 3 izole süt proteini ve % 3 taze pirinç nişastası ilave ederek ürettikleri ekmeklerde hacmin arttığını ve yapılan duyuusal değerlendirilmede bu ekmeklerin kontrol ekmeğine (katkısız) tercih edildiğini ifade etmişlerdir. Üretilen katkı ilaveli ekmekler ile kontrol ekmeği % 80 CO<sub>2</sub> ve % 20 N<sub>2</sub> içeren kontrollü atmosferde 43 gün depolanmıştır. Hem başlangıçta ve

hem de depolama sonrası kontrol ekmeklerinin sertlik değeri daha yüksek bulunmuştur.

Stathopoulos ve O’Kennedy (2008) yaptıkları bir çalışmada glutensiz ekmek üretimi için kazeinatların fonksiyonel özelliklerinden yararlanmayı amaçlamışlardır. Çalışmada glutenin S-S bağları yerine  $Ca^{+2}$  bağlarının yer değiştirmesi planlanmış ve ürünün tekstür ve reolojisi üzerine kalsiyum konsantrasyonunun etkisi araştırılmıştır. Uygun şartlarda gram proteine karşılık 30 mg Ca iyonu gluten ile yer değiştirebilecek bir bileşen oluşturduğu ve bu bileşenin glutenden daha elastik bulunduğu ifade edilmektedir. Bu ekstra güç daha büyük bir hacim sağlamamakta ve glutenli ürün ile kazeinatlı ürün arasında önemli fark görülmemektedir.

### **Farklı Tahıl Kaynaklı Karışımlar**

Glütensiz ürünlerin üretilmesi amacıyla yapılan çalışmaların çoğunda tahıl nişastaları kullanılmaktadır. Buğday dışındakiler daha çok tercih edilmektedir. Çünkü bazı çölyak hastaları buğday nişastasını bile tolere edemeyebilir. Bunun sebebi buğday nişastasına az miktarda da olsa gliadin karışabilme ihtimalindedir. Bu az miktar dahi uzun süreli alındığında çölyak hastalarını rahatsız edebilmektedir (Chartrand ve ark., 1997; Horvath ve Mehta, 2000; Lohiniemi ve ark., 2000).

Lopez ve ark. (2004) glutensiz ekmek üretimi için % 45 pirinç unu, % 35 mısır nişastası ve % 20 kasava nişastası içeren bir karışım kullanmıştır. Üretilen ekmeklerin gözenek yapısının tekdüze ve homojen, görünüm ve tatlarının arzu edilen nitelikte olduğu ifade edilmektedir.

Moore ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, mısır nişastası tabanlı (54 g mısır nişastası, 25 g kahverengi pirinç unu, 12.5 g soya unu ve 8.5 g karabuğday unu) ve kahverengi pirinç unu tabanlı (50 g kahverengi pirinç unu, 37.5 g yağsız süt tozu, 25 g patates nişastası, 12.5 g mısır nişastası, 30 g tüm yumurta ve 12.5 g soya unu) iki glutensiz karışım ile ticari bir glutensiz karışım kullanılarak üretilen ekmeklerin iki günlük depolama sonrası kırılğan oldukları ve bu ekmeklerin elastikliğinin, yapışkanlığının ve esnekliğinin azaldığı ifade edilmektedir. Bunun yanında aynı odaklı (confocal) lazer tarama mikroskobu görüntülerine göre süt tabanlı bileşenler içeren glutensiz ekmeklerin içyapısında, buğday unu ile üretilen ekmeklerin içyapısındaki

glüten ağlarına benzer yapıların oluştuğu belirtilmektedir.

Glütensiz ekmek üretiminde kullanılacak mısır nişastası, kasava nişastası ve pirinç unu oranları Sanchez ve ark. (2002) tarafından optimize edilmiştir. Ekmeğin iç özelliklerini iyileştirmek için soya unu ilavesi de denenmiştir. En uygun ekmek formülasyonun % 74.2 mısır nişastası, % 17.2 pirinç unu ve % 8.6 kasava nişastası ile oluşturulduğu belirtilmiş ve bu karışıma % 0.5 oranında soya unu ilavesinin ekmek iç özellikleri ve hacim üzerinde olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Singh-Meneghini (2007) glütensiz un olarak iki ya da daha fazla bileşen içeren karışım önermektedir. Bu karışım kasava gibi yumru köklü bitki (root-tuber) unu, badem unu, kurutulmuş bir çeşit muz (*Plantain, Musa*) unu ve karabuğdaydan oluşmaktadır. Karışımda kasava % 15–85, badem % 20–60, karabuğday % 15–75 ve muz % 5–30 arasında değişmektedir. Pirinç ve mısır unları ekmek yapımı için arzu edilebilir viskoelastik özelliklere sahip değildir ve akışkan karakterli bir hamur oluştururlar. Bu bileşenlerden hazırlanan ürünler kabarmamış, gözeneksiz, ufalanan iç yapıya sahip, renkte yetersiz ve fark edilebilir derecede olumsuz bir tada sahiptir. Kasava ve tatlı patates gibi yumru bitki unları da gluten içermez. Pirinç ve mısırdan farklı olarak unlu mamullerde kullanıldığında kabul edilebilir kabuk, iç yapı ve hacim sağlarlar. Fakat üretilen ürünlerin ağızda bırakılan his ya da lezzet profilinin duyuşal açıdan memnun edici sonuçlar vermediği ifade edilmektedir.

Engleson ve ark. (2008) glütensiz bileşenlerden gluten fonksiyonlarını taklit edebilecek bir karışım oluşturulmasının gerekliliğinden yola çıkarak oluşturulacak karışımın gaz tutabilen bir bileşen (petrol balmumu, polivinil asetat, polivinil alkol, polietilen glikol vb.), yapının oluşmasını sağlayan bir bileşen (polilaktik asit, mısır zein, polikaprolakton vb.) ve bir hidrokolloid ve/veya nişasta içermesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Hidrokolloid olarak ksantan gam, HPMC, guar gam, pektin vb., nişasta olarak ise mısır nişastası, yüksek amilozlu nişasta, tapioka nişastası, pirinç nişastası vb. kullanılabilir. Bu bileşenlere ilave olarak formül, soya yağı gibi yumuşatıcı, gliserol gibi plastikleştirici, lesitin gibi emülsifiye edici geleneksel hamur bileşenleri içermelidir.

Miyuki (2005) tarafından yapılan çalışmada, uygun glütensiz tahıl unları olarak pirinç unu, karabuğday unu, nişasta, darı (millet) unu, horozibiği bitkisi unu ve patates unununun teker teker ya da karışım halinde kullanılabilirliği ifade edilmektedir.

## Hidrokolloidler

Hidrokolloidler gıdaların fonksiyonel özelliklerini kontrol etmek için yaygın bir şekilde kullanılan hayvansal, bitkisel, mikrobiyal ya da sentetik hidrofilik polimerlerdir (Williams ve Phillips, 2000). Hidrokolloidler gıdalarda tekstür ve viskoelastik özellikleri iyileştirmek, nişasta redrogradasyonunu yavaşlatmak, serbest suyu bağlamak, yağı ikame etmek, depolama süresince ürün kalitesini korumak ve glutensiz ekmeklerde gluten ile yer değiştirme amaçlı kullanılmaktadır. Hidrokolloidlerin buğday ekmeği veya glutensiz ekmekler üzerinde yaptığı etkinin kullanılan hidrokolloidin kaynağına, kimyasal yapısına, kimyasal modifikasyona, hamurda kullanılan dozuna, formüldeki diğer bileşenlerle interaksiyonuna ve elde edilmiş prosesine göre değiştiği belirtilmiştir (Arendt ve Bello, 2008).

Son zamanlarda pirinç ve mısır unu tabanlı glutensiz unların hazırlanmasında, hamurdaki glutenin viskoelastik özelliklerini taklit etmek amacıyla nişasta, süt bileşenleri ve/veya hidrokolloidlerin birleştirilmesine yönelik çalışmaların arttığı gözlenmektedir (Arendt ve Bello, 2008).

Lazaridou ve ark. (2007) glutensiz ekmek üretiminde hamur reolojisi üzerine pektin, CMC, agaroz, ksantan ve yulaf  $\beta$ -glukanının etkilerini araştırmak için bu bileşenleri % 1 ve 2 (pirinç ununa göre) oranlarında denemişlerdir. Hamurun reolojik özellikleri üzerine en belirgin etki ksantan kullanıldığında elde edilmiştir. Ksantan dışındaki hidrokolloidlerin ilavesi ile ekmeklerin hacmi artmaktadır. Pektin dışındaki hidrokolloidlerin oranı % 1'den 2'ye çıkarıldığında ekmek hacmi azalmaktadır. En iyi gözenek yapısı % 1 oranında CMC,  $\beta$ -glukan ve % 2 oranında pektin kullanıldığında, en kötü gözenek yapısı ise % 2 CMC kullanıldığında elde edilmiştir. Diğer yandan ekmek için yüksek elastikiyet değerleri % 2 oranında CMC, pektin ve ksantan kullanıldığında elde edilmiştir. Araştırmacılar tarafından yapılan duyuşal değerlendirmede ise tüm kabul edilebilirlik değerleri en yüksek glutensiz ekmek % 2 CMC ile elde edilmiştir. Ayrıca hidrokolloidlerin kullanılması ile üretilen glutensiz ekmeklerin, depolama süresince ekmek içi sertlik değerleri buğday unundan elde edilen kontrol ekmekleri ile karşılaştırılmıştır. Ekmek içi sertlik değerleri pektin, CMC ve agaroz (% 1 ve 2) ile  $\beta$ -glukan (% 1) ilavesi edilmesiyle önemli seviyede değişmemiştir. Ayrıca ksantan (% 1 ve 2) ile  $\beta$ -glukan (% 2) kullanımında ekmek içi

sertleşmiştir. Schober ve ark. (2005) da sorgumdan yaptıkları glütensiz ekmeklere ksantan ilave edildiğinde ekmek içi sertlik değerinin arttığını bildirmektedirler.

Doğan ve Yıldız (2004) düşük kalorili kek üretiminde yağ ikamesi olarak patates maltodekstrini (Paselli-SA2) ile birlikte CMC kullanmışlardır. Standart tam yağlı keke en yakın düşük kalorili kek %20 Paselli-SA2 ve %1 CMC kullanılarak elde edilmiştir.

Gomez ve ark. (2007) kaynağı ve kimyasal yapıları farklı hidrokolloidlerin (sodyum alginat, pektin, HPMC, karregen, keçiyoynuzu gamı, guar ve ksantan gam) kek kalitesi üzerine etkileri ve bayatlamının geciktirilmesi için kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Hidrokolloidlerin etkisini belirlemek için üretilen keklerin hamur yoğunluğu, pişme boyunca ve sonrası ağırlık kaybı, şekil, boyut ve tekstürel özellikleri karşılaştırılmıştır. Pektin haricindeki diğer hidrokolloidlerin keklerin tüm kabul edilebilirlik özelliklerini iyileştirdikleri, ksantan gamının ise depolama süresince incelenen tekstürel özellikleri değişmeksizin koruyabildiği gözlenmiştir.

Schwarzlaff ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada ekmek üretiminde, unla kısmen yer değiştirme amaçlı olarak guar ve keçiyoynuzu gamları % 0, 2 ve 4 oranlarında kullanılmıştır. Keçiyoynuzu gamı formüle ilave edildiğinde ekmeğin hacminin arttığı, % 2 seviyesinde kullanıldığında ekmek renginin kontrol ekmeği ile benzer olduğu ifade edilmektedir. Her iki gam da ekmeğin bayatlamasını geciktirmiş olup, keçiyoynuzunun % 2 seviyesinde kullanılmasının en başarılı sonucu verdiği belirtilmektedir.

## **Emülgatör**

Emülgatörler içerdikleri lipofilik ve hidrofilik gruplardan dolayı (polar ve nonpolar) nişastanın jelatinizasyon ve retrogradasyon özelliklerini etkilerler. Emülgatör kullanımı ile nişasta granüllerinin şişmesi ve amilozun çözünübilirliği değişmektedir. Nişasta içeren gıdalarda emülgatörlerin esas kullanımı retrogradasyonun önlenmesi veya geciktirilmesi içindir. Dondurulmuş ürünlerde donma ve erime stabilitesinin sağlanması, kurutulmuş ve toz haline getirilmiş patates gibi nişasta tabanlı gıdalarda akışkanlığın artırılması için kullanılır. Mono ve digliseritler nişasta tabanlı gıdalarda en yaygın olarak kullanılan emülgatörlerdir. Diğerleri ise DATEM, polisorb-60 ile steril

laktilatın Ca ve Na tuzlarıdır (Doğan ve Küçüköner, 2003).

Unlu mamuller endüstrisinde yaygın kullanıma sahip olan emülgatörler, pişme boyunca kek yapısı sabitleninceye kadar gerekli hava ve gaz hücrelerini sağlama yeteneğine sahiptir (Sahi ve Alava, 2003).

Glütensiz ekmek ve hamur formüllerinde kuru un ağırlığı üzerinden % 0.1, 0.3 ve 0.5 seviyelerinde lesitin, % 0.3, 0.45 ve 0.6 seviyelerinde DATEM, % 0.3, 0.65 ve 1.0 seviyelerinde destile monogliseritler (DM) ve % 0.3, 0.4 ve 0.5 seviyelerinde sodyum stearol laktilat (SSL) emlgatrlerinin etkileri araştırılmıştır. Emülgatörlerin verilen üç farklı seviyeleri (düşük, orta ve yüksek) kullanılarak üretilen ekmekler ile emülgatör içermeyen kontrol ekmekleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Lesitin hamur elastikiyetini azaltmakta ve jelatinizasyon boyunca hamur kıvamını önemli düzeyde arttırmaktadır. Farklı emülgatör ilaveleri spesifik hacmi önemli derecede arttırmıştır. En yüksek spesifik hacim DM, en düşük spesifik hacim ise DATEM kullanılan ekmeklerde elde edilmiştir. Gözenek büyüklüğü ve dağılımı bakımından da emülgatörler ve kullanılan seviyeleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Ekmek iç yapısı lesitin ve DATEM kullanımından büyük oranda etkilenirken, SSL ve DM ilavesi büyük farklılık oluşturmamıştır. Çalışmadaki bütün sonuçlar değerlendirildiğinde, emülgatörler glütensiz ekmeklerin kalitesi üzerine pozitif etkiye sahiptir. Glütensiz ekmeklerin doğru emülgatör ve ilave edilecek optimal seviye ile önemli oranda iyileştirilebileceği ifade edilmektedir (Nunes ve ark., 2009).

### **Enzim (Transglutaminaz)**

Transglutaminazlar, peptitler veya aminoasitler arasında çapraz bağ oluşumunu katalizleyerek molekül içi ve moleküller arası çapraz bağlar oluşturup, proteinlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirirler (Kurt ve Zorba, 2004). Bu apraz bağlar proteinlerin yapısında bulunan glutamin ve lisin arasında oluşturulmaktadır (Motoki ve Seguro, 1998). Bunun sonucunda proteinlerin termal stabiliteleri, jel oluşturma kabiliyetleri, viskoziteleri, su tutma kapasiteleri, emülsifikasyon özellikleri ve besinsel özellikleri üzerinde önemli değeriklikler meydana gelebilmektedir (Motoki ve Seguro, 1998; Kurt ve Zorba, 2004).

Düşük kalite unlarla yapılan çeşitli tahıl ürünlerinde ortaya çıkan tekstürel bozuklukların düzeltilmesinde ve ekmek hacminin artırılmasında transglutaminaz enziminin etkili olduğu bildirilmektedir (Gerrard ve ark., 2000; Larre ve ark., 2000; Tseng ve Lai, 2002; Başman ve ark., 2002; ). Ekmek formülünde kullanılacak optimum transglutaminaz seviyesi (un ağırlığı üzerinden), en iyi ekmek hacmi ve sertlik değeri için sırasıyla % 0.23 ve % 0.15 olarak belirlenmiştir (Başman ve ark., 2002).

Başman ve ark. (2001) soya proteinlerinin transglutaminaz için en iyi substrat olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca transglutaminazın, süne proteaz enzimi ile hidrolize edilmiş hamurun yapısını yeniden oluşturduğu bildirilmiştir. Motoki ve Seguro (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, jel oluşturma yeteneği olmayan kazeinin transglutaminaz reaksiyonu ile ısıya dayanıklı sıkı bir jel oluşturduğu bildirilmektedir.

Başman ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada transglutaminaz enzimi kullanarak buğday ununa soya ve arpa ununun ilave edilebilme olanakları araştırılmıştır. Yumuşak buğday unundan yapılmış ekmekte transglutaminaz uygulanmamış örneklere göre daha yüksek hacim, daha iyi ekmek içi ve kabuk özellikleri elde edilmiştir.

Transglutaminaz enziminin kek, bisküvi ve pastacılık ürünlerinde de olumlu etkileri olduğu, transglutaminaz ilavesi ile bazı keklerde pişme sonrası çökmenin önlendiği, hacim, iç yapı ve kek tekstürünün iyileştiği bildirilmiştir (Kuraishi ve ark., 2001; Başman ve ark., 2003).

Gujral ve Rosell (2004) farklı konsantrasyonlarda mikrobiyal transglutaminazı pirinç ununa ilave ettikleri bir çalışmada, transglutaminazın pirinç unu hamurunun dinamik reolojik özelliklerini geliştirdiğini, % 2 HPMC ve % 1 transglutaminaz ile daha yumuşak ekmek içi ve daha yüksek spesifik hacimli pirinç ekmeği elde edildiğini bildirmişlerdir.

Moore ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ise glütensiz ekmek üretmek için beyaz pirinç unu (% 35), patates nişastası (% 30), mısır unu (% 22.5), ksantan gam (% 1) ve farklı protein kaynaklarından (yağsız süt tozu, soya unu ve yumurta tozu) oluşan bir formülasyon hazırlanmıştır. Çalışmada daha sonra pişme kaybı, spesifik hacim, renk, tekstür, görünüm ve nem gibi bazı ekmek özellikleri değerlendirilerek transglutaminaz seviyelerinin farklı protein kaynaklarına etkisi araştırılmıştır. Bu enzimin gıdalarda kullanım için tavsiye edilen seviyesi 1 U enzim/g proteindir. Pişme testleri bu enzimin ekmeğin spesifik hacmi üzerinde olumlu bir etkiye

sahip olduğunu göstermektedir. Glütensiz ekmeklere ilave edilecek transglutaminaz enziminin protein ağının oluşumuna katkı sağlayabileceği ve enzimin etkinliğinin yapıyı sağlayacak protein kaynağına ve enzim konsantrasyonuna bağlı olduğu belirtilmektedir.

Alp ve Bilgiçli (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, transglutaminaz enzimi ilavesinin (% 0 ve 0.09) kek özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla, protein içerikleri farklı iki buğday unu ile birlikte farklı protein kaynakları (yağsız süt tozu, soya unu ve soya sütü) kullanılmıştır. Enzim kullanımının kek hacmi, yumuşaklığı ve kabuk rengi açısından olumlu, kek iç rengi açısından ise olumsuz sonuçlar verdiği ifade edilmektedir. Ayrıca kek özelliklerini iyileştirmede soya ürünlerinin daha etkili olduğu bildirilmektedir.

### **Diğer alternatif çalışmalar**

Sunwoo ve Sim (2008) tarafından yapılan patentli bir çalışmada çölyak hastaları için eczacılıkta ya da bir gıda içerisinde yumurta sarısı bileşenlerinin sunulması amaçlanmıştır. Bu çalışmada çölyak hastalığı tedavisi gören hastaların tüketmesi için hazırlanan formülasyonlara glüten proteininin antikoru olan yumurta sarısının ilave edilmesi tavsiye edilmektedir. Karışımda kullanılan bu antikor gliadin ve glütenin fraksiyonlarının olumsuz etkisine karşı engelleyici özelliğe sahiptir.

Hausch ve ark. (2008) tarafından yapılan diğer bir patentli çalışmada çölyak hastaları için toksin olan glüten oligopeptitlerinin azaltılması üzerine çalışılmıştır. Yapılan işlemde glütenaz enzimi kullanılarak glüten ve dolayısıyla toksin etkilerinin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Scanlin ve Stone (2007) Güney Amerika'da kek üretiminde kullanmaya uygun, yüksek kaliteli yeni bir bitkisel protein kaynağı olarak quinoa protein konsantresinin (QPC) üretilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Quinoa'nın gliadin içermediğinden glütensiz gıdalarda kullanılabilirliği ifade edilmektedir. Aynı zamanda bu bitkiden düşük amiloz içeren nişasta da elde edilebilmektedir.



### **Kısmi Pişirme, Dondurarak Depolama ve Tekrar Pişirme**

Dondurulmuş hamur unlu mamul işletmelerinde 1970'li yıllardan sonra yaygınlaşmaya başlamıştır. Son yıllarda, dondurulmuş hamur üretiminde belirgin bir artış görülmektedir. Buna paralel olarak konu ile ilgili yayınlanan bilimsel çalışmalar da sayısal olarak yaklaşık 4–5 kat artış göstermiştir. Ürünlerin farklı pişirme ve fermentasyon sıcaklıklarında üretilmesi çeşitliliği arttırmaktadır (Rosell ve Gómez, 2007).

Tahıl ürünlerinin ve pişirilmiş gıdaların üretiminde sürekli bir dönüşüm yaşanmaktadır. Sosyal alışkanlıklar ve tüketici taleplerinde meydana gelen değişiklikler yarı pişirilmiş ürünlere ilgiyi arttırmıştır. Ekmeğin bayatlaması olarak adlandırılan tazeliğin kaybolması tüketiciler tarafından ürünlerin kabul edebilirliğini azaltmaktadır. Kısmi pişirme ile üretilen ekmeklerin dondurularak depolanması ve çözünme sonrası evde tekrar pişirilmesi ile bu problemi çözmektedir. Ama yine de, dondurulmuş ekmek taze pişmiş ekmeğin karakteristik özelliklerinde değişim olmaksızın uzun bir süre muhafaza edilemez. Bu değişimin ekmek üretiminde uygulanması ile gece çalışmayı ortadan kaldırma imkânı sağlayabileceği düşünülmektedir. İlk yaklaşım ticari ekmeklerin dondurulmasıdır. Ancak, ekmek tazeliğini başarılı bir şekilde koruyabilmek için uygun dondurma ve çözündürme hızları ile uygun depolama şartlarının ayarlanmasına gereksinim vardır (Rosell ve Gómez, 2007).

Derin dondurucuların yaygınlaşması ile birlikte hazırlaması kolay olan ve zamandan tasarruf sağlayan bu ürünlere özellikle çalışan kesim tarafından ilgi artmaktadır. Buna paralel olarak firmaların piyasaya yeni ürünler kazandırma çabası, işçi ve maliyet tasarrufu sağlama istekleri, çok yeni olan kısmi pişirilmiş unlu mamullere ilgiyi hızlandırmaktadır (Yıldız ve Doğan, 2009a).

Başlangıçta dondurulmuş hamurlardan üretilen ürünlerin düşük hacim ve yetersiz iç yapı oluşumu ile kısa raf ömrüne sahip olduğu bildirilmektedir. Son yıllarda, sorunların üstesinden gelinmiş ve dondurulmuş hamurlardan yapılan ürünlerin raf ömrü altı aya kadar çıkarılmıştır. Ulaştırma veya depolama sırasındaki sıcaklık dalgalanmaları nedeniyle soğuk zincirdeki başarısızlıklar bu süreyi kısaltabilmektedir. Dondurma ve çözünme süreçleri hamurda bir miktar stres meydana getirmektedir ve bu durum pişen ürün kalitesinde bozulmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, dondurulmuş hamur ve

ekmeklerde kullanılan unlar, normal ekmeklerde kullanılan unlardan daha kuvvetli olmalıdır (Bhattacharya ve ark., 2003). En iyi sonuçlar kuvvetli glütene sahip buğdayların kullanımı ile elde edilmektedir. Farklı buğday unu bileşenleri arasında, dondurulmuş hamur kalitesi üzerinde en önemli rolü olan glütenin fraksiyonudur. Ardından ise gliadin ve nişasta gelmektedir (Lu ve Grant, 1999).

Hamurun dondurulması ve çözündürülmesi sırasında elektron mikroskobu ile yapılan tarama analizleri glüten ağlarında kopmaların meydana geldiğini ve glütenin aşamalı olarak su kaybettiğini göstermektedir (Esselink ve ark., 2003). Sharadanant ve Khan (2003a) dondurulmuş hamur depolama ile su tutulma kapasite arasındaki ilişkiyi rapor etmişlerdir. Dondurma ve çözünme işlemlerinin salınan su miktarını arttırdığı ifade edilmektedir. Bunun formülasyona tuz, şeker ya da hidrokolloidlerin ilavesiyle azaltılabileceği tavsiye edilmektedir. Yapılan bir diğer çalışmada ise ekmek hacmi ile salınan su arasında ters ilişki bulunmuştur (Sharadanant ve Khan, 2003b).

Çözündürme ve tekrar pişirme sonrası elde edilen ekmeklerin, bozulması ve gözenek yapısı üzerine ekmeklere dondurulduktan sonra uygulanan depolama sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. Kısmi pişirilmiş ekmekler  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 7, 14, 28 ve 42 gün depolandıktan sonra tamamen pişirilmiş ve nem içerikleri, sertlikleri ve amilopektin retrogradasyon entalpileri belirlenmiştir. Hem kısmi pişirilmiş ve hem de tam pişirilmiş ekmeklerin nem içeriği depolama boyunca azalmıştır. Dondurulmuş olarak depolama ile kısmi pişirilmiş ekmeklerin iç sertliği değişmez iken, tam pişmiş ekmeklerin iç sertliği artmıştır. Sertliğin artması ve amilopektin retrogradasyonu olarak ölçülen bozulma oranı depolama boyunca artmıştır (Bárcenas ve Rosell, 2006).

Bu ekmeklerin formülasyonunda bazı değişiklikler yapılarak sertlik değeri azaltılabilir. Carr ve Tadini (2003) formüldeki maya miktarının artırılmasını ve bitkisel yağ ilavesini; Bárcenas ve ark. (2004) ise hidrokolloidlerin kullanılmasını önermektedir. Kısmi pişirilmiş ekmeklerde HPMC kullanımının spesifik hacmi arttırdığı ve ekmek içi sertliğini ise azalttığı ifade edilmektedir. Öte yandan  $\kappa$ -karragenan gamının kısmi pişirilmiş ekmeklerde kullanımının uygun olmadığı belirtilmektedir.

Kısmi pişirilmiş ekmeklerin dondurulması sırasında kabuğun dağılması (flaking) problemi ile karşılaşılabilir. Bunun nedenini belirlemek için yapılan çalışma sonrası en etkili faktörün kısmi pişme sonrası gerçekleştirilen soğutma koşullarının olabileceği ifade edilmektedir. Genellikle proses sırasındaki yüksek hava nemi bu

problemi minimize etmektedir (Le Bail ve ark., 2005).

Fik ve Surowka (2002) yaptıkları çalışmada ekmek kalitesi üzerine kısmi pişirme, dondurma, dondurulmuş olarak depolama, çözündürme ve tekrardan pişirme işlemlerinin etkisini araştırmıştır. Standart ekmek için kullanılan toplam pişme süresinin % 71 kadar kısmi pişirme uygulandıktan sonra dondurulan ekmeklerin 11 haftalık depolama süresi boyunca duyusal ve reolojik parametreleri korunmuştur. Kısmi pişirmenin optimum süresi geleneksel ekmek pişirme için ihtiyaç duyulan sürenin % 74-86'sı aralığında değişmiştir.

Kısmi pişirilmiş ekmeklerin raf ömrü ekmek kabuğu oluşmadığı ve yüksek oranda nem içerdiği için oldukça kısadır (Leuschner ve ark., 1997). Bu problemi ortadan kaldırmak için % 40 CO<sub>2</sub> ve % 60 N<sub>2</sub> içeren modifiye atmosferde paketlenmesi önerilmektedir (Leuschner ve ark., 1999).

Doğan (2006) tarafından yapılan bir çalışmada soğutularak ve dondurularak depolanan hamurlar kullanılarak üretilen standart şekerli, damla çikolatalı ve fıncıklı bisküvierin özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada üretilen bisküvi hamurları 4 °C de 6 hafta ve -18 °C de 6 ay süre depolanmıştır. Bisküvileri karşılaştırmak için yayılma oranı, pişme kaybı, bisküvi rengi ve yoğunluk gibi bisküvi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Üretilen ve saklanan hamurların renk özelliklerinde bir değişiklik gözlenmemiştir. Bisküvi özelliklerinde de önemli bir değişiklik tespit edilememiştir. Diğer taraftan, gazlı fırında pişirilen bisküvilerin yayılma oranı, elektrikli fırında pişirilenlerden önemli seviyede küçük bulunmuştur. Bu çalışma bisküvi hamurlarının özellikleri değişmeden 4 °C de 6 hafta ve -18 °C de 6 ay süre saklanabileceğini göstermektedir. Fakat farklı pişirme ortamında pişirilen bisküvilerin özelliklerinin aynı olmadığı ifade edilmektedir. Standart şekerli ve fıncıklı bisküviler için hava dolaşimsız elektrikli fırın, damla çikolatalı bisküvi için hava dolaşimli gazlı fırın daha iyi sonuç vermiştir.

Dondurulmuş hamur ve kısmi pişirme ile ilgili yapılan çalışmaların tamamına yakını ekmek üzerine yapılmıştır. Bu nedenle herkes tarafından sevilerek tüketilen kek ile ilgili çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Karaoğlu ve ark. (2008) kısmi pişirilmiş keklerin (par-baked) başlangıç pişme süreleri ile dondurularak depolama sürelerinin, çözündürme ve tekrar pişirme sonrası elde edilen keklerin kalite özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, 175 °C de 15, 20 ve 25 dk ön pişirme sonrası

kısmi pişirilmiş kekleri -18 °C de 3, 6 ve 9 ay boyunca depolamışlardır. Depolama sonrası kısmi pişirilmiş kekler çözündürülüp tekrar 175 °C de 10, 15 ve 20 dk daha pişirilmiştir. Tamamen pişirilmiş keklerin pişme kaybı, nem içeriği, renk değerleri, katılık, yapışkanlık ve sakızimsılık özellikleri, ön pişme süresinden ve dondurarak depolama süresinden önemli derecede etkilenmiştir. Diğer yandan bu keklerin, spesifik hacimleri, yapışkanlık, esneklik ve elastikiyet değerleri sadece dondurarak depolama süresinden önemli derecede etkilenmiştir. Kısmi pişirilmiş keklerin depolama süresi arttıkça, tekrardan pişirilen keklerin kalitesi azalmıştır. İki aşamalı pişme kullanılarak üretilen kekler arasında pişme kaybı, spesifik hacim, nem ve tekstürel özellikler açısından en iyi sonuçlar 20 dk ön pişirme ve -18 °C de ortalama 3 ay depolama sonrası elde edilmiştir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu çalışmada kontrol kek üretimi için özel amaçlı buğday unu (Bafra Eriş Un ve Yem Gıda San. ve Tic. A.Ş., Samsun), glutensiz kek üretimi için ise buğday unu yerine üç farklı formülde kestane unu (Kafkas Şekerleme San. ve Tic. A.Ş., Bursa), mısır unu (Hilal Un ve İrmik San., Gaziantep) ve pirinç unu (Ülker, İstanbul) kullanılmıştır. Ayrıca kestane unu ve mısır unu kullanılan formüllere patates nişastası (Soyyiğit Gıda San. ve Tic. A.Ş., İstanbul) ilave edilmiştir. Emülgatör olarak su, mono-digliserit (E 471), propilen glikol alginat (E 405), yağ asitlerinin poli gliserol esterleri (E 475), nem tutucu sorbitol (E 420) ve köpüklenmeyi önleyici yağ asitleri (E 570) içeren ticari bir karışım (Puratos, İstanbul) kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca ksantan (1500-1600 cps), guar gam (3000-3500 cps) (Dairy Gold Co., İrlanda), mikrobiyal transglutaminaz enzimi (Ajinomoto Food Ingredients LLC, Japonya), emülsüfiye edilmiş bitkisel şortening (Puratos, İstanbul), kurutulmuş yumurta beyazı tozu (A.B Gıda San. ve Tic. A.Ş, Balıkesir), yağsız süt tozu (Göktürk Gıda San. Dış Tic. Ltd. Şti., İstanbul), kabartma tozu (Ülker, İstanbul), içme suyu (Palandöken Desni, Erzurum), sofralık rafine tuz (Billur Tuz, İstanbul) ve piyasadan temin edilen kristal şeker kullanılmıştır.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Unların protein ve kül oranları**

Una karışan kepek miktarını ifade eden kül miktarı AACC (Amerikan Hububat Kimyacılar Birliği) Metot (08-01) ve toplam protein miktarı ise Kjeldahl metodu ile AACC Metot (46-12) kullanılarak belirlenmiştir.

### 3.2.2. Unların viskozite özellikleri

Unların içerdiği nişastanın kalitesi birçok ürünün yeme kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Pişme sırasında un veya gıda bileşimindeki nişastanın gıdaların tekstürüne etkisi, nişastanın şişmesine, çirilenmesine, çözünme miktarına ve bunu takiben soğumaya başlamasıyla birlikte retrograde olmasına bağlı olarak değişir. Çalışmada kullanılan unlarda ve bu unlar kullanılarak üretilen kısmi ve tam pişmiş keklerde nişastanın viskozite özellikleri sıcaklık ve zamana bağlı olarak Hızlı Viskozite Test (HVT) cihazı (RVA-4, Newport Scientific, Warriewood, Australia) ile belirlenmiştir. Cihazdan alınan viskozite ölçü birimleri cP veya RVU olarak verilmekte olup 1 RVU yaklaşık 12 cP'a karşılık gelmektedir.

Kek ve un örneklerinden 3 g (% 14 neme göre) alınarak toplam örnek ağırlığı kekler için 29 g ve unlar için ise 28 g olacak şekilde deiyonize su ilave edildi. Cihazın ısıtma ve soğutma döngüsü aşağıdaki gibi ayarlanarak analizler yapıldı. Örnek 50 °C de 1 dk tutulduktan sonra 3.5 dk içinde sıcaklık 95 °C ye çıkarıldı ve bu sıcaklıkta 2.5 dk bekletildi. Ardından 3.5 dk içerisinde 50 °C ye soğutuldu ve bu sıcaklıkta 2 dk bekletildi (Sakiyan ve ark., 2009) .

### 3.2.3. Unların çözücü tutma kapasitesi (Solvent retention capacity)

Çözücü tutma kapasitesi (ÇTK) AACC Metot (56-11)' e göre yapıldı. Öncelikli olarak metot için gerekli olan dört çözücü (deiyonize su, % 50'lik şeker çözeltisi, % 5'lik sodyum bikarbonat ve % 5'lik laktik asit) hazırlandı. Her çözücü için 50 ml'lik özel santrifüj tüplerine 5 g un tartılıp üzerlerine 25 g çözücü ilave edildi. Tüpler 0, 5, 10, 15 ve 20. dk'larda 5'er s çalkalandı. Daha sonra tüpler 15 dk durmaksızın santrifüjlenerek cihazdan çıkarıldı ve 10 dk akıtılıp tartıldı. Her bir çözücü için bu işlem 3–5 defa tekrarlandı. İşlem sonunda ÇTK, santrifüj sonrası un tarafından tutulan çözücü ağırlığı olarak her bir çözücü için bağımsız olarak belirlendi (su ÇTK, % 5 sodyum bikarbonat ÇTK gibi).

### 3.3. Kek Üretimi ve Analizleri

#### 3.3.1. Formül optimizasyonu ve kek üretimi

Kontrol ve glütensiz keklerin formül optimizasyonu için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme desenleri oluşturulduktan sonra kekler AACC standart Metot 10-90'a göre KitchenAid Mikser (Model KSM45) kullanılarak üretilmiştir. Yağ ve su hariç diğer bileşenler karıştırma kabına konulduktan sonra yağ ve suyun % 60'ı ilave edildi. Düşük hızda (Devir-2) 30 s ve orta hızda (Devir-4) 4 dk karıştırıldıktan sonra kalan suyun yarısı ilave edilerek, Devir-2'de 30 s ve Devir-4'de 2 dk daha karıştırıldı. Son olarak suyun geri kalan kısmı ilave edilip, Devir-2'de 30 s ve Devir-4'de 2 dk daha karıştırıldı (Anonim, 1995).

Kek pişirme tavaları (Ø:15 cm, yükseklik: 3.5 cm) tava yağı ile yağlandıktan sonra, hazırlanan kek hamuru iki adet tavaya 225 g miktarında tartıldı. Kontrol keki (KK), pirinç keki (PK) ve kestane formülü keki (KFK) hamurları sıcaklığı ayarlanabilen fırında (PS5, Köseoğlu Isı A.Ş, İstanbul) ön denemelerle belirlenen  $175\pm 5$  °C'de 24 dk, mısır formülü keki (MFK) hamurları ise 20 dk süre ile pişirildi. Üretilen bu keklerin formülüne dahil edilen sabit ve optimize edilecek bileşenler ve oranları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Kısmi pişirilmiş kek üretiminde ise yukarıda bahsedildiği gibi hazırlanan hamurlara aynı fırında ( $175\pm 5$  °C) farklı pişirme süreleri uygulanmıştır. Kısmi pişirme süreleri kontrol ve kestane unlu kek hamurları için 17 dk, pirinç unlu kek hamuru için 16 dk ve mısır unlu kek hamuru için ise 14 dk olarak belirlenmiştir. Bu kısmi pişirme süreleri ön denemelerle belirlenmiş olup, her bir kek için kek pişerken kek içi sıcaklık değişimi ve Hızlı Viskozite Testi (HVT) değerleri ile teyit edilmiştir. Tam veya kısmi pişirilmiş kekler oda sıcaklığında 1 sa soğutulduktan sonra iki katlı polietilen ambalaj malzemesi ile paketlenerek  $-18$  °C'de 2, 4 ve 6 ay süreyle depolanmıştır. Depolanan kekler 2., 4. ve 6. ayların sonunda bir gece buzdolabı sıcaklığında ( $+4$  °C) bekletilerek çözünmeleri sağlanmış, ardından 2 sa oda sıcaklığında bekletilerek dengeye getirilmiştir. Daha sonra tam pişirilmiş kekler hemen, kısmi pişirilmiş kekler ise aynı

fırında  $175\pm 5$  °C’de tam pişirilmiş keklere benzer renk elde edilinceye kadar pişirildikten sonra oda sıcaklığına geldiğinde değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.1. Kontrol ve glutensiz keklerin formülüne dahil edilen sabit ve optimize edilen bileşenler ve oranları

<b>Bileşenler</b>	<b>Kontrol keki (KK) (g)</b>	<b>Pirinç keki (PK) (g)</b>	<b>Mısır formülü keki (MFK) (g)</b>	<b>Kestane formülü keki (KFK) (g)</b>
Buğday unu	100	-	-	-
Pirinç unu	-	100	-	-
Mısır unu	-	-	30-70	-
Kestane unu	-	-	-	70-90
Patates nişastası	-	-	30-70	10-30
Su	100-120	110-130	90-110	100-120
Emülgatör	0-10	0-10	6	6
Ksantan gam	-	0.0-0.3	0.0-0.3	0.0-0.3
Guar gam	-	0.0-0.3	0.0-0.3	0.0-0.3
Şeker	80	80	80	80
Şortening	50	50	50	50
Yağsız süt tozu	12	12	12	12
Yumurta akı tozu	8	8	8	8
Kabartma tozu	3	3	3	3
Tuz	1.5	1.5	1.5	1.5
Vanilya	1	1	1	1

Depolamanın kontrol ve glutensiz kekler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla her bir kek iç ve dış özellikler, pişme kaybı, çekme, özgül hacim ve tekstürel özellikler bakımından değerlendirilmiştir.

### 3.3.2. Hamur özellikleri

Hacmi bilinen bir kap ile araştırma sırasında üretilen kek hamurlarının ağırlıkları belirlendi. Daha sonra hamur ağırlığı aynı kaptaki su ağırlığına (1 g su=1 ml su) bölünerek yoğunluk (g/ml) hesaplandı (AACCC, Metot 10–91).

Hazırlanan kek hamurları 50 ml’lik plastik ölçüm kabına bırakılıp penetrometrenin (Model K95590; Koehler Instrument Company, Inc., Bohemia, NY, USA) tabanına yerleştirildikten sonra 5 cm boyunda, 35 g ağırlığındaki konik uçlu alüminyum başlığın



(K20090) ucu plastik kabın ortasına gelecek şekilde ayarlanıp serbest düşme hareketi ile bırakıldıktan 5 sn sonra başlığın hamura dalma miktarı (mm\*10) hamur kıvamının değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Doğan ve ark., 2007).

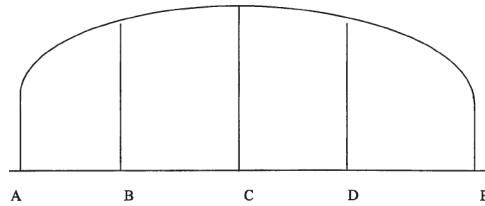
Kek iç rengini etkileyen önemli parametrelerden birisi hamur pH'sıdır. Kek hamurlarının pH'sı dijital bir pH metre (Hanna Model 211, Almanya) kullanılarak ölçüldü.

### 3.3.3. Kek özellikleri

Araştırmada üretilen keklerin hacimleri AACCC (Metot 10-91)'e göre kolza tohumları ile yer değiştirme prensibinden yararlanılarak belirlendi. Kekler fırından çıkarıldıktan 1 sa sonra tartıldı. Daha sonra belirlenen kek hacimleri ağırlıklarına bölünerek özgül hacimleri hesaplandı.

Keklerin iç ve dış özellikleri için alınan puanların belirlenmesi, Yıldız (2002) tarafından kullanılan form modifiye edilerek elde edilen değerlendirme formuna (Ek 1) göre yapılmıştır. Kek iç özellikleri 80 puan, dış özellikleri ise 30 puan üzerinden değerlendirilmiştir.

Pişirilen keklerde hacim ve simetri indeksleri AACCC şablon metodu (Metot 10-91) modifiye edilerek ölçüldü. Kekler soğutulduktan sonra dikkatlice ortadan kesildi, plastik ölçme şablonu kullanılarak kek kesitinde A, B, C, D ve E değerleri okundu (Şekil 3.1). Daha sonra bu değerler kullanılarak indeksler (Hacim indeksi:  $B+C+D$ ; Simetri indeksi:  $2*C-B-D$ ) hesaplandı (Anonim, 1995).



Şekil 3.1. Kek kesitinde ölçülen noktalar

Piştirilen keklerde meydana gelen boyutsal küçülme (çekme miktarı, mm) modifiye edilen şablon metodu (AACC Metot 10-91) kullanılarak hesaplandı (Anonim, 1995). Keklerin fırından çıkarıldıktan 1 sa sonra belirlenen ağırlıkları ile başlangıç hamur ağırlıkları kullanılarak % pişme kaybı hesaplandı.

### **3.3.4. Keklerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi**

TA-XT Plus tekstür analiz cihazında (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) P/25 donanımı kullanılarak TPA (Texture Profil Analizi) metodu ile keklerin tekstürel özellikleri belirlendi. Test parametreleri olarak ön test ve test hızı 1 mm/s, test sonrası hızı 1 mm/s, sıkıştırma oranı ise 10 mm/30 s olarak uygulandı. Parametrelerden sertlik (hardness), çiğnenebilirlik (chewiness), yapışkanlık (cohesiveness) ve esneklik (resilience) değerlendirildi. Sertlik, TPA testinde örneğin ilk sıkıştırılması esnasında elde edilen pik değeridir (örneklerinin % 25 oranında sıkıştırılması için gerekli olan g kuvvet). Çiğnenebilirlik, sakızimsılık değeri ile esneklik değerlerinin çarpılmasıyla elde edildi. Yapışkanlık, prob tarafından uygulanan ikinci sıkıştırma sırasında grafik altında kalan alanın, birinci sıkıştırmadaki alana oranı olarak hesaplandı. Esneklik ise uygulanan basınç sonrası kekte meydana gelen geri dönüş ile ilişkili olan yükseklik değerini ifade eder.

### **3.3.5. Keklerin renk değerlerinin tayini**

Kekler HP Scan Jet 3500 C tarayıcı ile HP Precision Scan LT programı ile tarandıktan sonra JPG resim formatında saklandı. Daha sonra bu görüntülerin 'Lab Color Mod' (16 Bits/channel) ayarlarında L, a ve b değeri hesaplandı. L değeri 100 ise rengin beyaz, 0 ise siyah, +a değeri kırmızı, - a değeri yeşili ve +b değeri sarı, -b değeri mavi olduğunu gösterir (Doğan, 2002).

### 3.3.6. Keklerde gliadin testi

PK, MF ve KF ile üretilen keklerin glütensiz olduğunu doğrulamak amacıyla glüten analizi (ppm) yapıldı. Bu amaçla AOAC 991.19 (1995) analiz metodu kullanıldı. Yöntem monoklonal antikor teknolojisi ile çalışmakta olup üründeki gliadin varlığını tespit etmektedir. Testin temeli antijen-antikor reaksiyonuna dayanır. Kullanılan kitler gliadin için özel antikorlar ile kaplanmıştır. Örnek numunesi kitlere ilave edilince, örnek içerisinde mevcut olan gliadinin antikorlar tarafından yakalanması sonucu bir antikor antijen kompleksi oluşturuldu. Antikorlar yıkama ile ayrıştırıldıktan sonra kalan antikoru bağlamak için kite peroksidaz eklendi. Böylece antikor-antijen-antikor kompleksi oluşturuldu. Tekrar yıkama ile antikorlar uzaklaştırıldı. Daha sonra artık peroksidazı bağlamak için bir substrat ve kromojen olarak tetra metil benzidin ilave edilip inkubasyona bırakıldı. Mavi bir ürün içerisindeki bağlı enzim renksiz kromojene dönüştü. Son bir kimyasal ilavesi ile mavi renk sarıya döndü. Daha sonra ELISA testine tabii tutularak 450 nm de ölçüm yapıldı.

### 3.3.7. Peroksit testi

Beklenen peroksit sayısına göre yeterli düzeyde erlene tartılan örnek üzerine 30 ml asetik asit-kloroform çözeltilisinden (3:2) konularak çözüldürüldü. 0.5 ml doymuş potasyum iyodür çözeltilisi eklendikten sonra erlenin ağzı sıkıca kapatılarak çözeltili 1 dk karıştırıldı. 10 dk karanlıkta bekletildi ve üzerine 30 ml saf su ile 1 ml % 1'lik nişasta çözeltilisi eklendi. Daha sonra 0.1 N veya 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltilisi ile titrasyon gerçekleştirildi (AOAC, 1990). Hesaplamalar aşağıda verilen formüle göre yapıldı. Formülde A kullanılan tiyosülfat çözeltilisini (ml), N kullanılan tiyosülfat çözeltilisinin normalitesini ve E ise numune miktarını (g) ifade etmektedir (Peroksit sayısı= $(A \times N \times 1000) / E$ ).

### 3.3.8. Tüketici testi (Duyusal analiz)

Duyusal değerlendirme ürünün kalitesi hakkında tüketicinin beğenisini ve isteklerini yansıttığı için oldukça önemlidir. Çoğunluğu Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarından oluşan duyusal değerlendirme panelistleri (12 kişi) değerlendirme öncesi bilgilendirilmiştir. Panel üyelerine toplam 12 adet kek örneği numaralandırılmış numune kapları içerisinde, su ve duyusal değerlendirme formu (Ek 2) ile birlikte sunulmuştur. Bu keklerin dört adeti ön değerlendirmeler ve optimizasyon sonrası belirlenen yeni pişirilmiş taze KK ile PK, MFK ve KFK'di. Dört adet ise söz konusu keklerin tam pişirildikten sonra -18 °C' de 6 ay depolanmış ve yukarıda bahsedilen şekilde oda sıcaklığına getirilmiş keklerdi. Diğer dört adet ise kısmi pişirme sonrası -18 °C 6 ay depolandıktan sonra oda sıcaklığına getirilip son pişirme işlemi uygulanmış keklerdi. Panel üyeleri bu 12 adet kek örneğini birbirinden bağımsız olarak değerlendirmiş ve her bir kek için formda belirtilen parametreler (görünüş, gözenek yapısı, nemlilik, tat ve aroma, ağızda bıraktığı his ve genel beğenilirlik) 10 cm uzunluğundaki bölünmemiş skalaya göre değerlendirildi. Daha sonra her bir özellik için verilen puanların ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandı.

### 3.4. İstatistiksel Analizler

Her bir kek için formülasyonda sabit olmayan bileşenlerin optimum seviyeleri YYY ile belirlendi. Belirlenen kontrol kek ile glutensiz kek formülleri kullanılarak hazırlanan kekler depolamanın 2, 4 ve 6. aylarında çeşitli parametreler açısından karşılaştırılmış ve elde edilen değerlerin StatGraphics Centrium 15.1 (StatGraphics, 2006) ve CoStat istatistik programları (CoHort, 2004) kullanılarak "faktöriyel deneme deseninde" varyans analizleri yapılmıştır. Grup ortalamaları arasındaki farkın önemli olup olmadığı Duncan çoklu karşılaştırma testi ile  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiştir. Ayrıca iki tekerrürlü olarak yapılan ve her defasında 12 panelistin katıldığı duyusal değerlendirme sonuçları da istatistiksel analize tabi tutuldu.

Formül optimizasyonları için yapılan varyans analizlerinin sonuçları standartlaştırılmış Pareto grafikleri ile de gösterildi. Bu grafiklerde her bir bileşenin ve

bunlara ait interaksiyonların etkilerinin önem seviyeleri yatay çubuk grafiği olarak gösterilmektedir. Y eksenine paralel olarak çizilen çizgi  $P<0.05$ 'e göre önem seviyesini göstermektedir. Bu çizginin sağ tarafına geçen çubuk ne kadar uzunsa etki o kadar fazla demektir. Etki seviyesinin (+) olması, bileşenin miktarının artmasıyla etkisinin arttığını, (-) olması ise azaldığını ifade etmektedir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

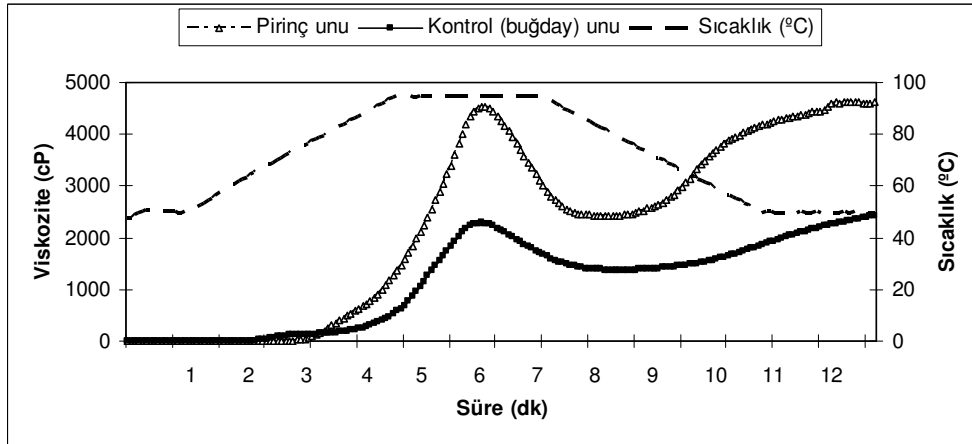
### 4.1. Kullanılan Unların Özellikleri

#### 4.1.1. Unların protein ve kül oranları

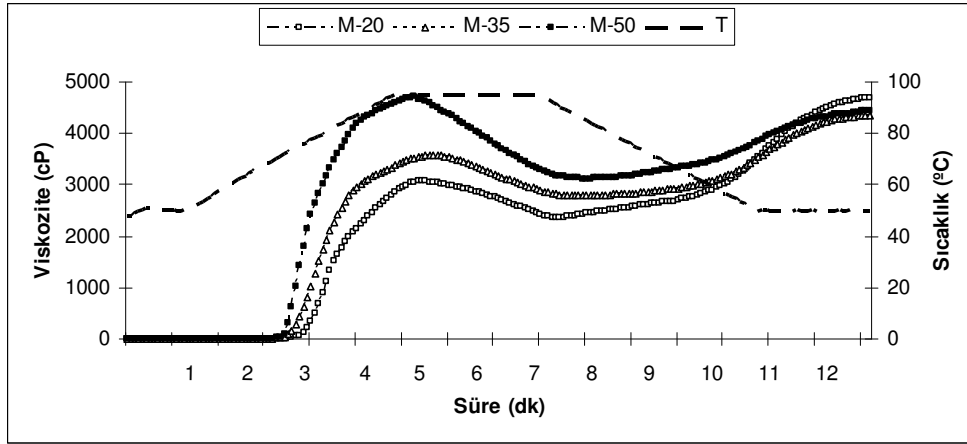
Çalışmada kullanılan buğday, pirinç, mısır ve kestane unlarının protein oranları sırasıyla % 9.38, 7.12, 5.28 ve 5.40, kül oranları ise sırasıyla % 4.8, 4.4, 7.1 ve 21.4 olarak bulunmuştur.

#### 4.1.2. Unların viskozite özellikleri

Kontrol unu ile glutensiz kek üretiminde kullanılan pirinç unu, mısır formülü (MF, mısır unu+patates nişastası karışımı) ve kestane formülü (KF, kestane unu+patates nişastası karışımı) için Hızlı Viskozite Test (HVT) cihazı kullanılarak elde edilen viskozite kurveleri (pasting curves) Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Bu unlar ve karışımlara ait HVT özellikleri ise Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

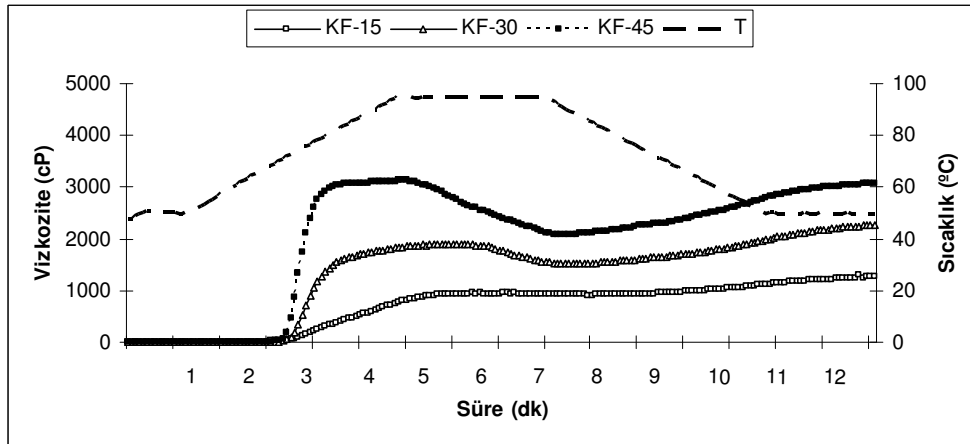


Şekil 4.1. Kontrol ve pirinç unlarına ait viskozite kurveleri



M-20= Mısır unu+patates nişastası karışımı (80:20)  
 M-35= Mısır unu+patates nişastası karışımı (65:35)  
 M-50= Mısır unu+patates nişastası karışımı (50:50)  
 T= Sıcaklık (°C)

Şekil 4.2. Mısır formülüne (Mısır unu+patates nişastası karışımı) ait viskozite kurveleri



KF-15= Kestane unu+patates nişastası karışımı (85:15)  
 KF-30= Kestane unu+patates nişastası karışımı (70:30)  
 KF-45= Kestane unu+patates nişastası karışımı (55:45)  
 T= Sıcaklık (°C)

Şekil 4.3. Kestane formülüne (Kestane unu+patates nişastası karışımı) ait viskozite kurveleri

Pik viskozitesi kontrol unu için 2291.00 cP ve pirinç unu için ise 4618.0 cP olarak bulunmuştur. Gomez ve ark. (2008) buğday ununun pik viskozitesini 2621 cP olarak belirlemişlerdir. Hem mısır ununa ve hem de kestane ununa ilave edilen patates nişastası oranı arttıkça pik, dip (trough) ve düşme viskozitelerinde istatistiksel olarak da önemli olan bir artış meydana gelmektedir. Mısır ununa ilave edilen patates nişastası

oranı arttıkça dönme (setback) viskozitesi azalırken, kestane ununda bu viskozite artmaktadır. Bunun yanında her iki karışımda da patates nişastasının artması ile birlikte pik süresi ve çirilenme sıcaklığında düşme meydana gelmektedir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Hazırlanan kek hamurlarının kıvamı ile kullanılan unların pik ve sonuç viskoziteleri arasında benzerlikler bulunmaktadır. Kıvam arttıkça her iki viskozite değeri de azalmaktadır.

Çizelge 4.1. Kontrol ve glutensiz unların viskozite özellikleri-1

Unlar	PNİ (%)	Pik süresi (dk)	Pik (cP)	Dip (Trough) (cP)
KU	-	6.20±0.00	2291.0±24.0	1367.5±47.0
PU	-	6.20±0.06	4618.0±35.0	2049.3±73.0
MF	20	5.17±0.05 <sup>b</sup>	3090.0±57.1 <sup>c</sup>	2364.5±45.0 <sup>c</sup>
	35	5.47±0.05 <sup>a</sup>	3570.0±57.1 <sup>b</sup>	2780.0±45.0 <sup>b</sup>
	50	5.03±0.05 <sup>b</sup>	4707.5±57.1 <sup>a</sup>	3114.5±45.0 <sup>a</sup>
KF	15	6.27±0.14 <sup>a</sup>	952.0±81.4 <sup>c</sup>	913.0±49.9 <sup>c</sup>
	30	5.53±0.11 <sup>b</sup>	1855.3±66.4 <sup>b</sup>	1484.7±40.8 <sup>b</sup>
	45	4.80±0.14 <sup>c</sup>	3128.5±81.4 <sup>a</sup>	2077.0±49.9 <sup>a</sup>

PNİ=patates nişastası ilavesi; KU: Kontrol (buğday) unu; PU: Pirinç unu;  
MF: Mısır formülü (mısır unu+patates nişastası); KF: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası)  
MF ve KF kendi içerisinde karşılaştırılmış olup, farklı harfler ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 4.2. Kontrol ve glutensiz unların viskozite özellikleri-2

Unlar	PNİ (%)	Düşme (cP)	Dönme (Setback) (cP)	Sonuç viskozitesi (cP)	Çirilenme sıcaklığı (°C)
KU	-	923.5±23.0	1056.0±24.0	2423.5±23.0	77.0±0.06
PU	-	2240.5±23.5	2184.3±121.0	4584.3±120.0	76.1±0.05
MF	20	725.5±23.5 <sup>b</sup>	2334.0±55.7 <sup>a</sup>	4698.5±80.3 <sup>a</sup>	73.4±0.04 <sup>a</sup>
	35	790.0±23.5 <sup>b</sup>	1576.5±55.7 <sup>b</sup>	4356.5±80.3 <sup>a</sup>	70.9±0.04 <sup>b</sup>
	50	1593.0±23.5 <sup>a</sup>	1320.5±55.7 <sup>c</sup>	4435.0±80.3 <sup>a</sup>	70.1±0.04 <sup>c</sup>
KF	15	39.0±33.1 <sup>c</sup>	355.5±12.4 <sup>c</sup>	1268.5±59.8 <sup>c</sup>	72.6±0.04 <sup>a</sup>
	30	370.7±27.0 <sup>b</sup>	766.3±10.1 <sup>b</sup>	2251.0±48.8 <sup>b</sup>	70.7±0.04 <sup>b</sup>
	45	1051.5±33.1 <sup>a</sup>	998.0±12.4 <sup>a</sup>	3075.0±59.8 <sup>a</sup>	70.2±0.04 <sup>b</sup>

PNİ=patates nişastası ilavesi; KU: Kontrol (buğday) unu; PU: Pirinç unu;  
MF: Mısır formülü (mısır unu+patates nişastası); KF: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası)  
MF ve KF kendi içerisinde karşılaştırılmış olup, farklı harfler ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)



#### 4.1.3. Unların çözücü tutma kapasitesi (ÇTK)

Çözücü tutma kapasitesi (ÇTK) testi buğday kalitesinin belirlenmesinde kullanılan ucuz ve önemli bir yöntemdir. Bu test unun tutabileceği çözücü aralığını belirleyerek önemli kalite kriterleri olan pentozan içeriği, nişasta zedelenmesi, gluten kuvveti ve su tutma kapasitesi hakkında bilgi verir (Guttieri ve Souza, 2003). Buğday unu ve glutensiz kek üretiminde kullanılan her bir un kaynağı için dört farklı çözücü tutma kapasitesi belirlenmiş ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.3).

Laktik asit ÇTK ile unun protein özellikleri, sodyum bikarbonat ÇTK ile zedelenmiş nişasta seviyesi ve şeker ÇTK ile pentozan içeriği ilişkilidir. Su ÇTK ise suyu absorbe eden tüm bileşenler tarafından etkilenmektedir.

Çizelge 4.3. Kek üretiminde kullanılan her bir un kaynağı için çözücü tutma kapasitesi.

Unlar	Laktik asit ÇTK	Su ÇTK	Şeker ÇTK	NaHCO <sub>3</sub> ÇTK
Kontrol unu	98.806 ± 11.09 <sup>a</sup>	55.196 ± 5.85 <sup>d</sup>	52.458 ± 8.84 <sup>d</sup>	113.355±14.31 <sup>d</sup>
Pirinç unu	97.616 ± 11.09 <sup>a</sup>	120.746 ± 5.85 <sup>b</sup>	114.432 ± 8.84 <sup>b</sup>	162.339±14.31 <sup>b</sup>
Mısır formülü	92.022 ± 11.09 <sup>a</sup>	98.442 ± 5.85 <sup>c</sup>	102.826 ± 8.84 <sup>c</sup>	137.939±14.31 <sup>c</sup>
Kestane formülü	117.304 ± 11.09 <sup>b</sup>	145.856 ± 5.85 <sup>a</sup>	126.071 ± 8.84 <sup>a</sup>	192.228±14.31 <sup>a</sup>

<sup>(a-b)</sup>Farklı harfler sütun içerisindeki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi kontrol unu, pirinç unu ve mısır formülü için bulunan laktik asit ÇTK değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamaktadır. Bunun yanında kestane formülü için bu değer oldukça yüksek bulunmuştur. Tüm çözücü tutma kapasitesi değerleri kontrol unu için en düşük (laktik asit ÇTK hariç), kestane formülü için ise en yüksek bulunmuştur. Özgül hacim, hamur yoğunluğu, kıvam gibi bazı hamur ve kek özellikleri ile ÇTK değerleri arasında ilişkiler söz konusudur. Fakat çalışmada sınırlı sayıda un örneği kullanıldığı için yorum yapılmasının sıhhatli olmayacağı düşünülmektedir.

## 4.2. Kontrol ve Glütensiz Kek Formüllerinin Optimizasyonu

Çalışmada öncelikle kontrol keki (KK) üretiminde en iyi kek özelliklerini elde etmek için kullanılabilir su ve emülgatör seviyeleri optimize edilmiştir. Bu amaçla Çizelge 4.4'deki Yanıt Yüzey Yöntemi-YYY deneme deseni kullanılmıştır.

Farklı glütensiz kek formüllerini optimize etmek amacıyla kontrol kek formülündeki un ve emülgatör dışındaki tüm bileşenlerin oranları sabit tutulmuştur. Ön denemelerle glütensiz un kaynağı olarak pirinç unu, mısır unu ve kestane ununun kullanılması kararlaştırılmıştır. Mısır ve kestane unları ile birlikte patates nişastası kullanılması sonuçları olumlu yönde etkilediğinden formüle ilave edilmiştir. Pirinç unu kullanılarak üretilen glütensiz kek formülü (PK) için kullanılacak su, gam ve emülgatör oranlarını optimize etmek için Çizelge 4.5'deki YYY deneme deseni kullanılmıştır.

Çizelge 4.4. Kontrol keki (KK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni

Deneme	Emülgatör* (g)	Su (g)**
1	0.00	0.00
2	-1.00	-1.00
3	1.00	1.00
4	-1.00	1.00
5	1.00	-1.00
6	1.67	1.00
7	0.00	1.67
8	0.00	-1.67
9	0.00	0.00

\* g/100g un. 1= 10 g; 0=5 g; -1= 0 g; 1.67= 12.07 g

\*\* g/100g un. 1= 120 g; 0=110 g; -1= 100 g; 1.67= 124.14 g ; -1.67= 95.86 g

KK ve PK için yapılan değerlendirmeler sonucunda arzu edilen kek özellikleri yaklaşık % 6 oranında emülgatör kullanılması ile sağlanmıştır. Turabi ve ark. (2008a) tarafından yapılan bir çalışmada kek formüllerinde kullanılan emülgatör oranı % 5.3 olarak seçilmiş ve üründe iyi sonuç alınmıştır. Bu yüzden mısır ve kestane unlu keklerde de kullanılacak emülgatör oranı % 6 olarak alınmış ve farklı seviyelerinin kullanımı deneme deseninden çıkarılmıştır.

Mısırın kendine özgü, tüketici talebini olumsuz etkileyen aromasından dolayı mısır ile ekmek üretimi konusunda çok az sayıda çalışmanın yapıldığı söylenebilir. Bu yüzden glütensiz gıdalarda mısır ürünlerinin kullanımı pek yaygın değildir (Arendt ve

Bello, 2008). Glütensiz un kaynağı olarak mısır unu kullanıldığında yukarıda da ifade edildiği gibi mısırın kendine özgü aroması söz konusu olmakta ve ürünün tüketilebilirliğini olumsuz yönde etkileyebildiği görülmektedir. Bu olumsuz aromayı bastırmak ve fonksiyonel özelliklerinden yararlanmak amacıyla patates nişastasının kullanılabilme olanakları ön denemelerde araştırılmış ve çok olumlu sonuçlar alınmıştır. Ön denemeler sonucunda kullanılacak toplam un miktarındaki mısır ununun oranı % 30–70, patates nişastasının oranı ise % 30–70 olarak belirlenmiştir. Mısır unu ve patates nişastası ile en iyi glütensiz kek (MFK) özelliklerini sağlayacak kek formülünü elde etmek için Çizelge 4.6'deki YYY deneme deseni kullanılmıştır.

Çizelge 4.5. Pirinç keki (PK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni

Deneme	Emülgatör* (g)	Su (g)**	Gam***
1	1.00	1.00	-1.00
2	0.00	0.00	0.00
3	1.00	-1.00	1.00
4	-1.00	1.00	1.00
5	-1.00	-1.00	-1.00
6	-1.00	1.00	-1.00
7	1.00	1.00	1.00
8	1.00	-1.00	-1.00
9	-1.00	-1.00	1.00
10	0.00	0.00	0.00
11	1.67	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00
13	0.00	1.67	0.00
14	0.00	-1.67	0.00
15	0.00	0.00	-1.67
16	0.00	0.00	1.67
17	1.00	1.00	-1.00

\* g/100g pirinç unu. 1= 10 g; 0=5 g; -1= 0 g; 1.67= 13.37 g

\*\* g/100g pirinç unu. 1= 130 g; 0=120 g; -1= 110 g; 1.67= 136.73 g ; -1.67= 103.3 g

\*\*\*1= % 0.3 guar gam; -1= % 0.3 ksantan gam; 1.67332= % 0.5 guar gam; -1.67332= % 0.5 ksantan gam; 0= % 0.15 guar gam + % 0.15 ksantan gam karışımını ifade etmektedir.

Tüm gam oranları 100 g pirinç ununa göredir.

Yapılan ön denemelerde, un kaynağı olarak kestane unu kullanıldığında arzu edilen özelliklere sahip kek üretilmemiştir. Kestane unlu kek özelliklerini iyileştirmek için mısır unu ile birlikte kullanılıp çok iyi sonuçlar alınan patates nişastasının kullanma olanaklarının araştırılmasına karar verilmiştir. Ön denemelerde patates nişastası olumlu sonuçlar verince deneme desenine dahil edilmiştir. Ön denemeler sonucunda

kullanılacak toplam un kaynağı içerisindeki kestane unu oranı % 70–90, patates nişastası oranı ise % 10–30 olarak belirlenmiştir. En iyi özelliklere sahip kestane unu tabanlı glutensiz kek formülü (KFK) elde edebilmek için Çizelge 4.7'deki YYY deneme deseni kullanılmıştır.

Çizelge 4.6. Mısır formülü keki (MFK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni

Deneme	Mısır unu (g)*	Su (g)**	Gam***
1	1.00	1.00	-1.00
2	-1.00	-1.00	-1.00
3	1.00	-1.00	1.00
4	0.00	0.00	0.00
5	-1.00	1.00	1.00
6	1.00	-1.00	-1.00
7	-1.00	1.00	-1.00
8	0.00	0.00	0.00
9	1.00	1.00	1.00
10	-1.00	-1.00	1.00
11	-1.67	0.00	0.00
12	0.00	0.00	1.67
13	0.00	-1.67	0.00
14	0.00	1.67	0.00
15	0.00	0.00	0.00
16	1.67	0.00	0.00
17	0.00	0.00	-1.67

\*100g mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (g) oranıdır. 1= 70 g; 0=50 g; -1= 30 g; 1.67= 83.5 g ; -1.67= 16.5 g

\*\*100g mısır unu + patates nişastası karışımına ilave edilen su (g) miktarıdır. 1= 110 g; 0=100 g; -1= 90 g; 1.67= 116.7 g ; -1.67= 83.3 g

\*\*\*1= % 0.3 guar gam; -1= % 0.3 ksantan gam; 1.67= % 0.5 guar gam; -1.67= % 0.5 ksantan gam; 0= % 0.15 guar gam + % 0.15 ksantan gam karışımını ifade etmektedir. Tüm gam oranları 100g mısır unu + patates nişastası karışımına göredir.

Çizelge 4.7. Kestane formülü keki (KFK) için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) deneme deseni

Deneme	Kestane unu (g)*	Su (g)**	Gam***
1	-1.00	1.00	1.00
2	-1.00	-1.00	-1.00
3	1.00	-1.00	1.00
4	1.00	1.00	-1.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	-1.00	1.00	-1.00
8	1.00	-1.00	-1.00
9	-1.00	-1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00
11	0.00	0.00	1.67
12	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	-1.67
14	1.67	0.00	0.00
15	-1.67	0.00	0.00
16	0.00	1.67	0.00
17	0.00	-1.67	0.00

\*100g kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (g) oranıdır. 1= 90 g; 0= 80 g; -1= 70 g; 1.67= 96.7 g ; -1.67= 63.3 g

\*\*100g kestane unu + patates nişastası karışımına ilave edilen su (g) miktarıdır. 1=120 g; 0=110 g; -1= 100 g; 1.67= 126.7 g ; -1.67= 93.3 g

\*\*\*1= % 0.3 guar gam; -1= % 0.3 ksantan gam; 1.67= % 0.5 guar gam; -1.67= % 0.5 ksantan gam; 0= % 0.15 guar gam + % 0.15 ksantan gam karışımını ifade etmektedir. Tüm gam oranları 100g kestane unu + patates nişastası karışımına göre dir.

Yukarıda verilen dört deneme desenine (kontrol ve üç farklı un kaynaklı glütensiz kek) göre formül optimize etmek için kullanılan bileşenlerin hamur (yoğunluk, kıvam, pH) ve kek özellikleri (özgül hacim, dış özellik, iç özellik, simetri indeksi, hacim indeksi, pişme kaybı, çekme miktarı) ile tekstürel özellikler (sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, esneklik) üzerine etkileri değerlendirilmiş ve kontrol kek özelliklerine en yakın formülleri belirlenmiştir.

#### 4.2.1. Hamur yoğunluğu

Kek hamurunun karıştırılması sırasında tutulan hava miktarının artması hamur yoğunluğunun azalmasına sebep olmaktadır. Hamur yoğunluğunda meydana gelen bu

değişme, üretilecek kekin kabarmasını (hacmini) ve iç gözenek özelliklerini etkiler. Keklerin yoğunluk değerleri üzerine formül bileşenlerinin etkisi üretilen kekler için ayrı ayrı incelenerek değerlendirilmiştir.

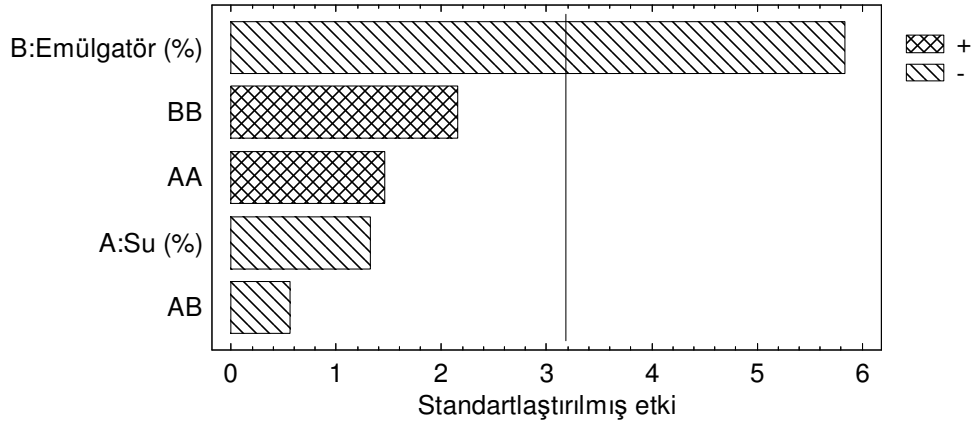
#### 4.2.1.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu kullanılarak hazırlanan KK hamurlarının yoğunluğu 0.64– 0.96 g/ml arasında değişmiş ve bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 1’de verilmiştir. Hamur yoğunluğunda ortaya çıkan toplam farklılığın % 94.99’u su ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkisi ile bu bileşenler arasındaki interaksiyon tarafından açıklanabilmektedir.

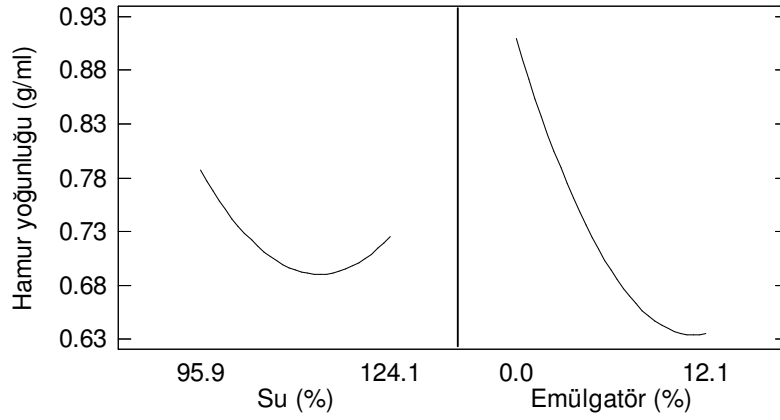
Ek 3. Çizelge 1 ve Şekil 4.4’de de görüldüğü gibi, KK hamur yoğunluğunu etkileyen en önemli faktör formülde kullanılan emülgatör seviyesidir. Formülde kullanılan emülgatör oranının artmasıyla, elde edilen kek hamurlarının yoğunluğu önemli derecede ( $P<0.01$ ) azalmıştır. Öte yandan formülde kullanılan farklı su seviyeleri, su ile emülgatörün kuadratik etkisi ve bileşenler arasındaki interaksiyon kek hamur yoğunluğu açısından istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 1; Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

Şekil 4.4’de faktörlerin hamur yoğunluğu üzerine etkilerine ait standartlaştırılmış Pareto grafikleri verilmiştir. Kek yoğunluğu üzerine deneme faktörlerinin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$Yoğunluk (g/ml) = 4.81643 - 0.0704736 * Su - 0.018169 * Emülgatör + 0.00031784 * Su^2 - 0.00028465 * Su * Emülgatör + 0.00223104 * Emülgatör^2$$



Şekil 4.4. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri



Şekil 4.5. Kontrol keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

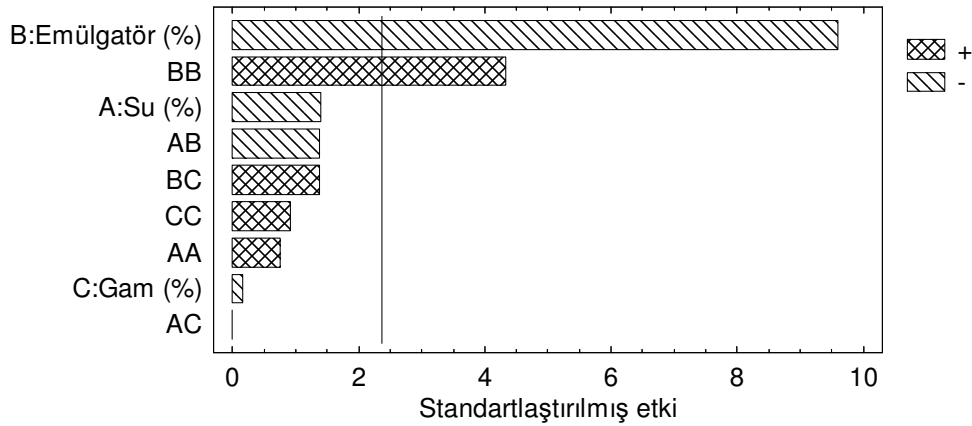
#### 4.2.1.2. Piriç keki (PK)

Piriç unu kullanılarak üretilen kek hamurlarının yoğunluğu 0.72– 1.10 g/ml arasında değişmiştir ve bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 2’de verilmiştir. Kek hamur yoğunluğuna ait toplam farklılığın % 96.22’si modele alınan bileşenler (su, emülgatör ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkisi ve bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

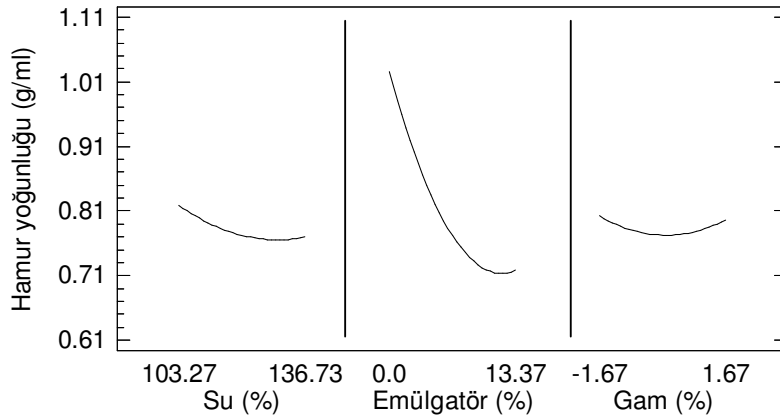
Kek hamuru yoğunluğunu etkileyen en önemli faktör, kontrol kekinde olduğu gibi kullanılan emülgatör seviyesidir (Ek 3. Çizelge 2 ve Şekil 4.6). Formülde kullanılan

emülgatör oranı artıka, elde edilen kek hamurlarının yoğunluğu çok önemli derecede ( $P<0.001$ ) azalmıştır. Bunun yanında emülgatör\*emülgatör kuadratik etkisi de kek hamur yoğunluğunu etkilemektedir ( $P<0.01$ ). Ancak formülda kullanılan farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki değişimin lineer ve kuadratik etkisi ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar kek hamur yoğunluğu açısından istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 2; Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Yoğunluk değerleri üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Yoğunluk} = & 2.0395 - 0.0177635 * \text{Su} - 0.0106869 * \text{Emülgatör} - 0.0250931 * \text{Gam} + 0.0000776 \\ & * \text{Su}^2 - 0.00035 * \text{Su} * \text{Emülgatör} + 0.0 * \text{Su} * \text{Gam} + 0.00222456 * \text{Emülgatör}^2 + \\ & 0.0035 * \text{Emülgatör} * \text{Gam} + 0.00954608 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.6. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri



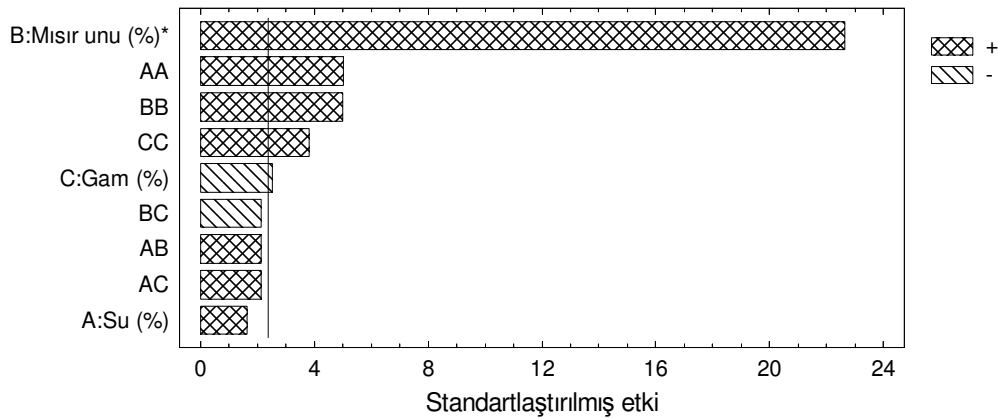
Şekil 4.7. Pirinç keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi



#### 4.2.1.3. Mısır formülü keki (MFK)

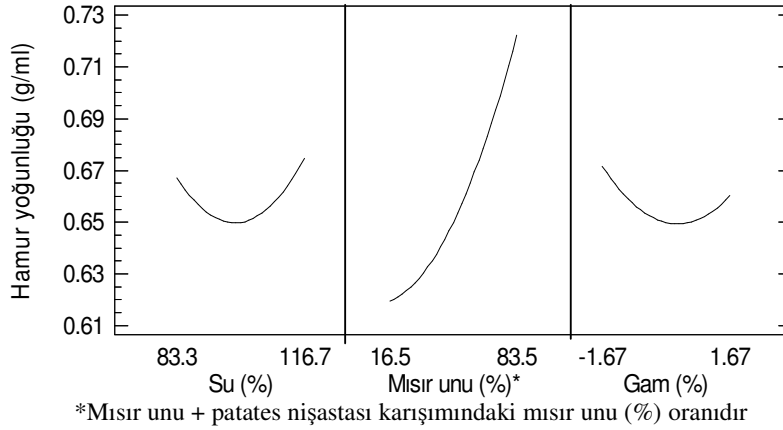
Optimizasyon deneme desenine (Bkz. Çizelge 4.6) göre mısır unu ve patates nişastası kullanılarak hazırlanan kek hamurlarının yoğunluğu 0.62– 0.72 g/ml arasında değişmiştir. Ek 3. Çizelge 3’de de görüldüğü gibi hamur yoğunluğunda meydana gelen değişikliğin % 98.80’i modele alınan bileşenlerin (su, mısır unu+patates nişastası ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Formülde kullanılan mısır unu+patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı artıkça hazırlanan kek hamurlarının yoğunluğu önemli derecede ( $P<0.001$ ) artmıştır. Gam karışımında oluşturulan değişiklikler de kek hamur yoğunluğunu etkilemiştir ( $P<0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 3). En düşük hamur yoğunluğu Şekil 4.9’da da görüldüğü gibi yaklaşık eşit oranlarda ksantan ve guar gam karışımı kullanıldığında elde edilmiştir. Optimizasyonda denenen bileşenlerin kuadratik etkileri  $P<0.01$  düzeyinde önemli iken, bileşenler arasındaki interaksiyonlar ve farklı su seviyelerinin kek hamur yoğunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 3). Şekil 4.8’de faktörlerin hamur yoğunluğuna etkilerine ait etki seviyeleri verilmiştir. Yoğunluk değerleri üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.8. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri



Şekil 4.9. Mısır formülü keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

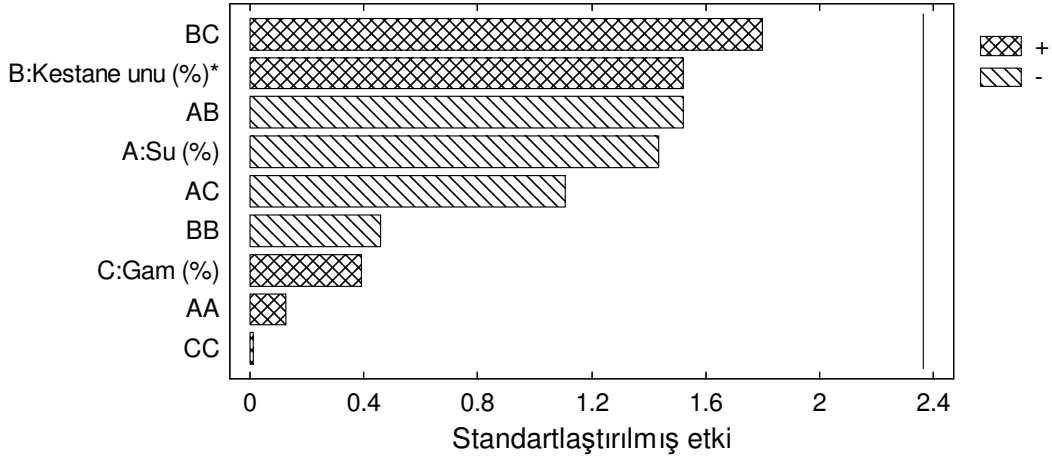
$$\begin{aligned}
 \text{Yoğunluk} = & 1.44478 - 0.0157795 * Su - 0.00221251 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) - 0.03156 \\
 & * Gam + 0.0000753145 * Su^2 + 0.00001875 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\
 & 0.000375 * Su * Gam + 0.0000187117 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - 0.00019 \\
 & * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam + 0.00573863 * Gam^2
 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.4. Kestane formülü keki (KFK)

Kestane unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen kek hamurlarının yoğunluğu ise 0.95– 1.14 g/ml arasında değişmiştir. Modelde alınan bileşenler, bu bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar kek hamur yoğunluğunda meydana gelen değişimleri % 62.39 oranında açıklayabilmektedir ( $R^2=62.39$ ). Şekil 4.10'da faktörlerin hamur yoğunluğuna etkilerine ait etki seviyeleri verilmiştir. Yoğunluk değerleri üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

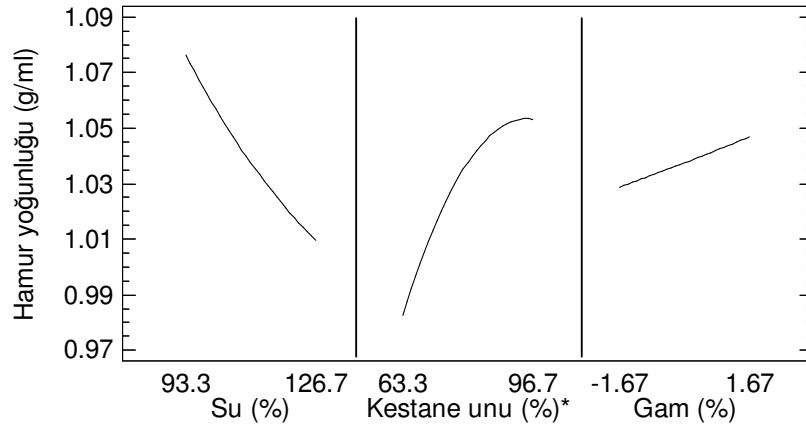
Formüle ilave edilen su miktarı, gam karışımındaki ksantan gam oranı ile kestane unu ve patates nişastası karışımındaki patates nişastası oranının artması hamur yoğunluğunun azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.11). Fakat kullanılan söz konusu bileşenlerin farklı seviyelerinin kek hamur yoğunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 4).

$$\begin{aligned}
 \text{Yoğunluk} = & -1.54997 + 0.0157723 * \text{Su} + 0.043626 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) - \\
 & 0.0345687 * \text{Gam} + 0.000019252 * \text{Su}^2 - 0.000275 * \text{Su} * (\text{Kestane unu} + \text{patates} \\
 & \text{nişastası}) - 0.002 * \text{Su} * \text{Gam} - 0.0000703891 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 \\
 & + 0.00325 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Gam} + 0.000106509 * \text{Gam}^2
 \end{aligned}$$



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.10. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur yoğunluğuna ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.11. Kestane formülü keki üretiminde hamur yoğunluğu üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.1.5. Yoğunluk açısından formüllerin değerlendirilmesi

KK hamurlarının yoğunluğu 0.64–0.96 g/ml, PK hamurlarının yoğunluğu 0.72–1.10 g/ml, MFK hamurlarının yoğunluğu 0.62– 0.72 g/ml ve KFK hamurlarının yoğunluğu ise 0.95– 1.14 g/ml arasında değişmiştir.

Kontrol ve pirinç unu keklerinin optimizasyonunda görüldüğü gibi kek hamurlarının yoğunluklarında kullanılan emülgatör seviyelerinin oldukça önemli etkileri bulunmaktadır. Formüle emülgatör ilavesi gaz tutma kapasitesini arttırmakta ve dolayısıyla hamur yoğunluğu azalmaktadır (Turabi ve ark., 2008a). Formülde kullanılan mısır unu oranının artması yoğunluğu arttırmaktadır. Farklı unlar ile birlikte kullanılan gam karışımının hamur yoğunluğuna etkisi farklılık göstermektedir.

Yapılan farklı çalışmalarda hazırlanan kek hamurlarının yoğunlukları 0.78-0.92 arasında değişmiştir. Yıldız (2002) yaptığı çalışmada ürettiği kek hamurlarının yoğunluklarını 0.78–0.80 g/ml, Çelik ve Kotancılar (1998) 0.84–0.92 g/ml, Akbaş (2009) ise 0.82–0.90 g/ml olarak belirlemişlerdir. Sowmya ve ark. (2009) kek hamurlarının yoğunluğunu 0.78 g/ml, ve Akbulut ve Bilgiçli (2010) ise 0.91 g/ml olarak hesaplamıştır.

#### 4.2.2. Kıvam

Konik uçlu başlığın hamura dalan kısmı (mm\*10) kontrol ve glütensiz kek hamurlarının kıvamında meydana gelen değişikliklerin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Konik ucun hamur içerisine dalma oranının artması karşılaştığı direncin az olduğu ve dolayısıyla kıvamın düşük olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile penetrometre cihazı ile ölçülen değer küçük olması hamurun kıvamlı olduğunu göstermektedir.

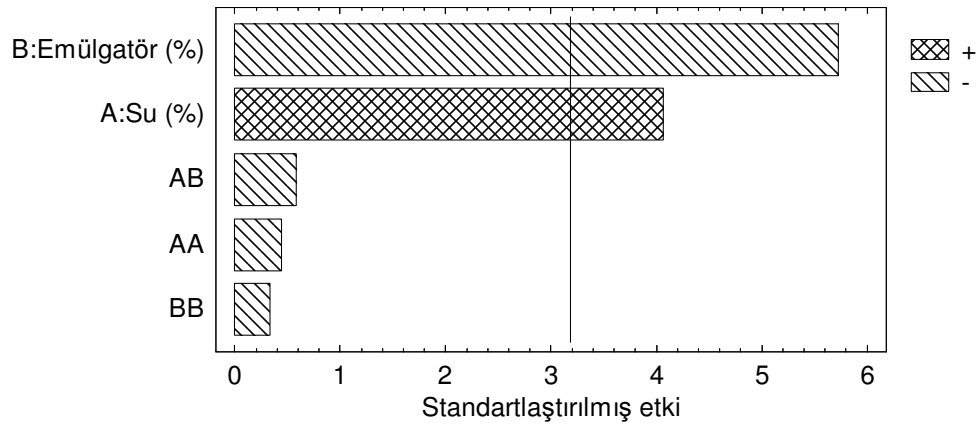
#### 4.2.2.1. Kontrol keki (KK)

Üretilen KK hamurlarının kıvamı 229.4–297.4 mm arasında değişmiştir. Kek hamur kıvamında meydana gelen farklılığın önemli bir kısmı (% 94.72) modele dahil edilen bileşenlerin (su ve emülgatör) lineer ve kuadratik etkisi ile bileşenler arasındaki interaksiyon tarafından açıklanabilmektedir.

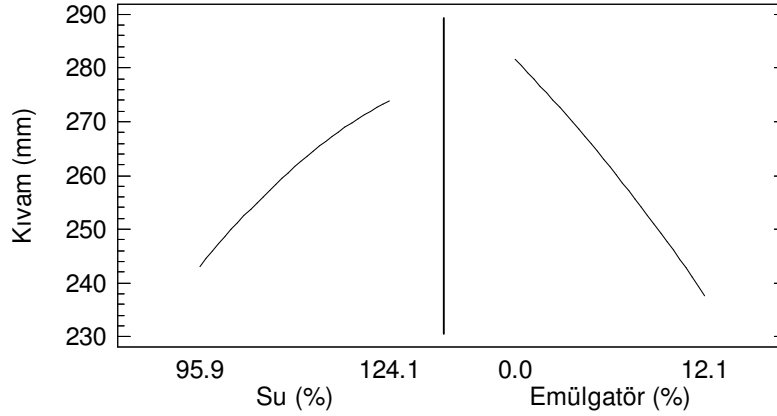
Ek 3. Çizelge 5’de modele dahil edilen bileşenlerin kek hamur kıvamı üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.12’de ise bu bileşenlerin hamur kıvamına olan etkilerine ait etki seviyeleri verilmiştir.

Kontrol kek üretimi için hazırlanan hamurların kıvamı üzerine, formülde kullanılan farklı su ve emülgatör seviyelerinin etkileri Ek 3. Çizelge 5’de de görüldüğü gibi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Su miktarının artması ile konik ucun hamura dalma oranı (mm) artmış ve dolayısıyla hamur kıvamı azalmıştır. Buna karşın artan emülgatör seviyesi daha fazla hava tutulmasını sağladığından hamur kıvamında artışa neden olmaktadır. (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonun hamur kıvamına etkileri ise  $P < 0.05$  düzeyinde önemsiz bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 5 ve Şekil 4.12). Faktörlerin kek hamur kıvamına etkilerini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\text{Kıvam} = -50.7288 + 4.69614 * \text{Su} + 1.65523 * \text{Emülgatör} - 0.0152305 * \text{Su}^2 - 0.042 * \text{Su} * \text{Emülgatör} - 0.0553404 * \text{Emülgatör}^2$$



Şekil 4.12. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri



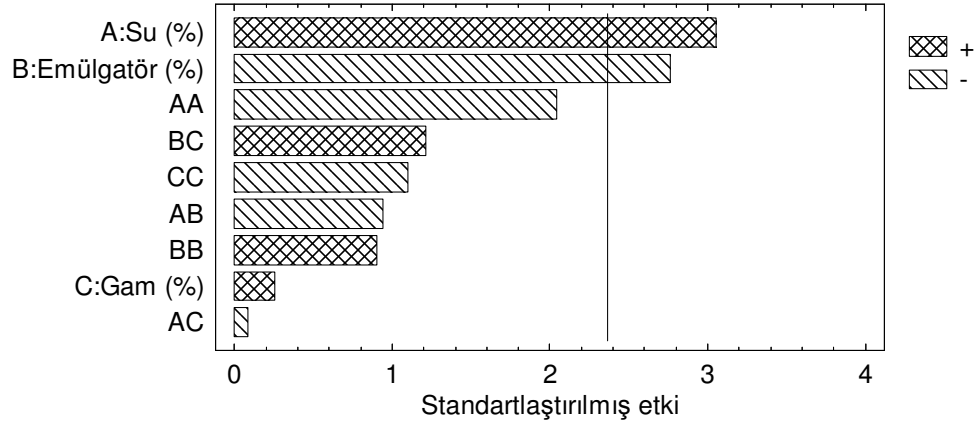
Şekil 4.13. Kontrol keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.2.2. Pirinç keki (PK)

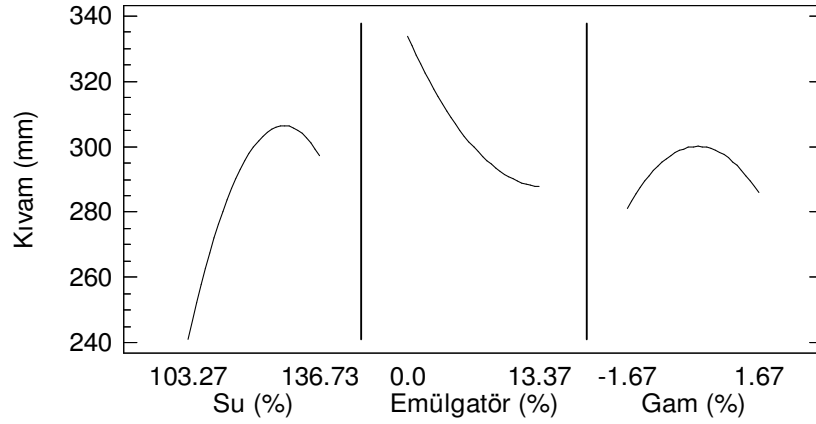
Üretilen pirinç keki hamurlarının kıvamı 217.5–348.0 mm arasında değişmiştir. Kek hamur kıvamına ait toplam farklılığın % 81.57'si modeldeki bileşenler (su, emülgatör ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkisi ve bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Hazırlanan pirinç keki hamurlarının kıvamı kontrol kek hamurunda olduğu gibi formüldeki su ve emülgatör seviyelerinden oldukça fazla etkilenmektedir. Su miktarının artması hamur kıvamını azaltırken, artan emülgatör seviyesi kıvamı arttırmaktadır (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15). Bu bileşenlerin kek hamur kıvamı üzerindeki etkileri Ek 3. Çizelge 6'da da görüldüğü gibi istatistiksel olarak da çok önemli bulunmuştur ( $P < 0.001$ ). Gam karışımında guar gam veya ksantan gam lehine meydana gelen değişikliğin hamur kıvamına etkisi benzer olmakta ve hamur kıvamının artmasına neden olmaktadır. Ancak, kullanılan gam karışımındaki değişiklikler ve test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonların hamur kıvamına etkileri  $P < 0.05$  düzeyinde önemsizdir (Ek 3. Çizelge 6 ve Şekil 4.14). Kek hamur kıvamı üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Kivam = -1552.5 + 28.9307 * Su + 8.19744 * Emülgatör - 2.44232 * Gam - 0.110103 * Su^2 - 0.124 * Su * Emülgatör - 0.05625 * Su * Gam + 0.24055 * Emülgatör^2 + 1.5875 * Emülgatör * Gam - 5.92082 * Gam^2$$



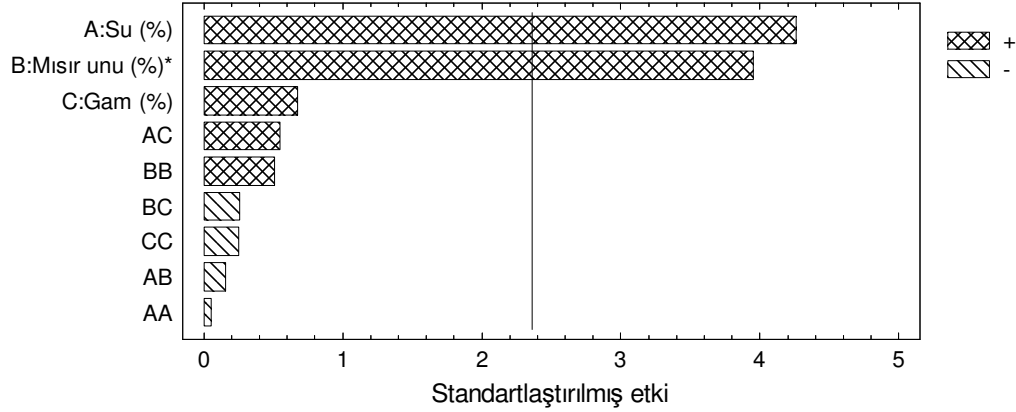
Şekil 4.14. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri



Şekil 4.15. Pirinç keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.2.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak hazırlanan glutensiz kek hamurlarının kıvamı 252.5 ile 304.3 mm arasında değişmiştir. Kek hamur kıvamında meydana gelen toplam farklılığın önemli bir kısmı (% 83.36) modeldeki bileşenlerin (su, kestane unu+patates nişastası ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Bu bileşenlerin kek hamur kıvamına etkilerine ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 7'de ve standartlaştırılmış Pareto grafiği ise Şekil 4.16'da sunulmuştur.



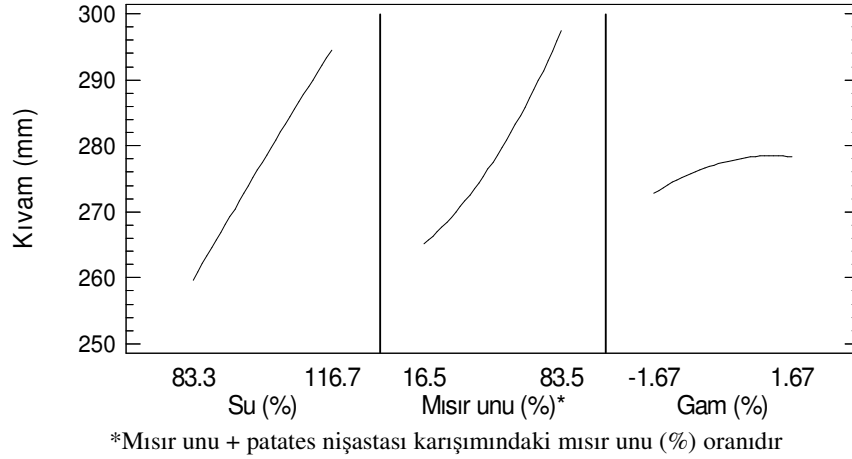
\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.16. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri

Formülde kullanılan mısır unu+patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı ile su miktarının artması konik ucun hamur içerisine daha çok batmasına neden olmakta ve dolayısıyla hamur kıvamını azaltmaktadır (Şekil 4.17). Bu bileşenlerin kek hamur kıvamına etkileri  $P < 0.01$  düzeyinde istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 7). Öte yandan formülde kullanılan farklı gam karışımları ve test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonların hamur kıvamına etkileri önemsizdir ( $P < 0.05$ , Ek 3. Çizelge 7 ve Şekil 4.16). Faktörlerin kek hamur kıvamı üzerindeki etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{Kıvam} = & 130.996 + 1.45164 * Su + 0.390763 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) - 13.7863 * \text{Gam} \\
 & - 0.00142656 * Su^2 - 0.0025 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + 0.175 * Su * \text{Gam} \\
 & + 0.0034188 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - 0.04125 * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\
 & \text{nişastası}) * \text{Gam} - 0.680503 * \text{Gam}^2
 \end{aligned}$$





Şekil 4.17. Mısır formülü keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

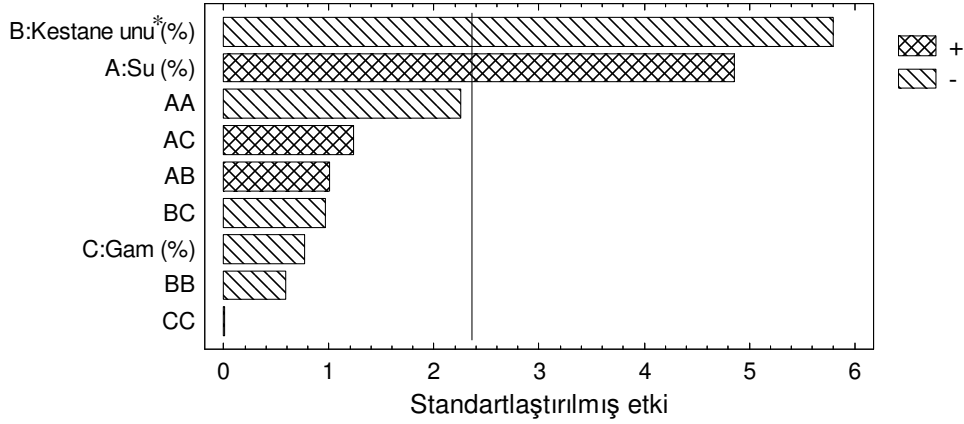
#### 4.2.2.4. Kestane formülü keki (KFK)

Üretilen kek hamurlarının kıvamı 201.0–279.5 mm arasında değişmiştir. Kek hamur kıvamında meydana gelen varyasyonun % 90.52'si modeldeki bileşenler (su, kestane unu+patates nişastası ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkileri ve bileşenler arasındaki interaksyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Ek 3. Çizelge 8'de glütensiz kek formülünde modele dahil edilen bu bileşenlerin kek hamur kıvamına etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.18'de ise etkilerin önem seviyesini gösteren Pareto grafiği verilmiştir.

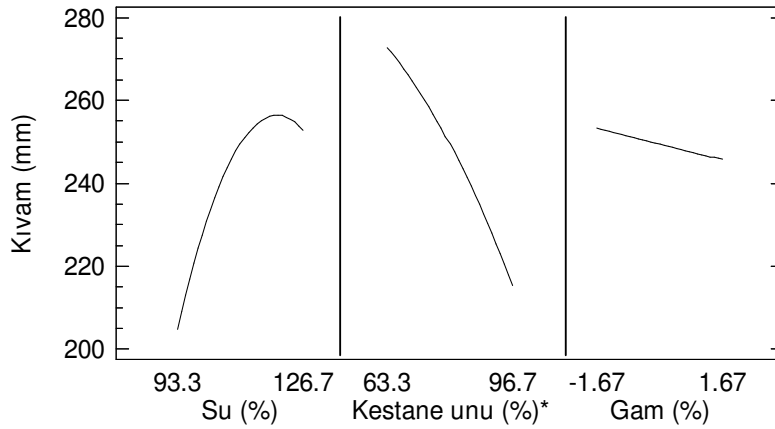
Formülde kullanılan kestane unu+patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı artıça konik ucun hamur içerisine batmasına karşı gösterilen direnç artmaktadır. Bundan dolayı elde edilen kek hamurlarının kıvamı artmaktadır. Su miktarının artması ise diğer keklerde olduğu gibi hamur kıvamını azaltmaktadır (Şekil 4.19). Bu bileşenlerin hamur kıvamı üzerine etkileri istatistiksel olarak da önemlidir ( $P < 0.001$ ). Öte yandan formülde kullanılan gam karışımındaki farklılık ve test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksyonların hamur kıvamına etkileri önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 8 ve Şekil 4.18). Faktörlerin kek hamur kıvamını üzerindeki etkilerini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 Kivam = & -451.446 + 14.6456 * Su - 2.87428 * (Kestane unu + patates nişastası) - 24.5306 * Gam \\
 & - 0.0741156 * Su^2 + 0.03875 * Su * (Kestane unu + patates nişastası) + 0.475 * Su \\
 & * Gam - 0.0194345 * (Kestane unu + patates nişastası)^2 - 0.375 * (Kestane unu + \\
 & patates nişastası) * Gam + 0.033102 * Gam^2
 \end{aligned}$$



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.18. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hamur kıvamına ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.19. Kestane formülü keki üretiminde hamur kıvamı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.2.5. Kıvam açısından formüllerin değerlendirilmesi

En iyi kek özellikleri kıvamın KK için 260–275 mm, PK için 295–300 mm, MFK için 275–285 mm ve KFK için ise 240–250 mm aralığında olduğu zaman elde edilmiştir.

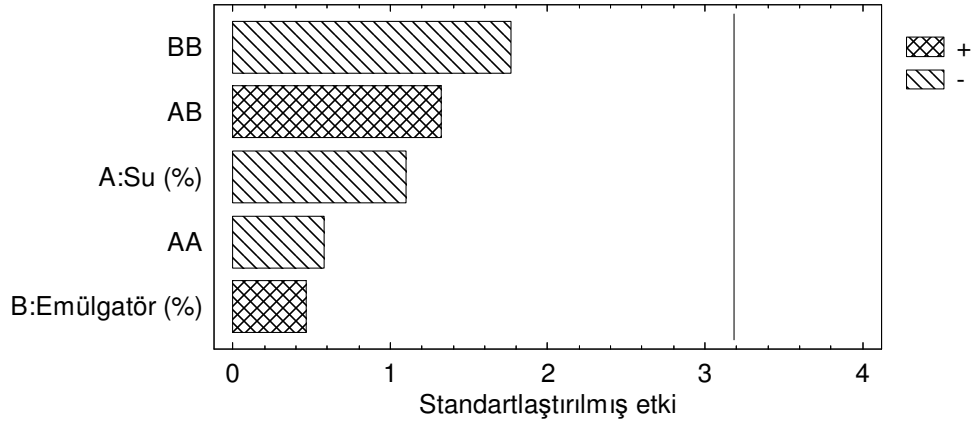
Kontrol kek ile pirinç unu kullanılarak hazırlanan glutensiz keklerde formüldeki artan emülgatör seviyeleri hamur kıvamını arttırmaktadır. Çünkü kullanılan emülgatör hava ve su arasındaki yüzey gerilimini düşürerek hamur akıcılığı azaltmakta ve suyun tutulmasına yardımcı olmaktadır. Bu bulgu Sahi ve Alava (2003) tarafından da ifade edilmektedir. Pirinç unu ile hazırlanan glutensiz kek formülünde bulunan gam karışımında guar gam veya ksantan gam lehine meydana gelen değişiklikler ise hamur kıvamını arttırmaktadır. Bu durum gamların ortamdaki suyu tutmaları ile ilişkili olabilir. Ronda ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada gam ilavesinin yüksek su tutma kapasitesinden dolayı hamur viskozitesini arttırdığını belirlemişlerdir. Un kaynağı olarak mısır unu ve patates nişastası karışımı kullanılan glutensiz keklerde karışımdaki mısır unu oranının artması hamur kıvamını azaltmaktadır. Kestane unu ve patates nişastası karışımı kullanılan glutensiz keklerde ise karışımdaki kestane unu oranı arttıkça elde edilen kek hamurlarının kıvamı artmaktadır. Kullanılan dört formülde de su miktarının artması ile hamur kıvamı azalmaktadır.

#### 4.2.3. Kek hamurlarında pH değerinin ölçümü

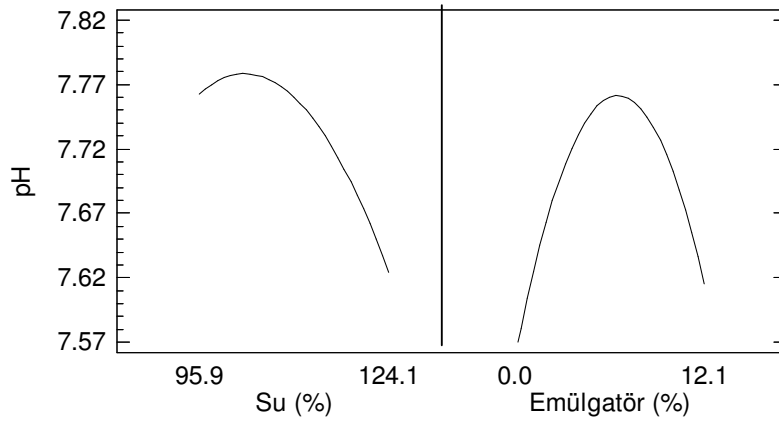
Kek hamurlarının pH'sı daha çok formülde kullanılan kabartma tozlarının bileşiminden etkilenmektedir. Son ürünün iç rengi pH'ya bağlı olarak değişebilir. Düşük pH'da kek gözenek rengi beyazlaşırken, yüksek pH'da renk koyulaşmaktadır (Yıldız ve Doğan, 2009b). Bu çalışmada üretilen tüm keklerde aynı kabartma tozu sabit oranda kullanıldığı için daha çok formüllerde kullanılan farklı bileşenlerin pH'ya etkileri incelenmiştir.

#### 4.2.3.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu kullanılarak üretilen kontrol kek hamurlarının pH değeri 7.31 ile 7.80 arasında değişmiştir. Ek 3. Çizelge 9'da modeldeki faktörlerin hamur pH değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.20'de ise standartlaştırılmış Pareto grafiği verilmiştir. Genel olarak formülde kullanılan su oranı arttıkça hamur pH değeri düşmektedir (Şekil 4.21). Fakat formülde kullanılan su ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkileri ile bu iki bileşenin interaksiyonunun hamur pH'sına etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 9). Faktörlerin kek hamur pH'sına etkilerini açıklayan polinomial modele ait eşitlik de aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.20. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri



Şekil 4.21. Kontrol keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

$$pH = 5.10709 + 0.0591024 * Su - 0.11332 * Em\ulgat\or - 0.000334894 * Su^2 + 0.0016 * Su * Em\ulgat\or - 0.0047816 * Em\ulgat\or^2$$

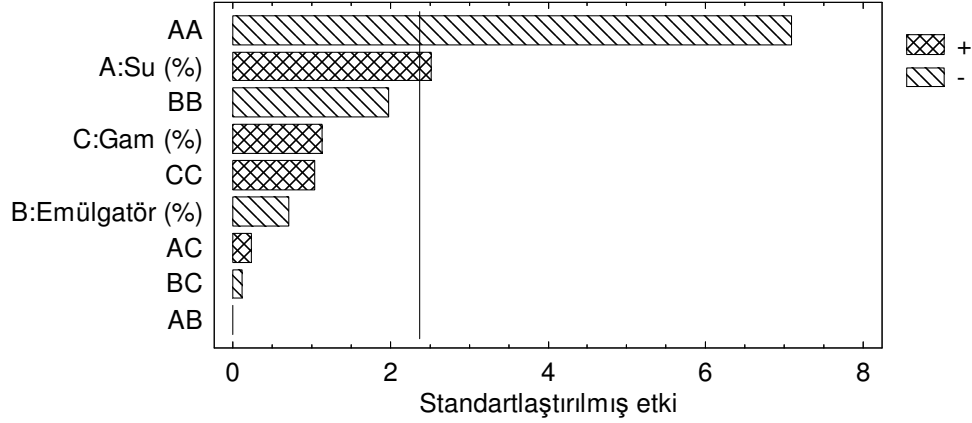
#### 4.2.3.2. Pirinç keki (PK)

Pirinç unu kullanılarak hazırlanan glütensiz kek hamurlarının pH değeri 7.23 ile 7.83 arasında değişmiştir. pH değerinde meydana gelen farklılığın % 91.09'u modeldeki bileşenlerin (su, emülgatör ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkisi ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

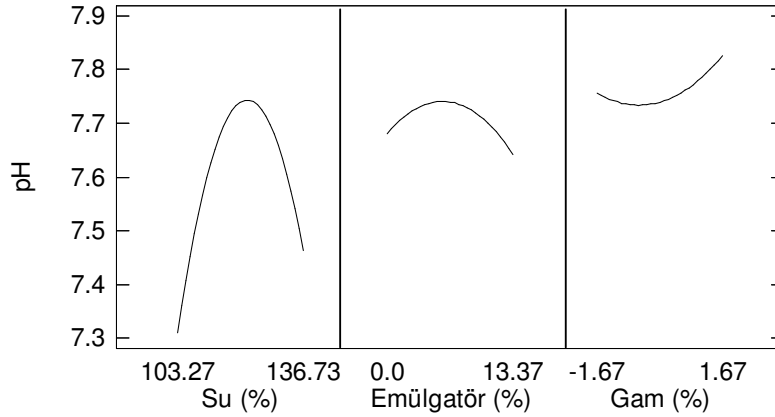
Hamur pH değerine ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 10'da ve standartlaştırılmış Pareto grafiği ise Şekil 4.22'de verilmiştir.

Formülde kullanılan su oranı arttıkça hamur pH'sı da istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P < 0.05$ ) artmaktadır. Fakat suyun kuadratik etkisinin daha etkili olduğu ( $P < 0.001$ ) ve hamur pH'sını düşürdüğü görülmektedir. PK optimizasyonunda kullanılan suyun diğer formüllerden farklı olarak bu kadar etkili olması kullanım aralığı (% 110-130) ile ilişkili olabilir. Ayrıca kullanılan kabartma tozunun bileşiminde bulunan  $NaHCO_3$ 'ün başlangıçta çözünmesi ile birlikte hamur pH'sında bir miktar artış meydana gelebilir. Daha sonra kabartma asidinin kısmen reaksiyona girmesiyle nötralizasyondan dolayı pH düşmeye başlayabilmektedir. Diğer yandan formülde kullanılan emülgatör seviyelerinin, farklı gam karışımlarının ve test edilen bileşenlerin diğer kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonların hamur pH'sına etkileri önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Şekil 4.22. ve Ek 3. Çizelge 10). Kek hamur pH'sı üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$pH = -11.0329 + 0.307324 * Su + 0.0204079 * Em\ulgat\or - 0.0361324 * Gam - 0.00126 * Su^2 + 0.0 * Su * Em\ulgat\or + 0.0005 * Su * Gam - 0.0017425 * Em\ulgat\or^2 - 0.0005 * Gam * Em\ulgat\or + 0.0184998 * Gam^2$$



Şekil 4.22. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri



Şekil 4.23. Pirinç keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

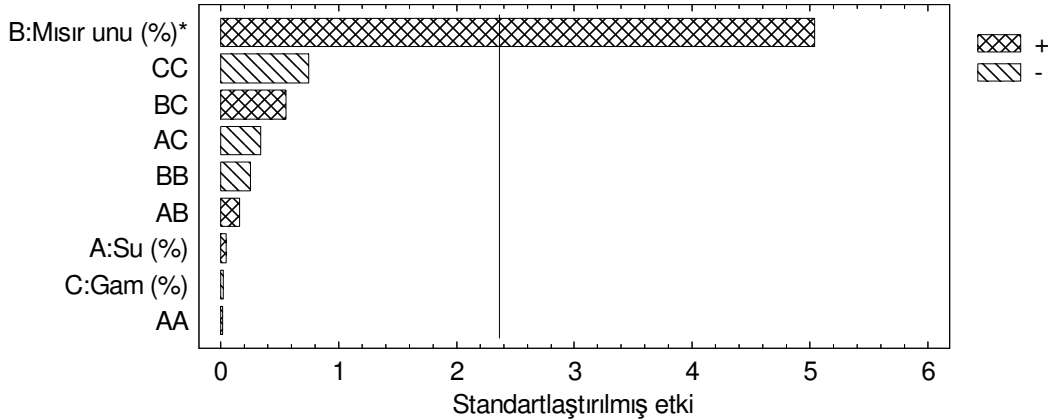
#### 4.2.3.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak hazırlanan glutensiz kek hamurlarının pH değeri 7.29 ile 8.17 arasında değişmiştir. Farklılığın önemli bir kısmı (% 79.09) modeldeki bileşenler (su, kestane unu+patates nişastası ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkisi ve bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Ek 3. Çizelge 11'de modeldeki bileşenlerin hamur pH değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.24'de ise bu etkilerin etki seviyeleri Pareto grafiğinde verilmiştir.

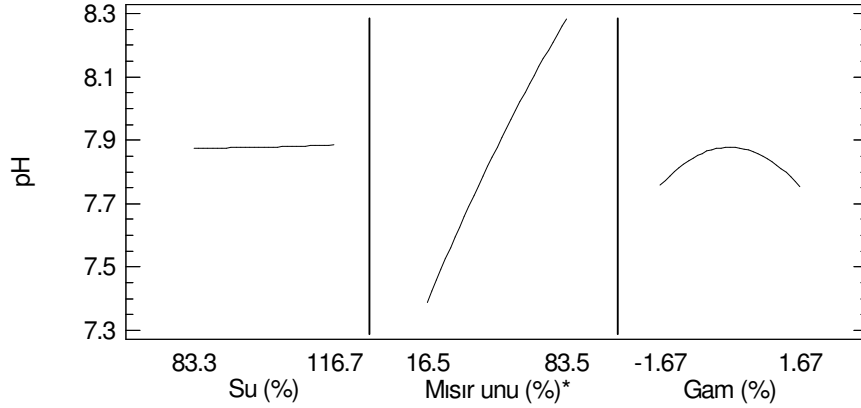
Formülde kullanılan mısır unu+patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı arttıkça hamur pH'sı artmakta olup (Şekil 4.25), bu artış istatistiksel olarak da  $P<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 11). Aslında bu artış formülde kullanılan patates nişastasının seçiminde ne kadar isabetli bir karar alındığını da göstermektedir. Çünkü pH'nın artışı ile birlikte acılaşıma artacaktır. Burada patates nişastasının tamponlayıcı bir etki gösterdiği söylenebilir. Öte yandan formülde kullanılan su seviyeleri, farklı gam karışımları ve test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonların hamur pH'sına etkileri önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 11 ve Şekil 4.24). Kek hamur pH'sı üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$pH=7.46079-0.00437085*Su+0.0115092*(Mısır\ unu+patates\ nişastası)+0.139174*Gam+0.00000914692*Su^2+0.00005625*Su*(Mısır\ unu+patates\ nişastası)-0.002375*Su*Gam-0.0000375097*(Mısır\ unu+patates\ nişastası)^2+0.0019375*(Mısır\ unu+patates\ nişastası)*Gam-0.0439058*Gam^2$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

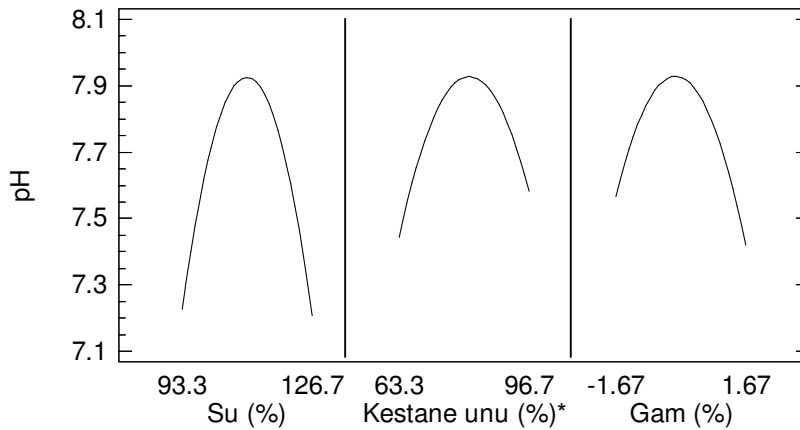
Şekil 4.24. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri



Şekil 4.25. Mısır formülü keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.3.4. Kestane formülü keki (KFK)

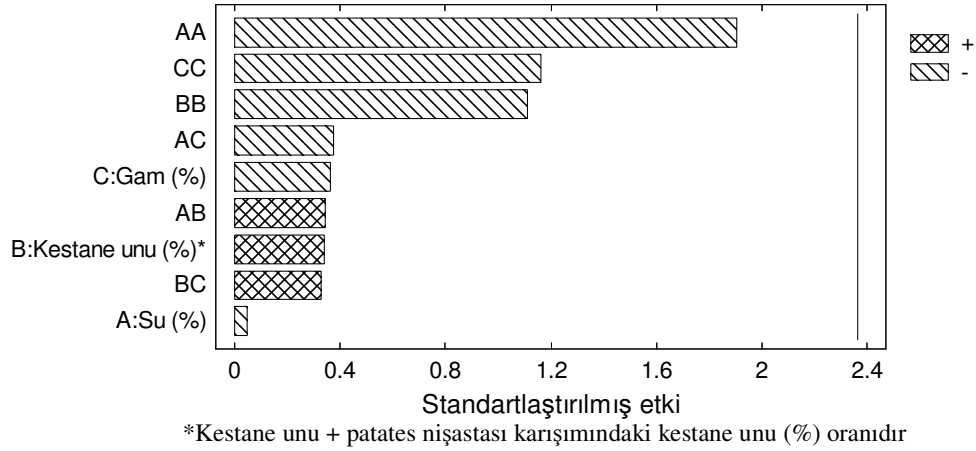
Kestane unu ile birlikte patates nişastası kullanılarak hazırlanan glutensiz kek hamurlarının pH değeri 7.02 ile 8.02 arasında değişmiştir. Modele dahil edilen faktörlerde meydana gelen değişikliklerin etkisi kek hamur pH'sında parabol grafikleri oluşturmuştur. (Şekil 4.26). Fakat Ek 3. Çizelge 12 ve Şekil 4.27'de de görüldüğü gibi tüm faktörlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarının kek hamur pH'sına etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Kek hamur pH'sı üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.26. Kestane formülü keki üretiminde hamurun pH'sı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi



$$pH = -27.7571 + 0.514371 * Su + 0.181482 * (Kestane unu + patates nişastası) + 0.192481 * Gam - 0.00253606 * Su^2 + 0.0005375 * Su * (Kestane unu + patates nişastası) - 0.005875 * Su * Gam - 0.0014783 * (Kestane unu + patates nişastası)^2 + 0.005125 * (Kestane unu + patates nişastası) * Gam - 0.15461 * Gam^2$$



Şekil 4.27. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek hamur pH'sına ait etki seviyeleri

#### 4.2.3.5. Formüllerin pH açısından değerlendirmesi

Kontrol keki üretiminde genel olarak formülde kullanılan su oranı arttıkça hamur pH değeri düşmektedir. Kullanılan emülgatör miktarının bir noktaya kadar artışı hamur pH'sını arttırırken (yaklaşık % 6 emülgatör), sonrasındaki artış kek hamur pH'sını azaltmaktadır. Pirinç unu kullanılarak üretilen keklerde hamur pH değeri daha çok suyun kuadratik etkisinden önemli derecede değişmektedir. Bu durum kullanılan su seviyesinin diğer formüllerden fazla olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca yukarıda bahsedildiği gibi kabartma tozu bileşenlerinin çözünme ve reaksiyon özellikleri ile de ilişkilendirilebilir. Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen keklerde karışımındaki mısır unu oranı arttıkça hamur pH'sı da artmaktadır. Bunun yanında patates nişastası ters etki göstermektedir. Bu durum formülde kullanılan patates nişastasının seçiminde ne kadar isabetli bir karar alındığını da göstermektedir. Kestane unu ve patates nişastası kullanılarak hazırlanan glütensiz keklerde ise faktörlerin

kuadratik etkileri istatistiksel olarak önemsiz olan parabol grafikleri oluşturmuştur. Alp ve Bilgiçli (2008) tarafından farklı protein kaynakları kullanılarak üretilen buğday keklerinin pH değeri 6.99–7.20 arasında değişmiştir. Akbulut ve Bilgiçli (2010) tarafından yapılan bir çalışmada ise buğday unu ile üretilen kontrol keklerinin belirlenen pH değeri (7.88) bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.2.4. Özgül hacim

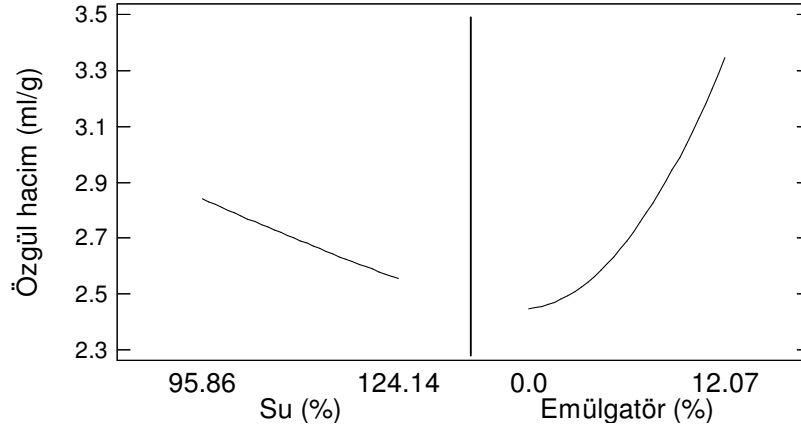
##### 4.2.4.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu kullanılarak hazırlanan kontrol keklerinin özgül hacimleri 2.23–3.38 ml/g arasında değişmiştir. Özgül hacimdeki farklılığın % 86.39'u modele dahil edilen su ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkileri ile bu bileşenler arasındaki interaksiyon tarafından açıklanabilmektedir. Bu faktörlerin kek özgül hacmine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 13'de verilmiştir.

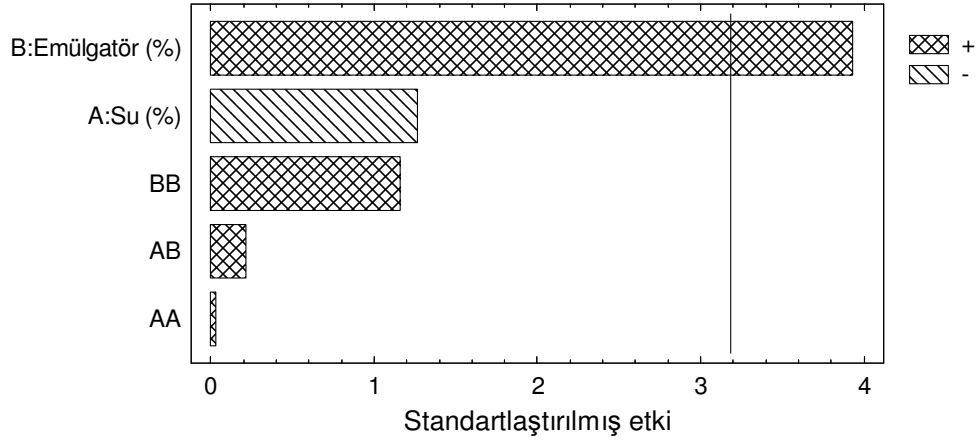
Formülde kullanılan emülgatör oranı artıkça elde edilen keklerin özgül hacmi artarken, kullanılan su seviyesinin artması özgül hacmi azaltmaktadır (Şekil 4.28). Fakat üretilen kontrol keklerinin özgül hacmini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkileyen tek faktör kullanılan emülgatör seviyesidir ( $P < 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 13 ve Şekil 4.29).

Şekil 4.29'da modele dahil edilen faktörlerin kek özgül hacmi üzerine etkilerinin etki seviyeleri verilmiştir. Özgül hacim değerleri üzerinde faktörlerin etkilerini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$\text{Özgül hacim} = 4.27283 - 0.0202559 * Su - 0.045219 * \text{Emülgatör} + 0.0000332012 * Su^2 + 0.00047 * Su * \text{Emülgatör} + 0.00562554 * \text{Emülgatör}^2$$



Şekil 4.28. Kontrol keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi



Şekil 4.29. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri

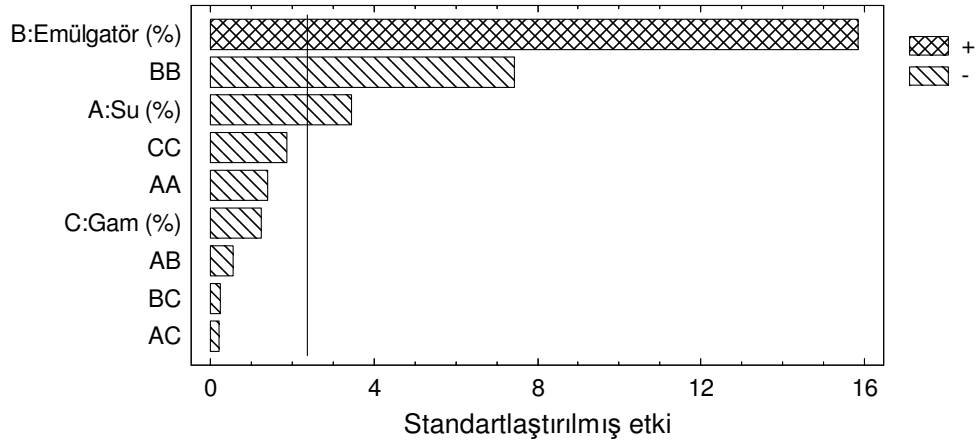
#### 4.2.4.2. Pirinç keki (PK)

Pirinç unu kullanılarak optimize edilen glutensiz kek örneklerinin özgül hacimleri 1.58–2.99 ml/g arasında değişmiştir. Bu keklerde özgül hacimde meydana gelen farklılığın % 98.61'i su, pirinç unu ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki etkileşimler tarafından açıklanabilmektedir.

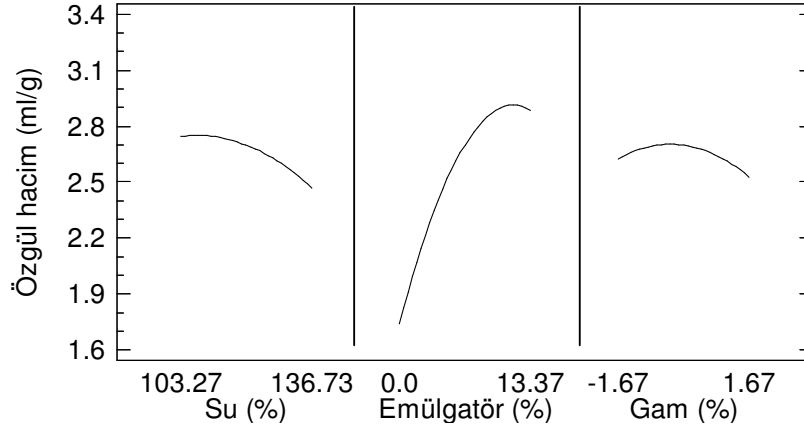
Ek 3. Çizelge 14'de kek özgül hacmine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.30'da ise faktörlerin kek özgül hacmine olan etkilerinin önem seviyesi verilmiştir. Kek özgül hacmini etkileyen en önemli faktör kullanılan emülgatördür (Şekil 4.30).

Formülde kullanılan emülgatör oranı arttıkça elde edilen keklerin özgül hacmi önemli derecede ( $P<0.001$ ) artmaktadır (Şekil 4.31). Ayrıca kek özgül hacmini formülde kullanılan farklı su seviyeleri  $P<0.05$  ve emülgatörün kuadratik etkisi ise  $P<0.001$  düzeyinde etkilemektedir. Fakat bu etkiler olumsuz olmakta yani kek özgül hacmini azaltmaktadır. Formülde kullanılan gam karışımındaki değişiklikler, emülgatör dışında test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki tüm interaksiyonların kek özgül hacmine etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 14; Şekil 4.30 ve Şekil 4.31). Kek özgül hacmi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Özgül hacim} = & -2.20662 + 0.0719057 * Su + 0.238827 * \text{Emülgatör} + 0.0482887 * \text{Gam} - 0.0003 \\ & * Su^2 - 0.00031 * Su * \text{Emülgatör} - 0.000575 * Su * \text{Gam} - 0.0086 * \text{Emülgatör}^2 - \\ & 0.0013 * \text{Emülgatör} * \text{Gam} - 0.0436998 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.30. Piriş kekü üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri



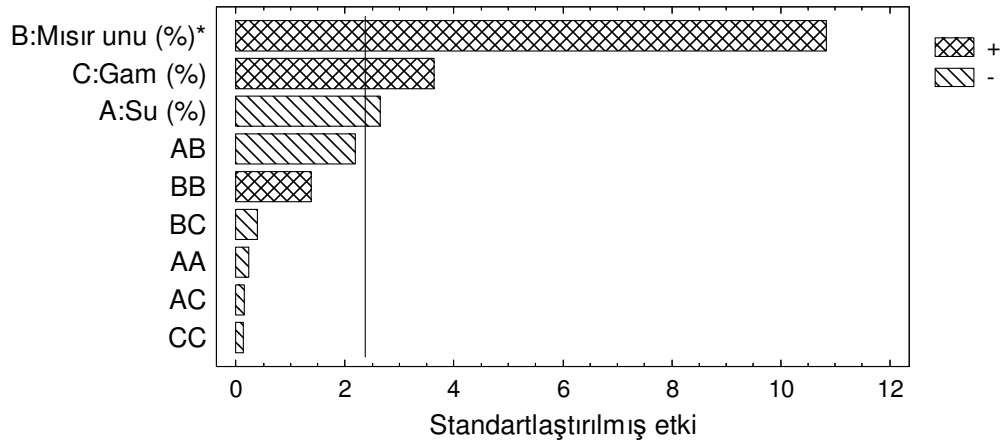
Şekil 4.31. Pirinç keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.4.3. Mısır formülü keki (MFK)

Un kaynağı olarak mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz keklerinin özgül hacimleri 2.24–3.37 ml/g arasında değişmiştir. Bu glutensiz keklerin özgül hacimlerine ait toplam farklılığın önemli bir kısmı (% 95.40) su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımının lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Kek özgül hacmine ait varyans analiz sonuçları (Ek 3. Çizelge 15) ve faktörlerin kek özgül hacmine olan etkilerine ait etki seviyeleri (Şekil 4.32) verilmiştir.

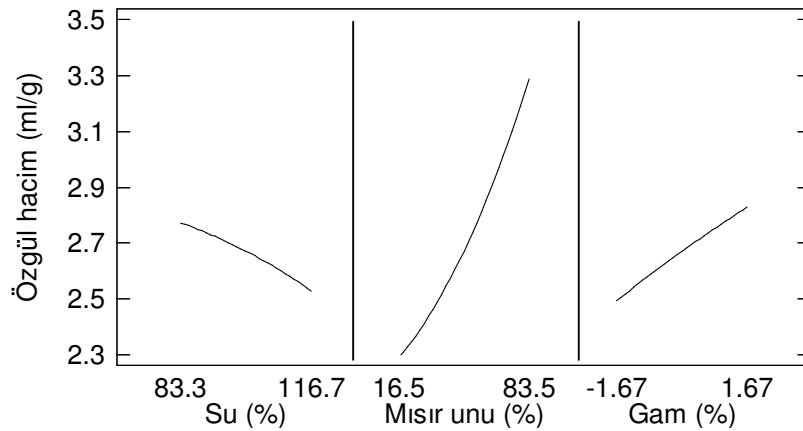
Formülde kullanılan mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı arttıkça elde edilen keklerin özgül hacmi önemli derecede artmıştır ( $P < 0.001$ ). Bunun yanında gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça kek özgül hacmi artarken ( $P < 0.01$ ), su oranının artması ise kek özgül hacmini azaltmaktadır ( $P < 0.05$ ). Buna karşın formülde kullanılan farklı bileşenlerin kuadratik etkileri ile interaksiyonlarının kek özgül hacmine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 15, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). Kek özgül hacmi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Özgül hacim} = & 0.250599 + 0.0263452 * Su + 0.0437675 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 0.18713 * Gam - 0.00006964 * Su^2 - 0.00039375 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) - 0.000525 * Su * Gam + 0.0001 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - \\ & 0.0006875 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam - 0.003736 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.32. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

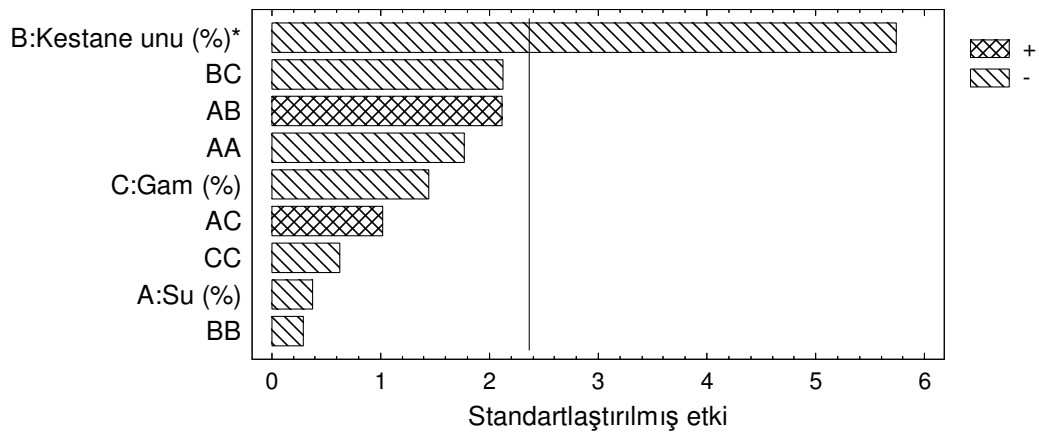
Şekil 4.33. Mısır formülü keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.4.4. Kestane formülü keki (KFK)

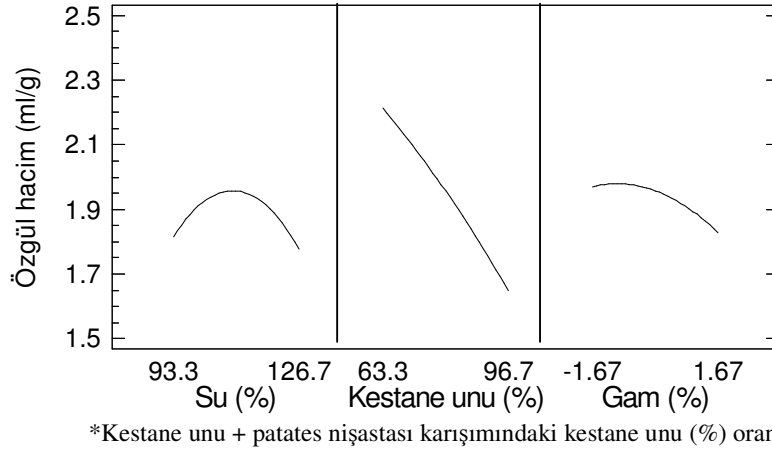
Üretilen kestane unu keklerinin özgül hacimleri 1.54–2.30 ml/g arasında değişmiştir. KFK için özgül hacimdeki farklılık % 87.35 oranında su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımının lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Ek 3. Çizelge 16'da söz konusu faktörlerin kek özgül hacmine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.34'de ise faktörlerin özgül hacme olan etkilerine ait etki seviyeleri verilmiştir.

Formülde kullanılan kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı artıka elde edilen keklerin özgül hacmi önemli derecede ( $P<0.001$ ) azalmıştır. Diğer taraftan formülde kullanılan farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki farklılığın kek özgül hacmine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar da önemsizdir ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 16, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35). Kek özgül hacmi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Özgül hacim} = & 2.99111 + 0.0608513 * Su - 0.0911082 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 0.177804 * Gam - 0.0005771 * Su^2 + 0.0008125 * Su * (\text{Kestane unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) + 0.003925 * Su * Gam - 0.0000947871 * (\text{Kestane unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası})^2 - 0.00815 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * Gam - 0.02 * Gam^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.34. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek özgül hacmine ait etki seviyeleri



Şekil 4.35. Kestane formülü keki üretiminde özgül hacim üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.4.5. Özgül hacim açısından formüllerin değerlendirilmesi

Üretilen keklerin özgül hacimleri KK için 2.233–3.375 ml/g, PK için 1.580–2.995 ml/g, MFK için 2.238–3.366 ml/g ve KFK için ise 1.542–2.301 ml/g arasında değişmiştir. Turabi ve ark. (2008a) tarafında üretilen pirinç keklerinin özgül hacimleri 1.33- 1.64 ml/g arasında değişmiştir. Ronda ve ark. (2009) tarafından üretilen kontrol pirinç keklerinin özgül hacmi ise 2.174 ml/g olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir diğer çalışmada (Varavinit ve Shobsngob, 2000) verilen kek hacmi ve ağırlığı bilgileri kullanılarak özgül hacim PK için 2.64 ml/g ve buğday keki için ise 3.07 ml/g olarak hesaplanmıştır. Akbulut ve Bilgiçli (2010) ise buğday unu ile ürettikleri kontrol keklerinin özgül hacmini 2.59 ml/g olarak belirlemişlerdir.

KK ve PK formüllerinde kullanılan emülgatör oranı arttıkça elde edilen keklerin özgül hacmi önemli derecede artmaktadır. Turabi ve ark. (2008a; 2008b) ile Ronda ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalarda da bu bulgu ifade edilmekte ve emülgatörün kek hamurunda gaz tutma kapasitesini artırması ile ilişkilendirilmektedir. Suhaila ve Norhasimah (1998) tarafından yapılan çalışmada da pirinç keklerinin bileşimindeki emülgatör ile kek hacmi arasında pozitif ilişki olduğu ifade edilmektedir. KF ile üretilen keklerde ise formülde kullanılan kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu ve gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça elde edilen keklerin özgül hacmi



azalmıştır. Üretilen KF keklerinin özgül hacmi diğerlerine göre daha küçüktür. Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glütensiz keklerde ise formülde kullanılan mısır unu ve guar gam oranı arttıkça elde edilen keklerin özgül hacmi artmaktadır. Anton ve Artfield (2008) tarafından yapılan bir çalışmada gamların glütensiz sistemlerde, glütenin viskoelastik özelliklerini taklit edebildiği ifade edilmektedir. Bu da ürün hacminin artmasına katkı sağlayabilir. Bir diğer çalışmada ksantan gamının kek hacmini % 4 oranında arttırdığı belirtilmektedir (Ronda ve ark., 2009). Genel olarak formülde kullanılan su miktarı arttıkça üretilen keklerin özgül hacmi azalmaktadır. Formüldeki su miktarının artması hamur viskozitesini azaltmakta ve dolayısıyla hamurun gaz tutma kapasitesi azalmaktadır. Buna bağlı olarak özgül hacim azalmaktadır (Suhaila ve Norhasimah, 1998).

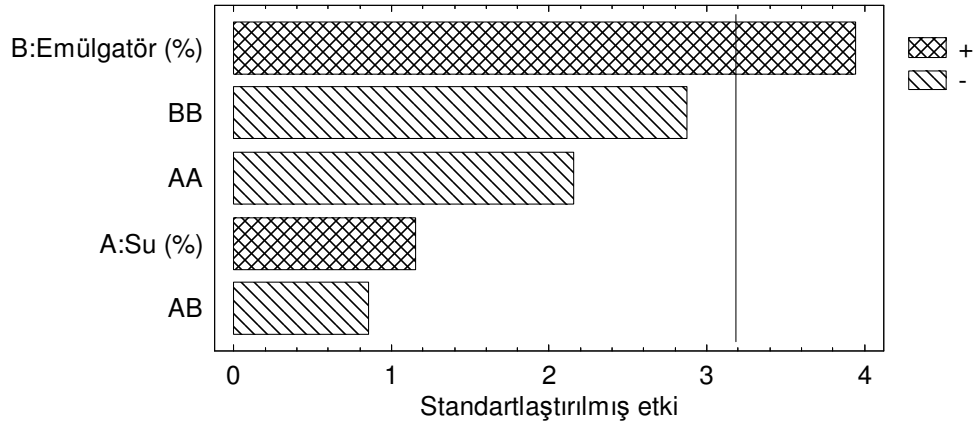
#### **4.2.5. Dış özellik**

Üretilen kekin albenisini etkileyen ve tüketici tercihlerini belirleyen en önemli özelliklerinden birisi dış görünüşüdür. Dış özellikler olarak kabuk rengi ve homojenliği, kabuk kalınlığı ve kek simetrisi göz önünde bulundurulmuş ve 30 puan üzerinden değerlendirilmiştir (Ek 1).

##### **4.2.5.1. Kontrol keki (KK)**

Buğday unu kullanılarak üretilen kontrol keklerin dış özellikleri için aldıkları puan 22–26/30 arasında değişmiştir. Dış özelliklerde meydana gelen farklılığın % 92.78'i formülde oranları sabit olmayan bileşenlerin (su ve emülgatör) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyon tarafından açıklanabilmektedir.

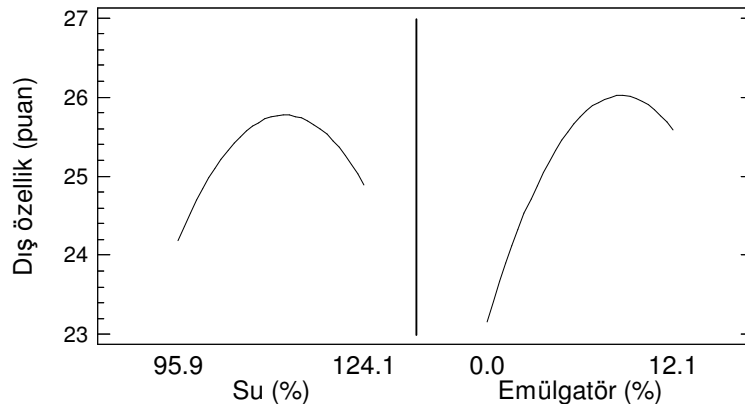
Üretilen keklerin dış özellikleri için aldıkları puanlara ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 17'de ve her bir faktörün bu puanlar üzerine olan etkilerine ait etki seviyeleri ise Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.36. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri

Farklı emülgatör seviyelerinin kek dış özelliklerine etkileri istatistiksel olarak  $P < 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 17). Formülde kullanılan emülgatör oranı arttıkça elde edilen keklerin dış özellikleri için alınan puanlar belli bir noktaya kadar artmakta, sonra azalmaktadır. Benzer durum kullanılan su seviyeleri için de söz konusudur (Şekil 4.37). Ancak su seviyeleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 17). Kek dış özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$\text{Dış özellikler} = -55.8565 + 1.38154 * \text{Su} + 1.20583 * \text{Emülgatör} - 0.0060289 * \text{Su}^2 - 0.005 * \text{Su} * \text{Emülgatör} - 0.0376801 * \text{Emülgatör}^2$$



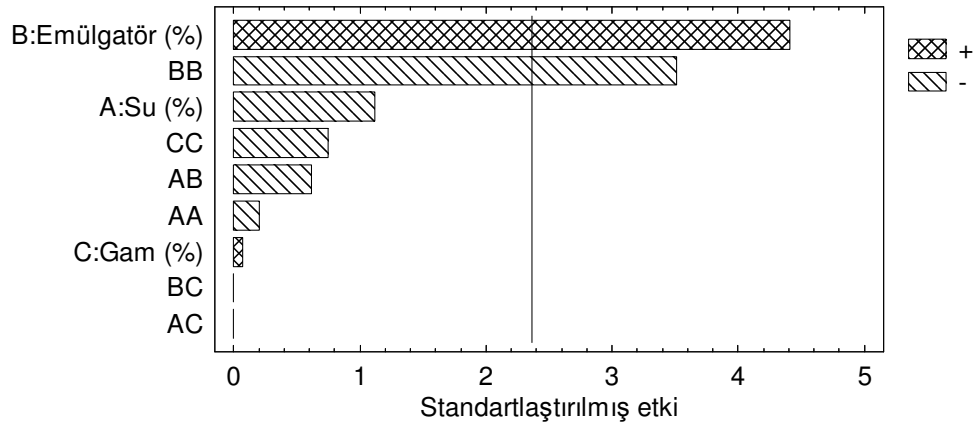
Şekil 4.37. Kontrol keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.5.2. Pirinç keki (PK)

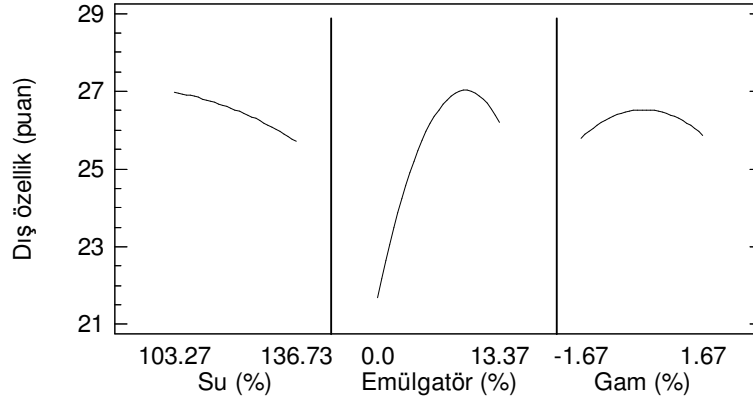
Çalışmada üretilen pirinç unlu glutensiz keklerin dış özellikleri 21–27/30 puan arasında değişmiştir. Dış özelliklerde meydana gelen farklılığın % 88.47'si formülde oranları sabit olmayan bileşenler (su, emülgatör ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkisi ve bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Ek 3. Çizelge 18'de pirinç unu ile üretilen keklerin dış özellik puanı üzerine etkili olan faktörlere ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.38'de ise her bir faktörün kek dış özellik puanı üzerine olan etkilerine ait etki seviyeleri verilmiştir.

Özellikle kek albenisi açısından oldukça önemli olan dış özellikleri kullanılan emülgatör seviyeleri ile emülgatörün kuadratik etkisi önemli derecede etkilemektedir ( $P<0.01$ ) (Ek 3. Çizelge 18). Genel olarak kullanılan emülgatör seviyesi arttıkça üretilen keklerin dış özellikleri iyileşmiştir (Şekil 4.39). Bunun yanında kullanılan farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki değişiklikler ile modeldeki faktörlerin interaksiyonları üretilen keklerin dış özelliklerini etkilemesi bakımından önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 18). Kek dış özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Dış Özellik} = & 12.4782 + 0.157711 * \text{Su} + 1.71213 * \text{Emülgatör} + 0.0240206 * \text{Gam} - 0.000676 \\ & * \text{Su}^2 - 0.005 * \text{Su} * \text{Emülgatör} + 0.0 * \text{Su} * \text{Gam} - 0.0578725 * \text{Emülgatör}^2 + 0.0 * \\ & \text{Emülgatör} * \text{Gam} - 0.246118 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.38. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri

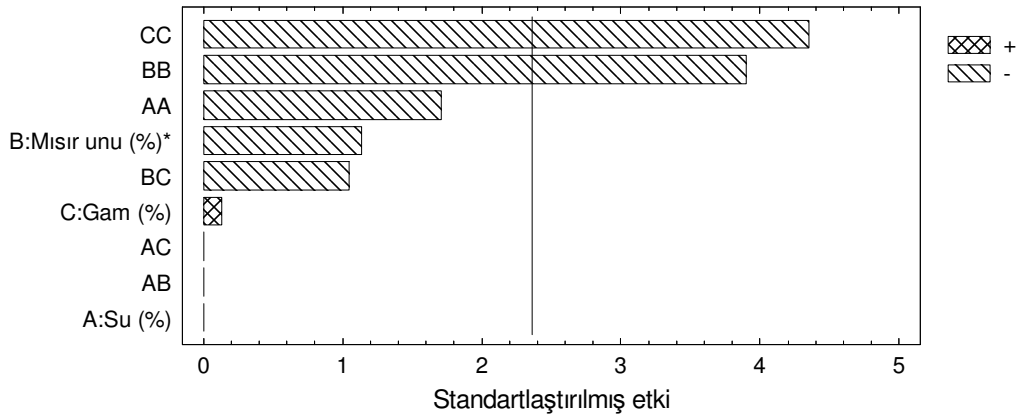


Şekil 4.39. Pirinç keki üretiminde dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.5.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz kekler dış özellikleri için 23–28/30 arasında puan almıştır. Dış özelliklerde meydana gelen varyasyonun % 80.56'sı modele dahil edilen bileşenlerin (su, mısır unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Üretilen bu keklerin dış özellik puanları üzerine etkili olan faktörlere ait varyans analiz sonuçları ve her bir faktörün kek dış özellikleri üzerine etkilerine ait etki seviyeleri gösterilmiştir (Ek 3. Çizelge 19 ve Şekil 4.40).

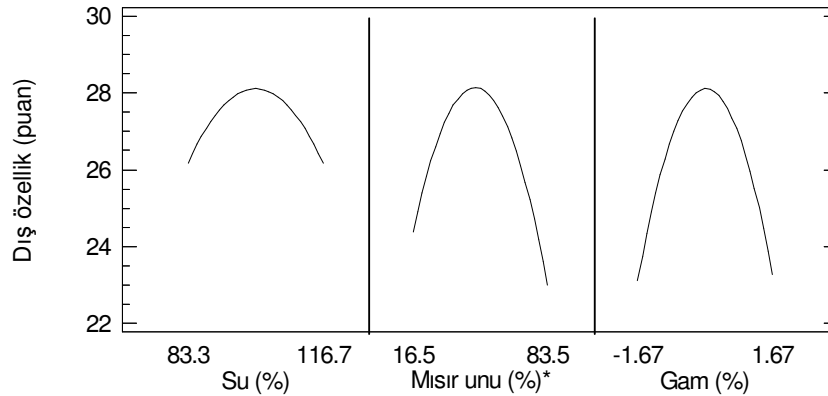


\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.40. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri

Mısır unu-patates nişastası karışımı ile ksantan-guar gam karışımlarının yaklaşık orta noktaları yani 1:1 karışımları ile kullanılan su aralığının orta noktası (yaklaşık % 100 civarında) en iyi dış özellik puanlarını vermiştir (Şekil 4.41). Karşılaşılan bu farklı durum Şekil 4.41’de görüldüğü gibi elde edilen parabol grafikleri ile ilişkilendirilebilir. Kullanılan mısır unu-patates nişastası karışımı ile ksantan-guar gam karışımlarının kuadratik etkileri üretilen keklerin dış özelliklerini önemli derecede etkilemiştir ( $P<0.01$ ). Kek dış özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Dış Özellik} = & -50.0153 + 1.38612 * Su + 0.373716 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 1.29861 * Gam - 0.00693058 * Su^2 + 0.0 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 0.0 * Su * Gam - 0.00394563 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - 0.025 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam - 1.76875 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.41. Mısır formülü keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

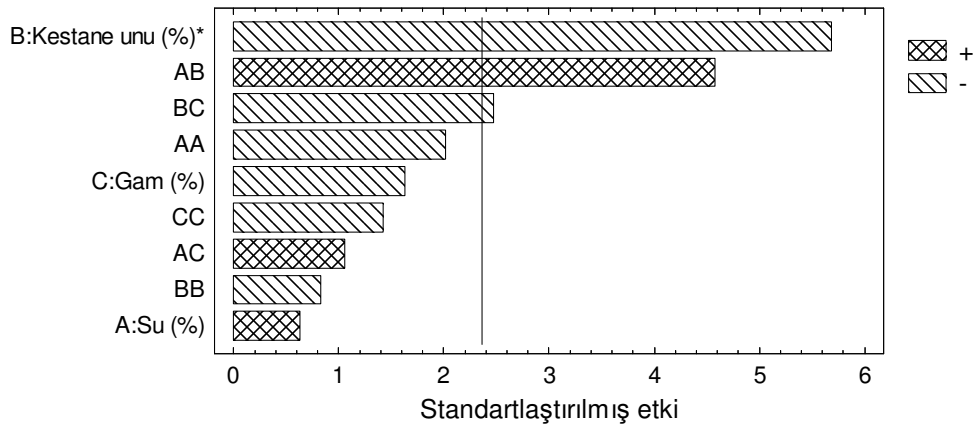
#### 4.2.5.4. Kestane formülü keki (KFK)

Kestane unu kullanılarak üretilen glutensiz kekler dış özellikleri için 18–26/30 arasında puan almıştır. Bu puan diğer kekler ile karşılaştırıldığında düşüktür. Dış özelliklerde meydana gelen değişimin önemli bir kısmı (% 90.71) modele dahil edilen bileşenlerin (su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı) lineer ve

kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

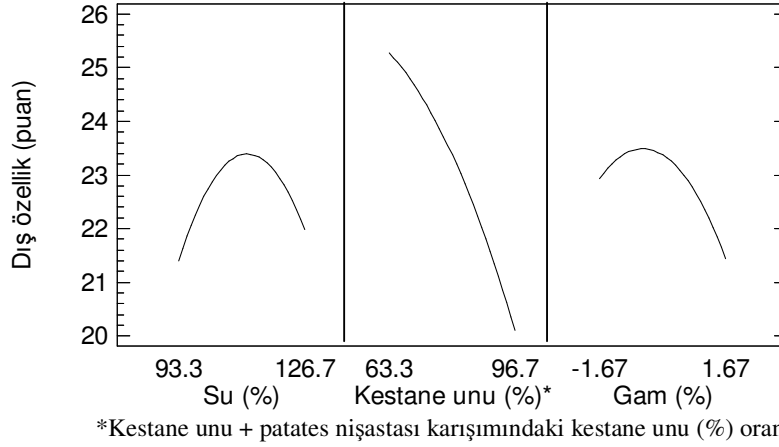
Kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranının artması dış özellikleri çok olumsuz etkilemiştir ( $P<0.001$ ). Bunun yanında su\*kestane unu ile kestane unu\*gam karışımı interaksiyonları da üretilen keklerin dış özelliklerini istatistiksel olarak sırasıyla  $P<0.01$  ve  $P<0.05$  düzeyinde etkilemiştir (Ek 3. Çizelge 20). Şekil 4.42'de de kestane unu ve yukarıda bahsedilen interaksiyonların dış özellikler üzerine etkileri açıkça görülmektedir. Suyun belirli bir seviyeye kadar kullanımı (yaklaşık % 100 civarında) en yüksek dış özellik puanlarına sahip kekleri üretmeye olanak sağlamıştır (Şekil 4.43). Fakat dış özellikleri etkilemesi bakımından farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki değişiklikler önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 20). Kek dış özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Dış Özellik} = & 87.4901 + 0.0529815 * \text{Su} - 1.54456 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 2.43236 * \text{Gam} - 0.00607158 * \text{Su}^2 + 0.01625 * \text{Su} * (\text{Kestane unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) + 0.0375 * \text{Su} * \text{Gam} - 0.002486 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 \\ & - 0.0875 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Gam} - 0.425732 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.42. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek dış özellik puanına ait etki seviyeleri



Şekil 4.43. Kestane formülü keki üretiminde kek dış özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.5.5. Dış özellik puanı açısından formüllerin değerlendirilmesi

Dış özellikler için alınan puanlar buğday unu kullanılarak üretilen KK için 22–26/30 puan ve PK için ise 21–27/30 puan arasında değişmiştir. Akbaş (2009) tarafında üretilen kontrol kek örneklerinin dış özellikleri ise 18–26/30 puan arasında değişmiştir. KK ve PK formüllerinde kullanılan farklı emülgatör seviyelerinin dış özelliklere etkisi benzerlik göstermektedir. Her iki kekte de formülde emülgatör oranı arttıkça elde edilen keklerin dış özellikleri için alınan puanlar belli bir noktaya kadar artmakta, sonra azalmaktadır.

MFK üretiminde kullanılan her iki karışımın (mısır unu-patates nişastası karışımı ve ksantan-guar gam karışımı) yaklaşık 1:1 oranlarda, % 100 su ile birlikte kullanılmaları en iyi dış özellik puanlarını sağlamaktadır. KFK üretiminde un kaynağındaki (kestane unu-patates nişastası) kestane unu oranının artması dış özellikleri çok olumsuz etkilemiştir.

PK ve KFK üretiminde gam karışımındaki değişiklikler dış özellikleri etkilemesi bakımından önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur. KK, PK ve KF keklerinde kullanılan farklı su seviyelerinin de dış özelliklere etkisi önemsiz bulunmuştur.

#### 4.2.6. İç özellik

Formülde kullanılan bileşenler ve üretim aşamaları hakkında bilgi veren ve üretilen ürünün tüketici tarafından beğenilip tercih edilmesini etkileyen en önemli kriterlerden birisi de kekin iç özellikleridir. İç özellikler gözeneklerin büyüklüğünü, homojenliğini, tekstürünü, iç rengini, tat ve aromayı kapsamaktadır. Bu çalışmada iç özellikler 80 puan üzerinden değerlendirilmiştir (Ek 1).

##### 4.2.6.1. Kontrol keki (KK)

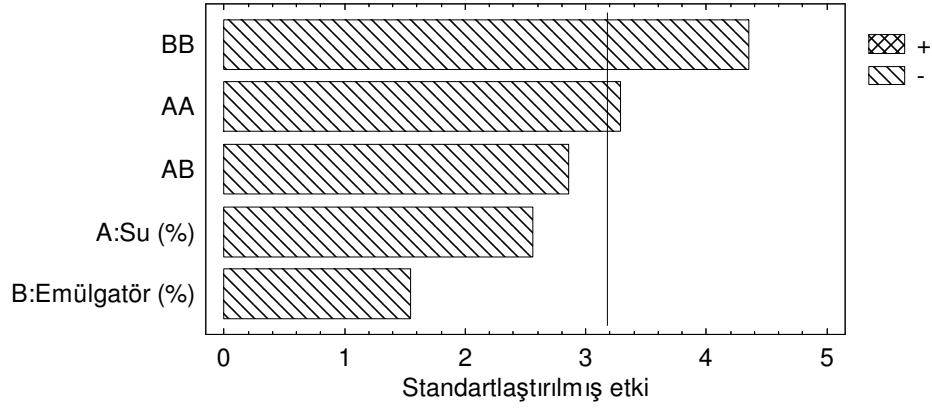
Buğday unu ile üretilen kontrol kek örneklerinin iç özellikleri için aldıkları puan 69–76/80 arasında değişmiştir. KK iç özelliklerinde meydana gelen toplam farklılığın oldukça önemli bir kısmı (% 92.25) modeldeki su ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkileri ile bu bileşenlerin interaksyonu tarafından açıklanabilmektedir.

Ek 3. Çizelgede 21’de faktörlerin kek iç özellik puanları üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.44’de ise bu faktörlerin kek iç özellik puanına olan etkilerine ait etki seviyeleri verilmiştir.

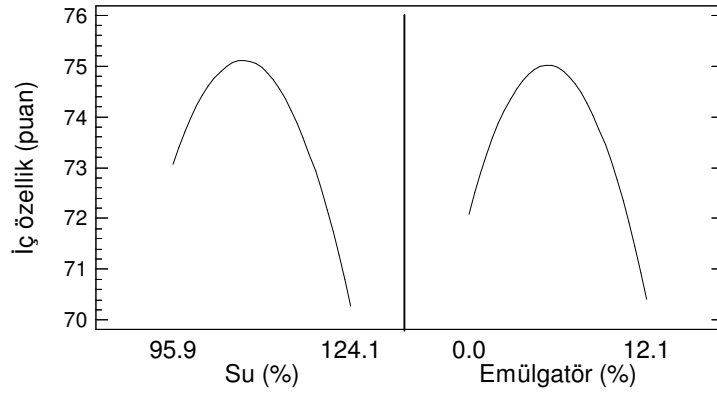
Kullanılan su ve emülgatör miktarının bir noktaya kadar artışı kek iç özelliklerini iyileştirirken (yaklaşık %110 su ve % 6 emülgatör), sonrasındaki artış olumsuz etkilemektedir (Şekil 4.45). Fakat formülde kullanılan farklı su ve emülgatör seviyeleri ile bu iki bileşenin interaksyonunun kek iç özelliklerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ise  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir (Ek 3. Çizelge 21). Kek iç özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdadır.

$$\begin{aligned} \text{İç Özellik} = & -136.569 + 3.71149 * Su + 4.39221 * \text{Emülgatör} - 0.0164963 * Su^2 - 0.03 * Su \\ & * \text{Emülgatör} - 0.102072 * \text{Emülgatör}^2 \end{aligned}$$





Şekil 4.44. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özelliğe ait etki seviyeleri



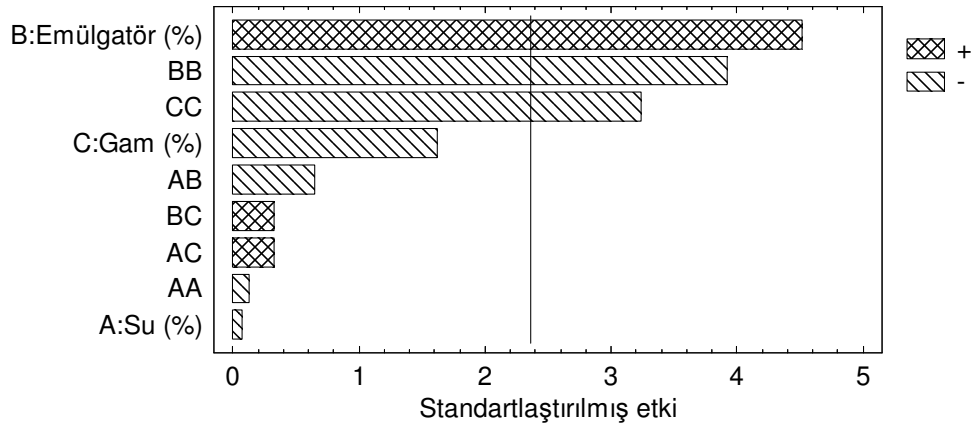
Şekil 4.45. Kontrol keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.6.2. Pirinç keki (PK)

Çizelge 4.4'deki deneme desenine göre pirinç unu ile üretilen glutensiz kek örneklerinin iç özellik puanları 63–78/80 arasında değişmiştir. İç özelliklerde meydana gelen toplam farklılığın % 91.69'u formülde oranları sabit olmayan bileşenlerin (su, emülgatör ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkisi ile bu bileşenlerin interaksiyonları tarafından açıklanabilmektedir.

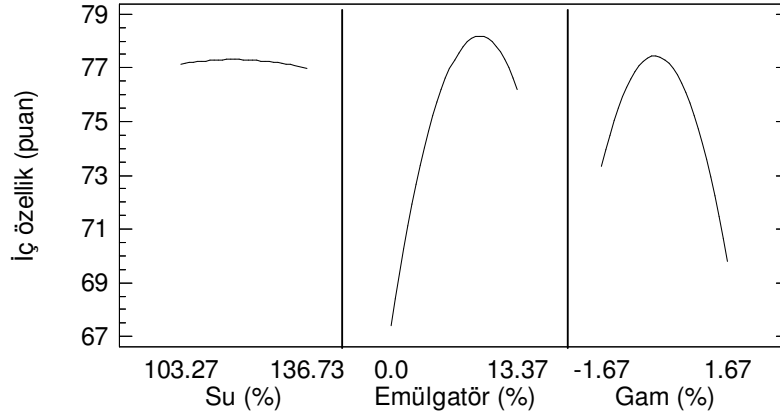
Faktörlerin kek iç özellikleri üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları (Ek 3. Çizelgede 22) ve bu faktörlerin kek iç özelliklerine olan etkilerinin önem seviyesini gösteren standartlaştırılmış Pareto grafikleri (Şekil 4.46) verilmiştir.

Formülde kullanılan emülgatör oranının belli bir noktaya kadar (yaklaşık % 10) artması ve yaklaşık 1:1 oranında ksantan-guar gam karışımı kullanılması en yüksek iç özellik puanı sağlamaktadır (Şekil 4.47). Formülde kullanılan emülgatör oranı artıkça elde edilen keklerin iç özellik puanları dış özelliklerde de olduğu gibi önemli derecede ( $P<0.01$ ) artmaktadır. Bunun yanında kek iç özelliklerine emülgatör ve gam karışımının kuadratik etkileri de sırasıyla  $P<0.01$  ve  $P<0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna karşın formülde kullanılan su ve gam karışımının lineer etkileri, test edilen bileşenlerin diğer kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonların etkileri kek iç özellikleri açısından istatistiksel olarak önemsizdir ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 22 ve Şekil 4.46). Kek iç özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.46. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri

$$\begin{aligned} \text{İç Özellik} = & 47.8059 + 0.26401 * \text{Su} + 3.50703 * \text{Emülgatör} - 4.38136 * \text{Gam} - 0.00084044 * \text{Su}^2 \\ & - 0.01 * \text{Su} * \text{Emülgatör} + 0.025 * \text{Su} * \text{Gam} - 0.123209 * \text{Emülgatör}^2 + 0.05 * \text{Gam} * \\ & \text{Emülgatör} - 2.04832 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.47. Pirinç keki üretiminde iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

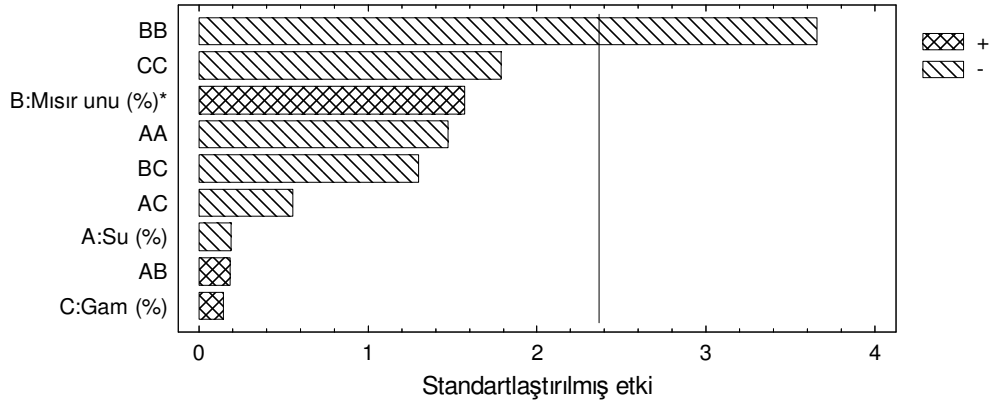
#### 4.2.6.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glütensiz keklerin iç özellikleri için aldıkları puan 68–78/80 arasında değişmiş olup, bu özelliğe ait varyasyonun % 72.63'ü modele dahil edilen bileşenler (su, mısır unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkileri ve bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Söz konusu bileşenlerin kek iç özellikleri üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 23'de ve bu bileşenlerin kek iç özelliklerine olan etkilerinin etki seviyeleri ise Şekil 4.48'de verilmiştir.

Formülde kullanılan farklı su seviyelerinin, mısır unu-patates nişastası karışımı ile gam karışımındaki farklılığın kek iç özelliklerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Öte yandan un kaynağı olarak kullanılan mısır unu-patates nişastası karışımının kuadratik etkisi  $P<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 23 ve Şekil 4.48). Kek iç özellikleri üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda gibidir.

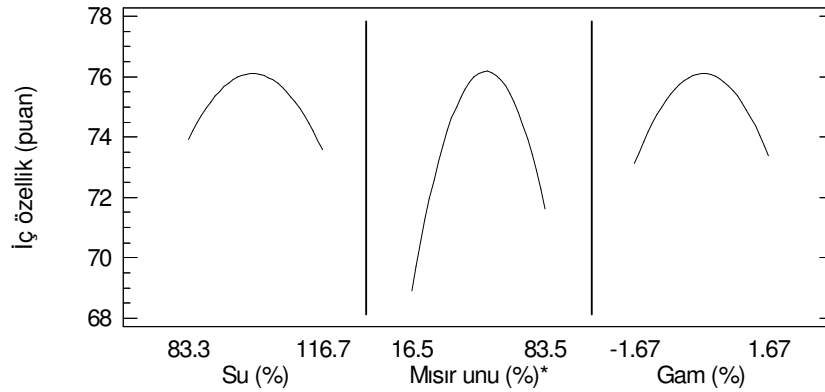
$$\begin{aligned} \text{İç Özellik} = & -19.2983 + 1.64782 * Su + 0.499415 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + 6.01115 \\ & * Gam - 0.00844431 * Su^2 + 0.000625 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) - 0.0375 \\ & * Su * Gam - 0.00521323 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - 0.04375 * (\text{Mısır unu} + \\ & \text{patates nişastası}) * Gam - 1.02371 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.48. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri

Kek dış özelliklerinde görülen parabol grafikleri burada da elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan her iki karışımın (mısır unu-patates nişastası karışımı ile ksantanguar gam karışımı) yaklaşık orta noktaları yani 1:1 karışımları en iyi iç özellik puanlarını vermiştir. Suyun belirli bir seviyeye kadar kullanımı (% 100 civarında) iç özellikleri en yüksek puan alan kekler üretmeye olanak sağlamıştır (Şekil 4.49).



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

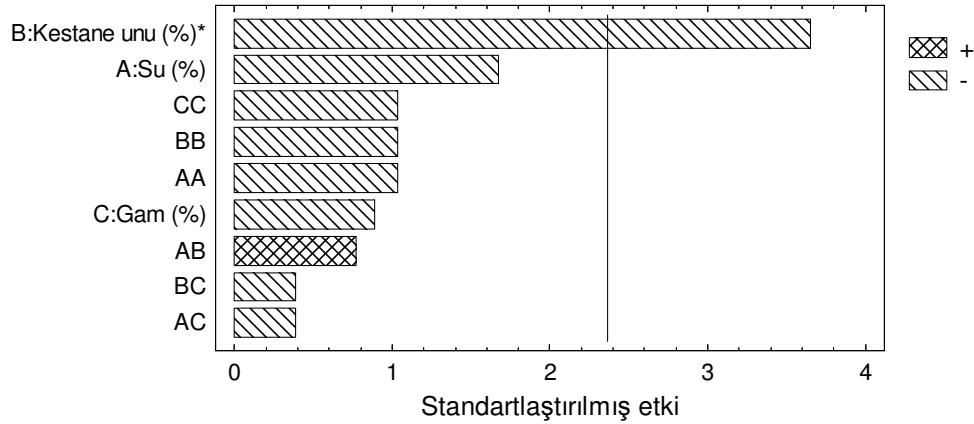
Şekil 4.49. Mısır formülü keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.6.4. Kestane formülü keki (KFK)

Deneme desenine (Çizelge 4.6) göre üretilen kek örneklerinin iç özellikleri 59–74/80 puan arasında değişmiştir. İç özelliklerde meydana gelen toplam farklılığın % 73.93'ü formülde oranları sabit olmayan bileşenlerin (su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksyonlar tarafından açıklanabilmektedir.

Modele dahil edilen bileşenlerin kek iç özellik puanları üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelgede 24'de ve bu bileşenlerin kek iç özelliklerine olan etkilerine ait etki seviyeleri ise Şekil 4.50'de verilmiştir.

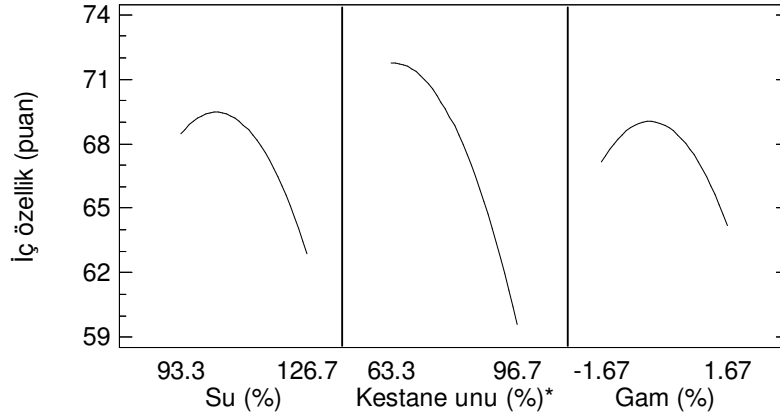
Formülde kullanılan kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı arttıkça elde edilen keklerin iç özellik puanları önemli derecede ( $P < 0.01$ ) azalmıştır. Bununla birlikte formülde kullanılan farklı su seviyelerinin, gam karışımındaki farklılığın, test edilen bileşenlerin kuadratik etkilerinin ve bileşenler arasındaki interaksyonların kek iç özelliklerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 24; Şekil 4.50 ve Şekil 4.51). Faktörlerin kek iç özelliklerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.50. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin kek iç özellik puanına ait etki seviyeleri

$$\begin{aligned} \text{İç Özellik} = & -7.0164 + 1.5461 * Su + 0.363949 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + 8.61471 * \\ & Gam - 0.0114227 * Su^2 + 0.01 * Su * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) - 0.05 * Su \\ & * Gam - 0.0114227 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 - 0.05 * (\text{Kestane unu} + \\ & \text{patates nişastası}) * Gam - 1.13585 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.51. Kestane formülü keki üretiminde kek iç özellik puanı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.6.5. İç özellik puanları açısından formüllerin değerlendirilmesi

Kontrol keklerinde iç özellikler için alınan puanlar 69–76/80 arasında değişmiştir. KK üretiminde kullanılan su ve emülgatör miktarının bir noktaya kadar artışı kek iç özelliklerini iyileştirirken (yaklaşık %110 su ve % 6 emülgatör), sonrasındaki artış olumsuz etkilemektedir

PK için iç özellikler 63–78/80 puan arasında değişmiştir. Formülde kullanılan emülgatör oranının belli bir noktaya kadar (yaklaşık % 10) artması ve yaklaşık 1:1 oranında ksantan-guar gam karışımı kullanılması en yüksek iç özellik puanı sağlamaktadır. Formülde kullanılan emülgatör oranı genel olarak artıkça elde edilen keklerin iç özellikleri için alınan puanlar artmaktadır. Bu durum, kullanılan emülgatörün tekstürel özellikler yanında, hamur hazırlama sürecinde tutulan hava kabarcıklarının boyutunu ve dağılımını etkilemesi ile açıklanabilir (Sahi ve Alava, 2003).

MFK için iç özellik puanları 68–78/80 arasında değişmiştir. Çalışmada kullanılan karışımların (mısır unu-patates nişastası karışımı ve ksantan-guar gam

karışımı) % 100 civarında su ile birlikte yaklaşık 1:1 oranlarda kullanılmaları en iyi iç özellik puanlarını vermiştir. Sadece kullanılan mısır unu-patates nişastası karışımının kuadratik etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

KF ile üretilen keklerin iç özellikleri oldukça geniş bir aralıkta değişmiştir (59–74/80). Bu değişimde en etkili faktörün formüldeki kestane unu oranı olduğu görülmektedir. Kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı artıkça elde edilen keklerin iç özellik puanları önemli derecede ( $P<0.01$ ) azalmıştır.

Kullanılan farklı su seviyelerinin kek iç özelliklerine lineer etkisi istatistiksel olarak tüm keklerde önemsiz iken, kuadratik etki sadece KK için önemli bulunmuştur. Emülgatörün KK için kuadratik etkisi önemli iken, PK için hem lineer ve hem de kuadratik etkisi önemlidir. Gam karışımındaki farklılıkların lineer etkisi tüm keklerde önemsiz iken, kuadratik etki ise sadece PK için önemli bulunmuştur.

#### **4.2.7. Hacim indeksi (mm)**

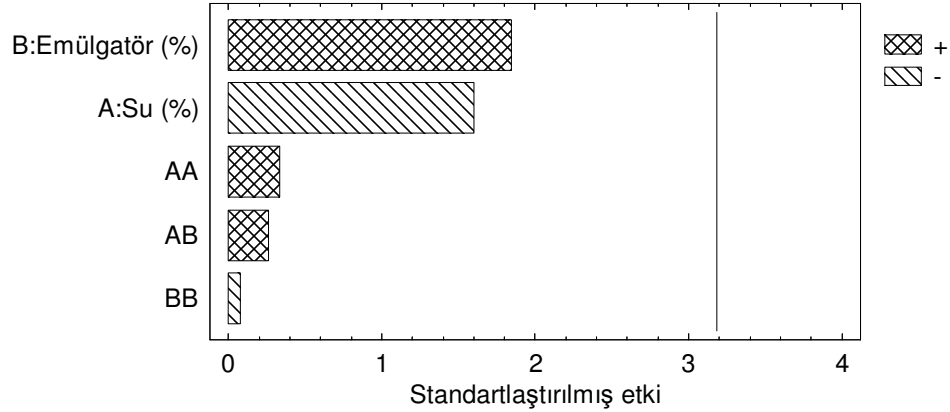
Hacim indeksi keklerin hacmini ölçmemekte, ancak keklerin hacmi hakkında fikir vermektedir. Hacim indeksinin kek hacmi ile benzer bir eğilim göstermesi beklenmektedir (Go´mez ve ark., 2008).

##### **4.2.7.1. Kontrol keki (KK)**

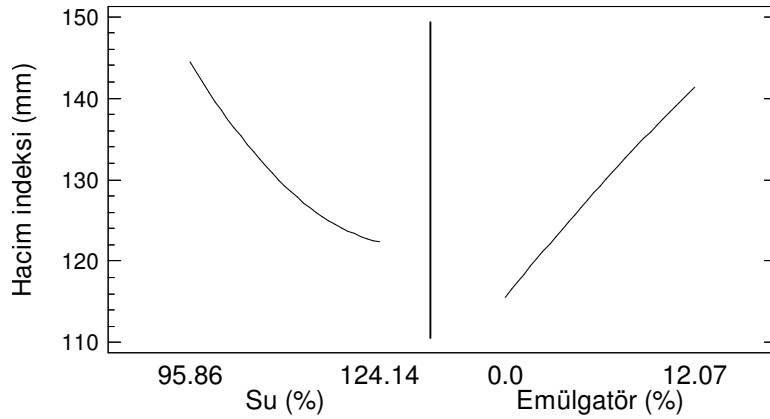
Buğday unu kullanılarak üretilen kontrol keklerinin hacim indeksi değerleri 107–159 mm arasında değişmiştir. Faktörlerin hacim indeksine (mm) olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 25’de ve faktörlerin hacim indeksine etkilerinin etki seviyeleri ise Şekil 4.52’de verilmiştir.

Formülde kullanılan su seviyesinin artması ve emülgatör seviyesinin azalması kek hacim indeksi değerini azaltmaktadır (Şekil 4.53). Fakat su ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenlerin interaksiyonunun hacim indeksine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 25). Hacim indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\text{Hacim indeksi (mm)} = 478.169 - 5.59674 * \text{Su} - 1.468 * \text{Emülgatör} + 0.0209151 * \text{Su}^2 + 0.035 * \text{Su} * \text{Emülgatör} - 0.0205574 * \text{Emülgatör}^2$$



Şekil 4.52. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri



Şekil 4.53. Kontrol keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.7.2. Piriç keki (PK)

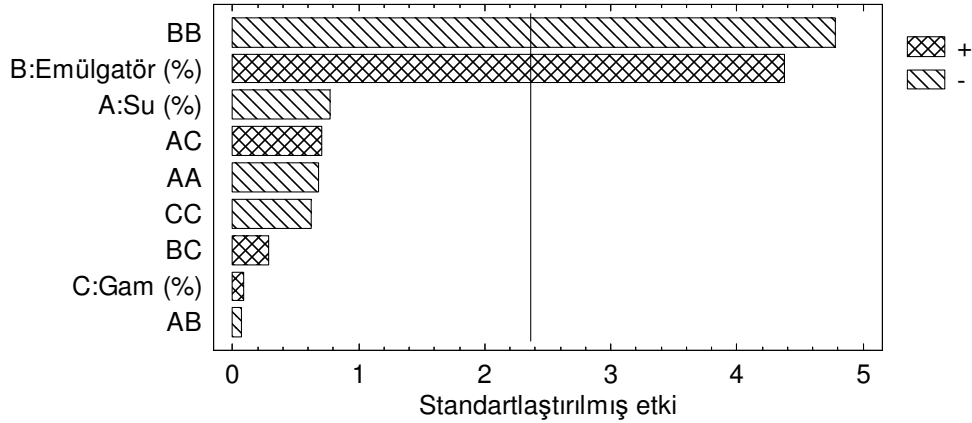
Piriç unu kullanılarak üretilen glutensiz keklerin hacim indeksi değerleri 64–123 mm arasında değişmiştir. Modeldeki bileşenlerin (su, emülgatör ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar hacim indeksinde meydana gelen toplam varyasyonu oldukça önemli bir oranda (% 91.00) açıklamaktadır.



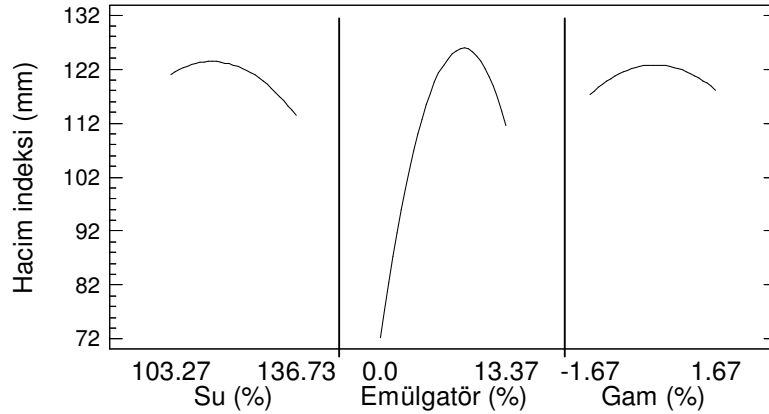
Ek 3. Çizelge 26’da faktörlerin hacim indeksine (mm) etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.54’de ise bu etkilerin etki seviyeleri verilmiştir.

Kullanılan emülgatörün lineer ve kuadratik etkisi kek hacim indeksini  $P < 0.01$  düzeyinde etkilemektedir (Ek 3. Çizelge 26). Artan emülgatör seviyeleri genel olarak hacim indeksini artırırken, bu bileşenin kuadratik etkisi hacim indeksini azaltmaktadır (Şekil 4.54 ve Şekil 4.55). Öte yandan formülde kullanılan farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki farklılığın kek hacim indeksi değerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Emülgatör dışında test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile tüm bileşenler arasındaki interaksiyonlar da önemsizdir ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 26 ve Şekil 4.54). Üretilen pirinç unlu glütensiz keklerin hacim indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Hacim indeksi} = & -189.785 + 4.562 * Su + 12.7905 * \text{Emülgatör} - 31.0759 * \text{Gam} - 0.0198 * Su^2 - \\ & 0.005 * Su * \text{Emülgatör} + 0.25 * Su * \text{Gam} - 0.692 * \text{Emülgatör}^2 + 0.2 * \\ & \text{Emülgatör} * \text{Gam} - 1.8175 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.54. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri

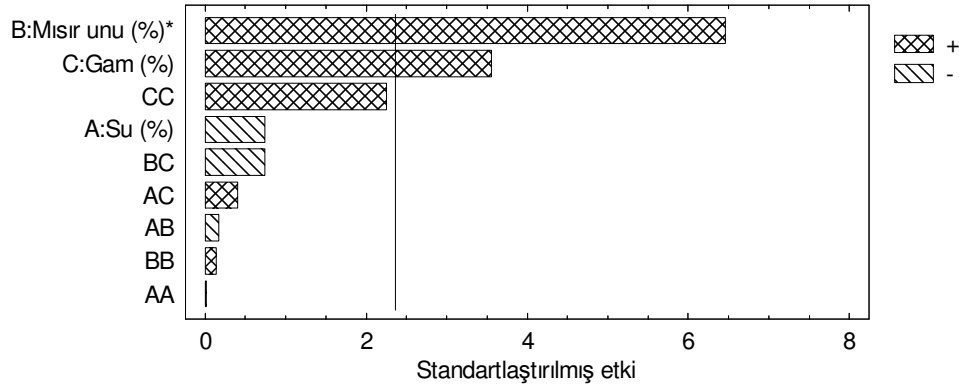


Şekil 4.55. Pirinç keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.7.3. Mısır formülü keki (MFK)

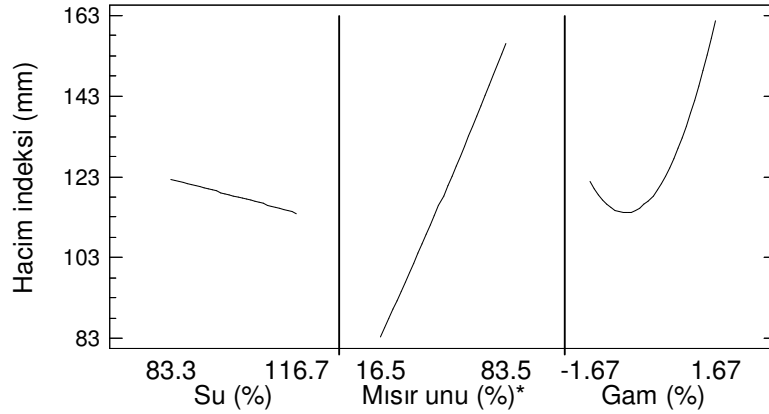
Un kaynağı olarak mısır unu-patates nişastası karışımı kullanıldığında üretilen glutensiz keklerin hacim indeksi değerleri 84–175 mm arasında değişmiştir. Hacim indeksindeki toplam farklılığın % 89.74'ü modeldeki bileşenler (su, mısır unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkileri ve bileşenler arasındaki interaksyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Faktörlerin hacim indeksine (mm) olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve bu etkilerin etki seviyeleri verilmiştir (Ek 3. Çizelge 27 ve Şekil 4.56).

Mısır unu-patates nişastası karışımındaki değişimin hacim indeksine etkisi istatistiksel olarak da oldukça önemli bulunmuştur ( $P < 0.001$ ) (Ek 3. Çizelge 27). Karışımındaki mısır unu oranı arttıkça hacim indeksi değeri de artmıştır. Hacim indeksinin artışında guar gamın daha etkili olduğu da görülmektedir (Şekil 4.57). Formülde kullanılan gam karışımındaki farklılığın kek hacim indeksi değerine etkisi istatistiksel olarak  $P < 0.01$  düzeyinde önemli iken, farklı su seviyelerinin, test edilen bileşenlerin kuadratik etkilerinin ile bileşenler arasındaki interaksyonların hacim indeksine etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 27 ve Şekil 4.56). Üretilen glutensiz keklerin hacim indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıdaki verilmiştir.



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.56. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.57. Mısır formülü keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

$$\begin{aligned}
 \text{Hacim indeksi} = & 68.7359 + 0.0324004 * \text{Su} + 1.33611 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) \\
 & + 2.54814 * \text{Gam} - 0.0004766 * \text{Su}^2 - 0.00375 * \text{Su} * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\
 & \text{nişastası}) + 0.175 * \text{Su} * \text{Gam} + 0.00122 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - \\
 & 0.1625 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Gam} + 8.37861 * \text{Gam}^2
 \end{aligned}$$

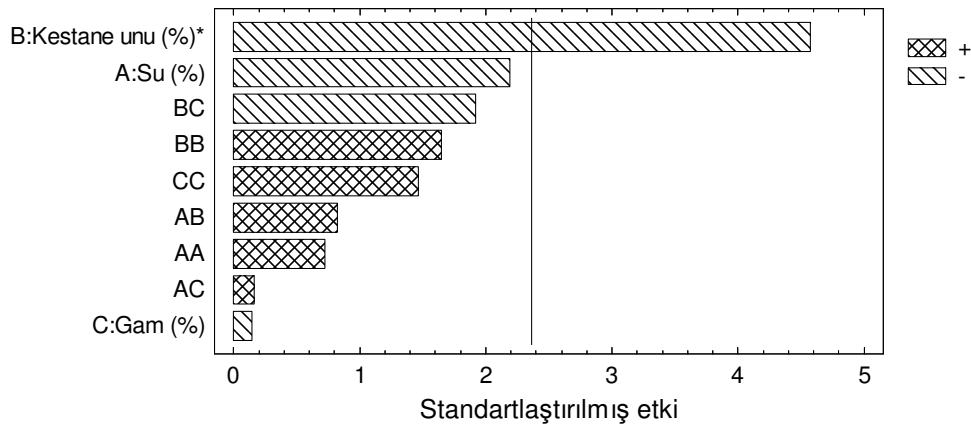
#### 4.2.7.4. Kestane formülü keki (KFK)

Un kaynağı olarak kestane unu kullanıldığında üretilen glutensiz keklerin hacim indeksi değerleri 65-100 mm arasında değişmiştir. Hacim indeksindeki farklılığın %

82.90'ı modeldeki bileşenlerin (su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Faktörlerin hacim indeksine (mm) olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve bu etkilerin etki seviyeleri verilmiştir (Ek 3. Çizelge 28 ve Şekil 4.58)

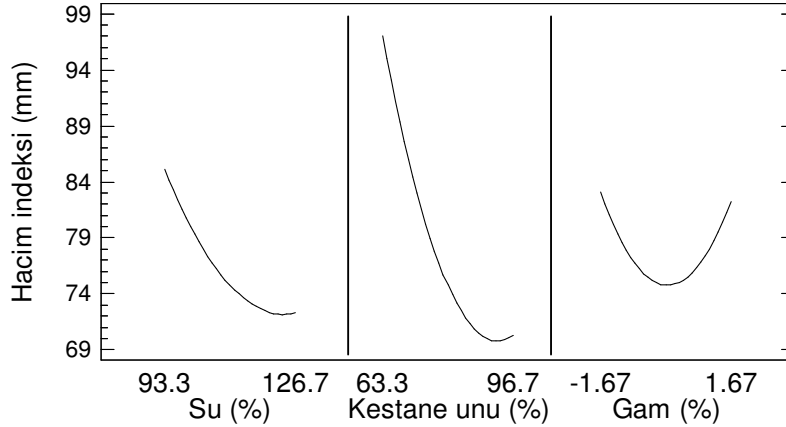
Hacim indeksini etkileyen en etkili faktör istatistiksel olarak da önemli ( $P < 0.01$ ) olan kestane unu-patates nişastası karışımıdır (Ek 3. Çizelge 28). Karışımındaki kestane unu oranı arttıkça kek hacminde olduğu gibi hacim indeksi değeri de azalmaktadır (Şekil 4.59). Buna karşın formülde kullanılan farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki farklılığın (lineer etki), test edilen bileşenlerin kuadratik etkilerinin ve bileşenler arasındaki interaksiyonların kek hacim indeksi değerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 28 ve Şekil 4.58). Üretilen glutensiz keklerin hacim indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Hacim indeksi (mm)} = & 719.084 - 4.95518 * \text{Su} - 7.96637 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 30.6268 * \text{Gam} + 0.0139642 * \text{Su}^2 + 0.01875 * \text{Su} * (\text{Kestane unu} + \\ & \text{patates nişastası}) + 0.0375 * \text{Su} * \text{Gam} + 0.0318924 * (\text{Kestane unu} + \\ & \text{patates nişastası})^2 - 0.4375 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \\ & \text{Gam} + 0.282368 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.58. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin hacim indeksine ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.59. Kestane formülü keki üretiminde hacim indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.7.5. Hacim indeksi açısından formüllerin değerlendirilmesi

KK ve PK formüllerinde kullanılan emülgatör seviyesinin artması kek hacim indeksi değerini arttırmaktadır. Bunun yanında su seviyesinin ters etkiye sahip olduğu görülmektedir. Mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı arttıkça hacim indeksi değeri de artmıştır. Hacim indeksinin artışında guar gamın daha etkili olduğu da görülmektedir.

Un kaynağı olarak kestane unu kullanıldığında üretilen glütensiz keklerin hacim indeksini etkileyen en önemli faktör kestane unu-patates nişastası karışımı olup, karışımındaki kestane unu oranı arttıkça hacim indeksi değeri azalmıştır.

Farklı dört formül ile üretilen keklerin hacim indeksi değerleri 65-175 mm arasında değişmiştir. Yıldız ve Doğan (2004) kontrol keki ile yağ ikameleri kullanılarak üretilen yağsız ve standarda göre daha az yağlı keklerin hacim indeksi değerlerini 96–131 mm arasında bulmuştur. Kontrol keklerinin hacim indeksini Guy ve Vettel (1973) 123.9 mm, Bath ve ark. (1992) 112 mm, Mercan (1998) 118.5 mm, Akbulut ve Bilgiçli (2010) ise 142 mm olarak ölçmüşlerdir.

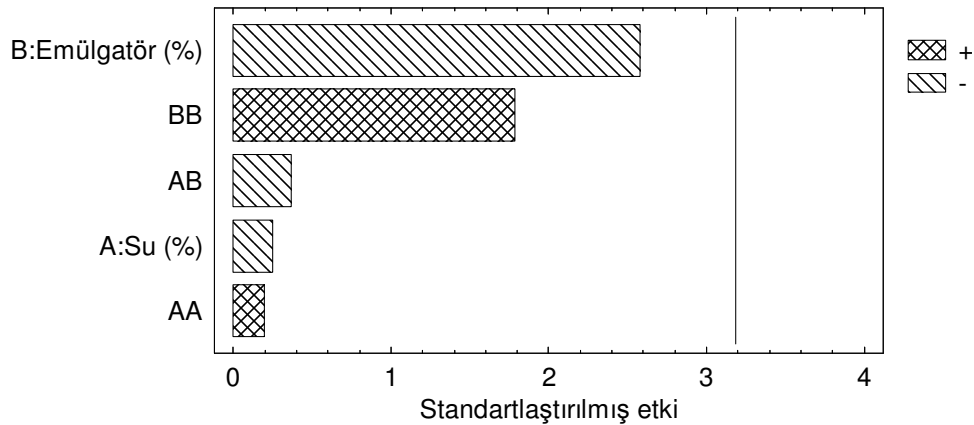
#### 4.2.8. Simetri indeksi (mm)

Simetri indeksi kek endüstrisinde keklerin dış hatlarının belirlenmesi ve homojenliğinin tespitinde kullanılan ve özellikle görsel açıdan önemli olan bir kalite kriteridir. Simetri indeksinin artması, kekin merkezden yukarıya doğru kabarıp bombe oluşturduğunu, azalması ise düz bir üst yüzeye sahip olduğunu göstermektedir (Bath ve ark, 1992; Ronda ve ark., 2009).

##### 4.2.8.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu kullanılarak üretilen kontrol keklerinin simetri indeksi değerleri 8 ile 27 mm arasında değişmiştir. Ek 3. Çizelge 29'da bileşenlerin kek simetri indeksi üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.60'da ise faktörlerin söz konusu etkilerinin etki seviyeleri verilmiştir.

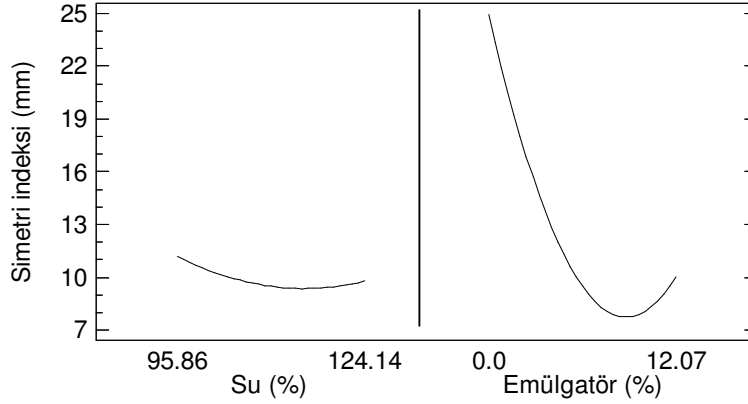
$$\text{Simetri indeksi} = 7.87269 - 0.104935 * Su - 0.167557 * \text{Emülgatör} + 0.000509114 * Su^2 - 0.002 * Su * \text{Emülgatör} + 0.021904 * \text{Emülgatör}^2$$



Şekil 4.60. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri

Simetri indeksini etkileyen en önemli faktör emülgatörün lineer ve kuadratik etkisidir. Genel olarak kullanılan emülgatör oranı arttıkça simetri indeksi değeri

artmıştır. Kullanılan farklı su seviyelerinin simetri indeksi üzerine pek etkili olmadığı görülmektedir (Şekil 4.61). Fakat su ve emülgatörün lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarının simetri indeksine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 29 ve Şekil 4.60). Üretilen kontrol keklerinin simetri indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.61. Kontrol keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

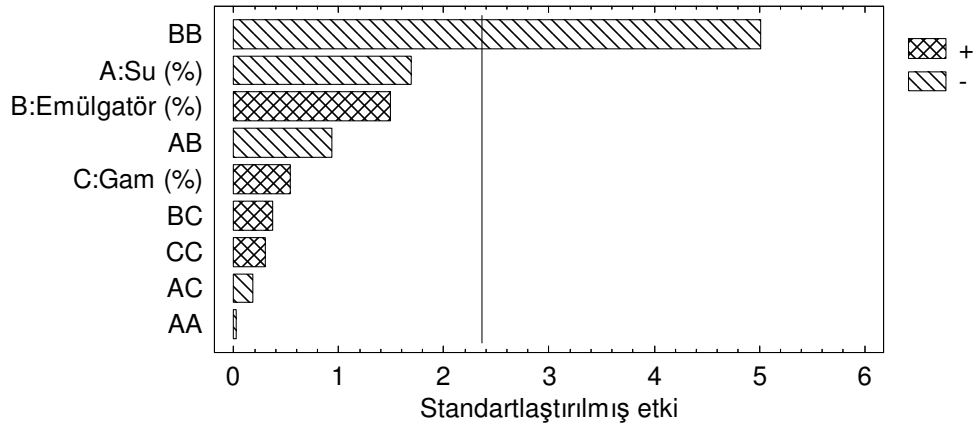
#### 4.2.8.2. Pirinç keki (PK)

Pirinç unu kullanılarak üretilen glutensiz keklerin simetri indeksi değerleri -1 ile 20 mm arasında değişim göstermiştir. PK'ne ait simetri indeksinde meydana gelen farklılığın % 85.47'si deneme deseninde optimum seviyeleri belirlenmeye çalışılan su, emülgatör ve gam karışımının lineer ve kuadratik etkileri ile bu bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Bu bileşenlerin kek simetri indeksi üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve bu etkilerin önem seviyesini gösteren standartlaştırılmış Pareto grafiği verilmiştir (Ek 3. Çizelge 30 ve Şekil 4.62).

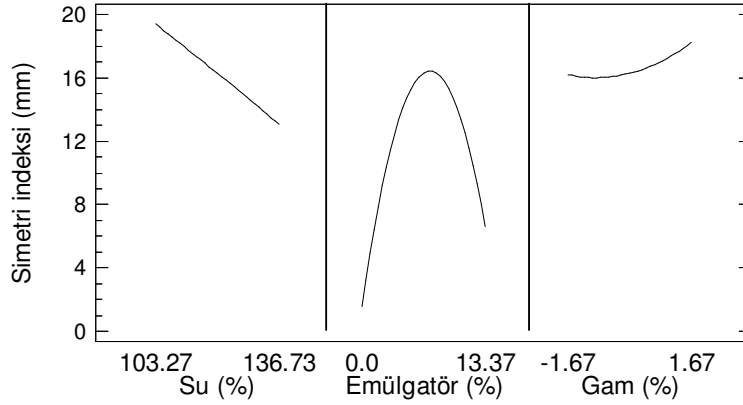
Simetri indeksini istatistiksel olarak da önemli seviyede ( $P<0.01$ ) etkileyen tek faktör emülgatörün kuadratik etkisidir (Ek 3. Çizelge 30). En yüksek simetri indeksi değeri yaklaşık % 6 oranında emülgatör kullanılarak elde edilmektedir. Fakat kullanılan emülgatör seviyesi bu oranın altına veya üstüne çıktığında simetri indeksi azalmaktadır

(Şekil 4.73). Üretilen keklerin simetri indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Simetri indeksi} = & 0.0660404 + 0.0036845 * Su + 0.703567 * \text{Emülgatör} + 0.293824 * \text{Gam} - \\ & 0.00002467 * Su^2 - 0.0025 * Su * \text{Emülgatör} - 0.0025 * Su * \text{Gam} - 0.02735 \\ & * \text{Emülgatör}^2 + 0.01 * \text{Emülgatör} * \text{Gam} + 0.0332488 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.62. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri



Şekil 4.63. Pirinç keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

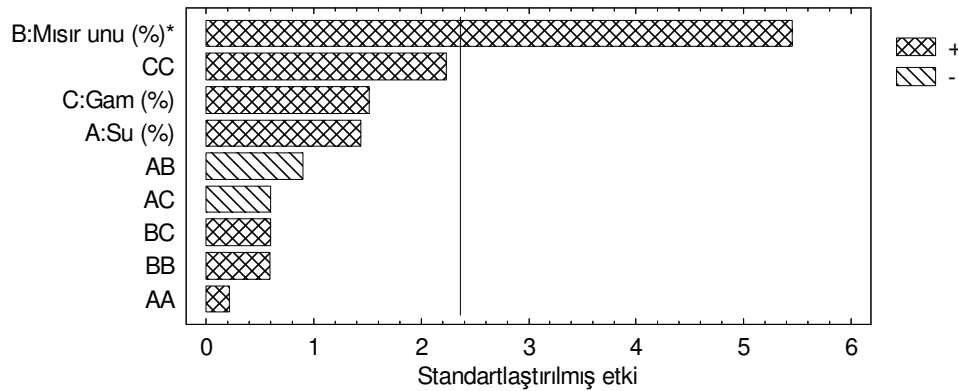


#### 4.2.8.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glütensiz keklerin simetri indeksi değerleri 2 ile 29 mm arasında değişmiş olup, bu özelliğe ait toplam farklılığın % 85.37'si modeldeki bileşenlerin (su, mısır unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı) lineer ve kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Söz konusu bileşenlerin kek simetri indeksine ait varyans analiz sonuçları (Ek 3. Çizelge 31) ve bu etkilerin etki seviyeleri (Şekil 4.64) verilmiştir.

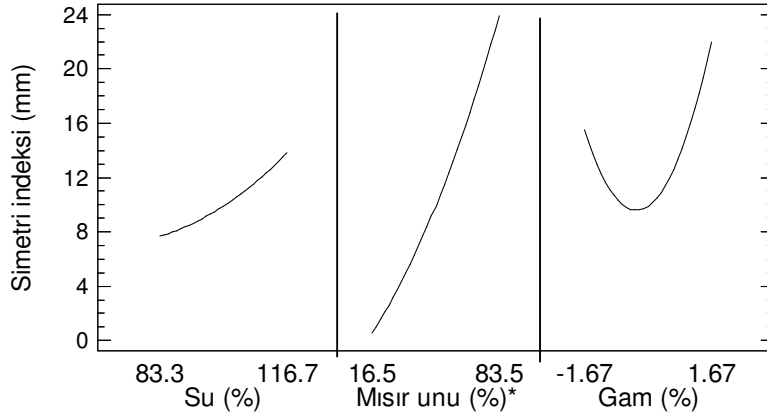
Üretilen glütensiz keklerin simetri indeksi üzerine en etkili faktörün istatistiksel olarak da oldukça önemli olan ( $P < 0.001$ ) mısır unu-patates nişastası karışımında meydana gelen farklılık olduğu görülmektedir (Ek 3. Çizelge 31). Un kaynağı (mısır unu+patates nişastası) karışımındaki mısır unu oranı arttıkça simetri indeksi de artmıştır. Gam karışımındaki farklılığın benzer etki gösterdiği ve su seviyesinin artması ile simetri indeksinde istatistiksel olarak önemli olmayan ( $P > 0.05$ ) bir artış meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.65 ve Ek 3. Çizelge 31). Üretilen keklerin simetri indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Simetri indeksi} = & -2.7913 - 0.00464602 * Su + 0.0888562 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 0.944361 * Gam + 0.000302903 * Su^2 - 0.00075 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) - 0.01 * Su * Gam + 0.000209864 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 \\ & + 0.005 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam + 0.317142 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.64. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri



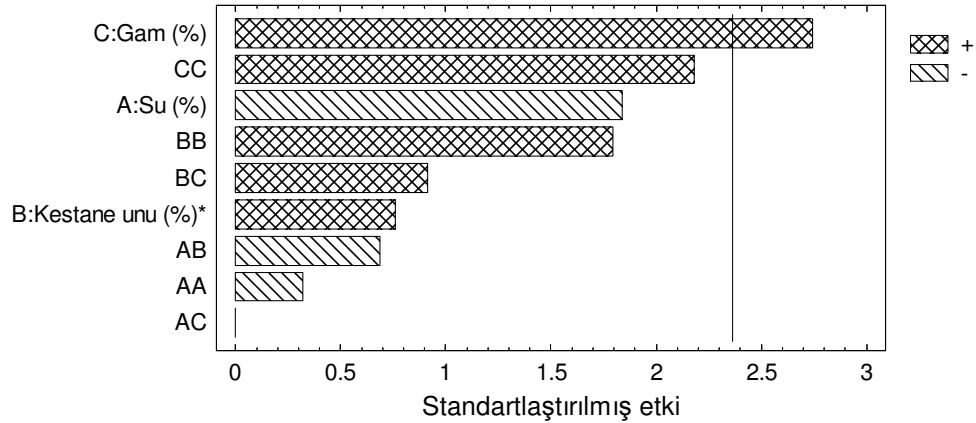
\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.65. Mısır formülü keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.8.4. Kestane formülü keki (KFK)

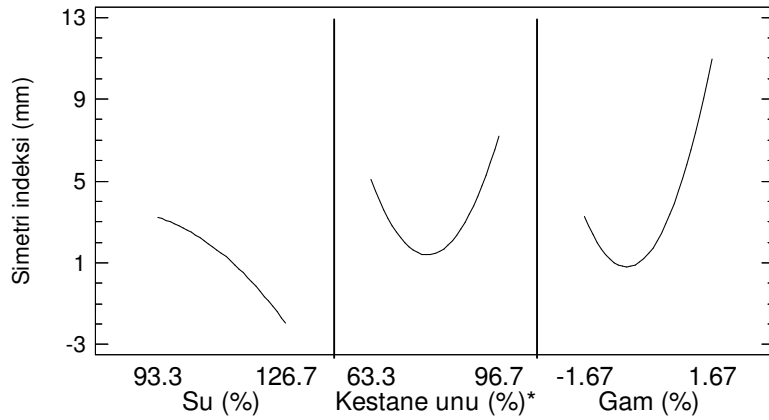
Kestane unu kullanılarak üretilen glutensiz keklerin simetri indeksi değerleri -2 ile 14 mm arasında değişim göstermiştir. Simetri indeksine ait farklılığın % 74.75'i modeldeki bileşenler (su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkisi ve bileşenler arasındaki interaksyonlar tarafından açıklanabilmektedir. Ek 3. Çizelge 32'de söz konusu bileşenlerin kek simetri indeksi üzerine olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.66'da bu etkilerin etki seviyelerini gösteren standartlaştırılmış Pareto grafiği verilmiştir.

En etkili faktörün istatistiksel olarak da önemli ( $P < 0.05$ ) olan gam karışımında oluşturulan farklılığın olduğu görülmektedir (Ek 3. Çizelge 32 ve Şekil 4.66). Genel olarak karışımındaki guar gam oranı arttıkça simetri indeksi de artmıştır (Şekil 4.67). Üretilen keklerin simetri indeksi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıdaki gibidir.



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.66. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin simetri indeksine ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.67. Kestane formülü keki üretiminde simetri indeksi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

$$\begin{aligned}
 \text{Simetri indeksi} = & 1.86653 + 0.109839 * Su - 0.179158 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) - \\
 & 0.569216 * Gam - 0.000296876 * Su^2 - 0.00075 * Su * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\
 & 0.0 * Su * Gam + 0.0016752 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 \\
 & + 0.01 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * Gam + 0.202697 * Gam^2
 \end{aligned}$$

#### 4.2.8.5. Simetri indeksi açısından formüllerin değerlendirilmesi

Genel olarak kontrol keklerinde kullanılan emülgatör oranı arttıkça simetri indeksi değeri artmıştır. Kullanılan farklı su seviyelerinin simetri indeksi üzerine pek etkili olmadığı görülmektedir. MF ile üretilen keklerde mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı artıkça simetri indeksi de artmıştır. Su seviyesinin artması da simetri indeksinde istatistiksel olarak önemli olmayan ( $P>0.05$ ) bir artış meydana getirmektedir. Gam karışımı PK ve MFK üretiminde istatistiksel olarak önemsiz bir artış sağlamaktadır. KF ile üretilen keklerde ise genel olarak gam karışımındaki guar gam oranı artıkça simetri indeksi önemli derecede artmaktadır. Ronda ve ark. (2009) da kek formülünde kullanılan ksantan gamının simetri indeksini arttırdığını ifade etmektedirler.

Yıldız ve Doğan (2004) tarafından yapılan bir çalışmada kontrol kekinin simetri indeksi 12 mm olarak hesaplanırken, farklı yağ ikameleri kullanılarak hazırlanan yağ azaltılmış keklerin simetri indeksi değerleri ise 0–5 mm arasında değişmiştir. Alp ve Bilgiçli (2008) tarafından üretilen buğday keklerinin simetri indeksi 7.7-11.2 mm arasında değişirken, Akbulut ve Bilgiçli (2010) bu değeri 8 mm olarak belirlemiştir.

#### 4.2.9. Çekme miktarı (mm)

Pişme sonrası üretilen keklerin boyutunda meydana gelen değişiklik (çekme miktarı) oldukça önemlidir. Çünkü kullanılan ambalaj materyali standart olarak ayarlandığı için kek boyutunda meydana gelebilecek önemli dalgalanmalar ürünün ambalaj ile uyumunu önemli derecede olumsuz etkileyebilecek ve dolayısıyla ürünün albenisini azaltabilecektir.

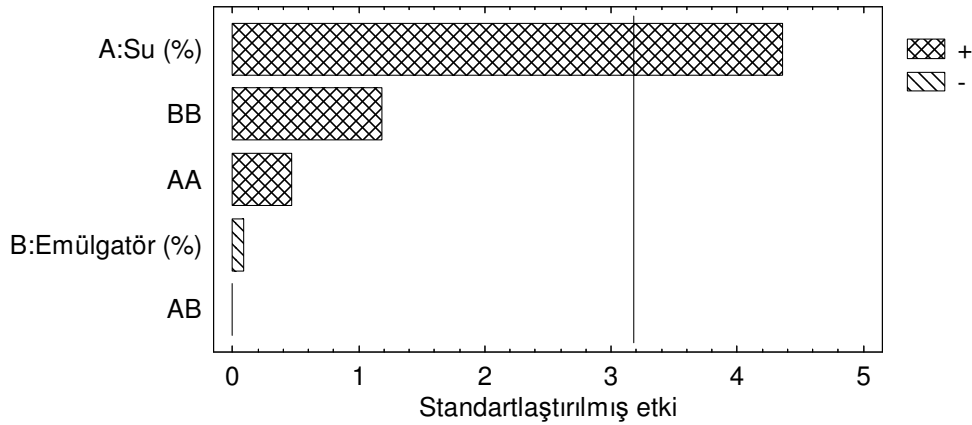
##### 4.2.9.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu kullanılarak üretilen kontrol keklerinde meydana gelen çekme miktarı 0–2 mm arasında değişmiştir. Çekme miktarında meydana gelen toplam varyasyonu oldukça önemli bir oranda (% 88.12) su ve emülgatörün lineer ve kuadratik

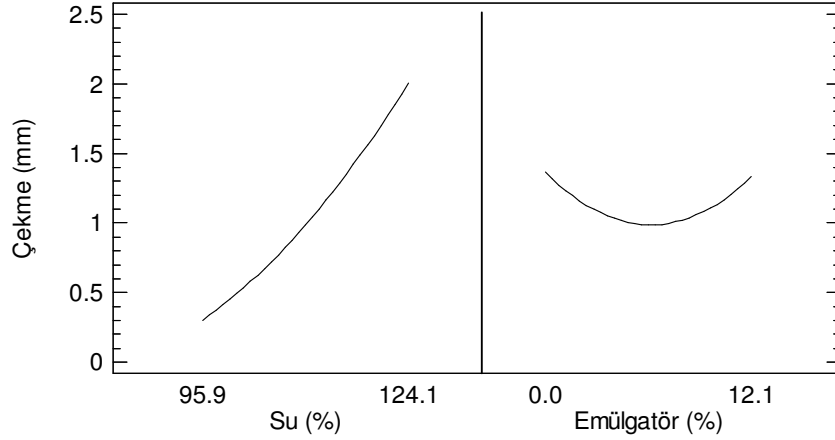
etkileri ile aralarındaki interaksiyon tarafından açıklanabilmektedir. Çekme miktarı üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 33’de ve bu etkilerin etki seviyeleri ise Şekil 4.68 verilmiştir.

Keklerde meydana gelen boyutsal küçülme kullanılan su seviyesinin artması ile birlikte arttırmaktadır ( $P<0.05$ ). Bunun yanında emülgatör oranının pek etkili olmadığı görülmektedir. Kullanılan su ve emülgatörün kuadratik etkileri ile aralarındaki interaksiyonun da çok az etkili olduğu ve bu etkinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 33 ve Şekil 4.69). Üretilen kontrol keklerinin boyutsal değişimi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

$$\text{Çekme miktarı} = 0.494989 - 0.0125593 * \text{Su} - 0.0122635 * \text{Emülgatör} + 0.0000845558 * \text{Su}^2 + 0.0 * \text{Su} * \text{Emülgatör} + 0.000990487 * \text{Emülgatör}^2$$



Şekil 4.68. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri



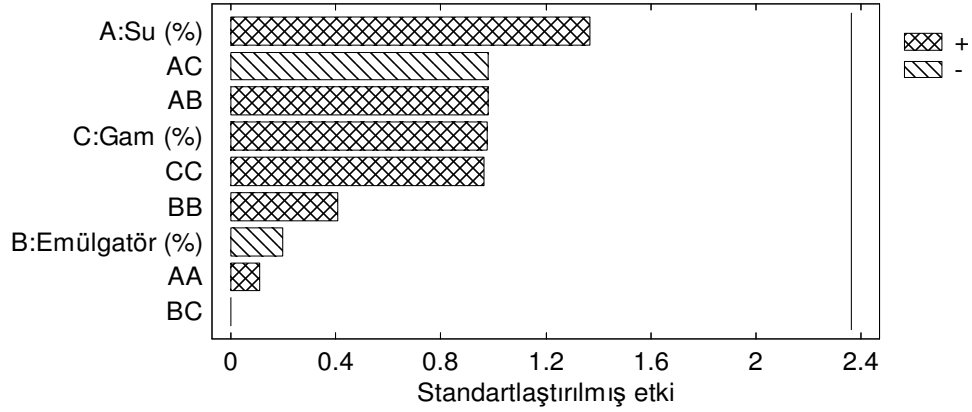
Şekil 4.69. Kontrol keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.9.2. Pirinç keki (PK)

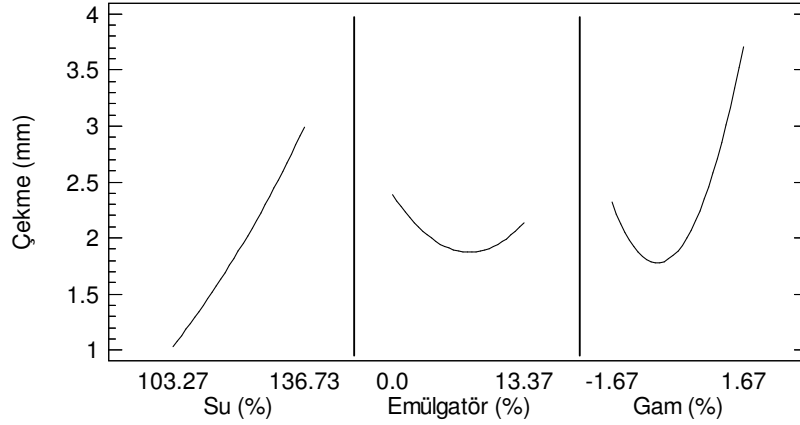
Pirinç unu kullanılarak üretilen glutensiz keklerde meydana gelen çekme miktarı 0–5 mm arasında değişmiştir. Ek 3. Çizelge 34’de çekme üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Şekil 4.70’de ise bu etkilerin etki seviyeleri verilmiştir.

Keklerde meydana gelen boyutsal küçülme, kullanılan gam karışımındaki dengenin ksantan gam veya guar gam lehine artması ile birlikte artmaktadır. Karışımındaki guar gam oranının artışı boyutsal küçülmeyi daha çok etkilemektedir. Formülde kullanılan su seviyesinin artması da kekin boyutsal küçülmesini arttırmaktadır. Bunun yanında emülgatör oranının daha az etkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.71). Fakat kullanılan su ve emülgatör seviyeleri ile gam karışımındaki değişimlerin lineer ve kuadratik etkileri ile söz konusu bileşenler arasındaki interaksyonların çekme miktarına etkileri istatistiksel olarak önemsizdir ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 34 ve Şekil 4.70). Üretilen glutensiz keklerin boyutsal değişimine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Çekme (mm)} = & 0.9855 - 0.01161 * Su - 0.133228 * Emülgatör + 0.641716 * Gam + 0.0000449 * \\ & Su^2 + 0.001 * Su * Emülgatör - 0.005 * Su * Gam + 0.000846877 * Emülgatör^2 \\ & + 0.0 * Emülgatör * Gam + 0.0402054 * Gam^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.70. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri



Şekil 4.71. Pirinç keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

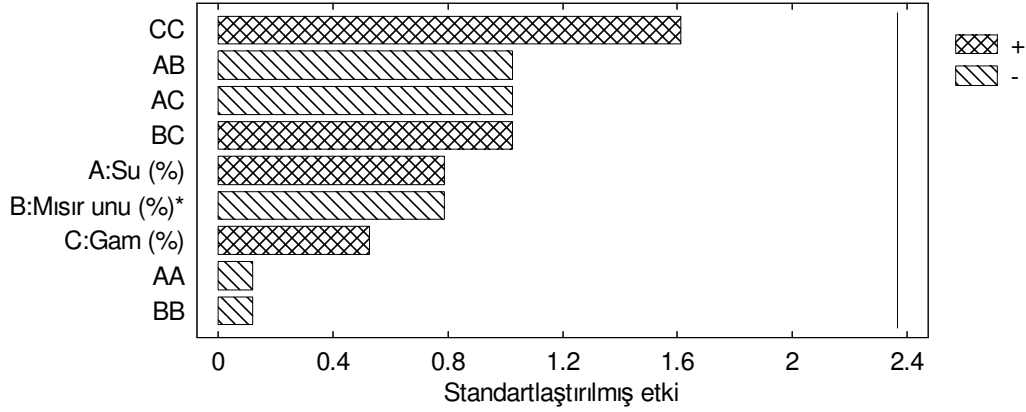
#### 4.2.10.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz keklerde meydana gelen çekme miktarı 1–2 mm arasında değişmiştir. Üretilen bu glutensiz keklerde meydana gelen boyutsal küçülme üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları ve bu etkilerin etki seviyeleri verilmiştir (Ek 3. Çizelge 35 ve Şekil 4.72).

Formülde kullanılan su miktarının ve mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranının artması keklerde meydana gelen çekme miktarını (mm) arttırmıştır. En az boyutsal küçülme yaklaşık eşit oranlarda ksantan-guar gam karışımı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.73). Fakat formülde kullanılan ve modele dahil edilen faktörlerin

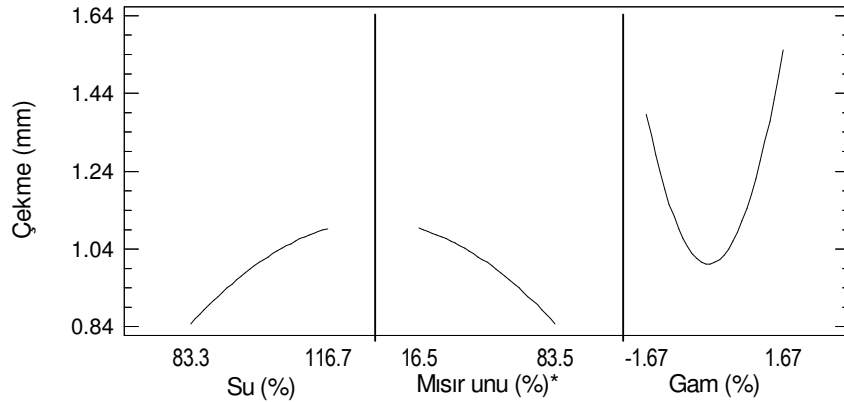
lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarının boyutsal küçülmeye etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 35 ve Şekil 4.72). Üretilen glutensiz keklerin boyutsal değişimi üzerine etki eden faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Çekme (mm)} = & -0.399443 + 0.0063493 * Su + 0.00619016 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 0.0986845 * Gam - 0.000012439 * Su^2 - 0.0000625 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) - 0.00125 * Su * Gam - 0.0000031 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 \\ & + 0.000625 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam + 0.0166843 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.72. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

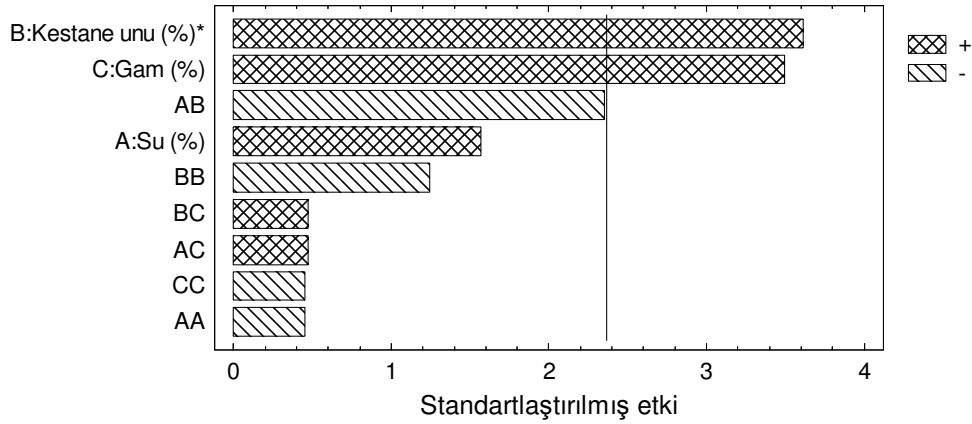
Şekil 4.73. Mısır formülü keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi



#### 4.2.9.4. Kestane formülü keki (KFK)

Kestane unu kullanılarak üretilen glutensiz keklerde meydana gelen boyutsal küçülme (çekme miktarı) 0–4 mm arasında değişmiştir. Modeldeki bileşenler (su, kestane unu-patates nişastası karışımı ve gam karışımı), bu bileşenlerin kuadratik etkileri ve bileşenler arasındaki interaksiyonlar ile bu özellikte meydana gelen toplam farklılığın % 83.47'si açıklanabilmektedir.

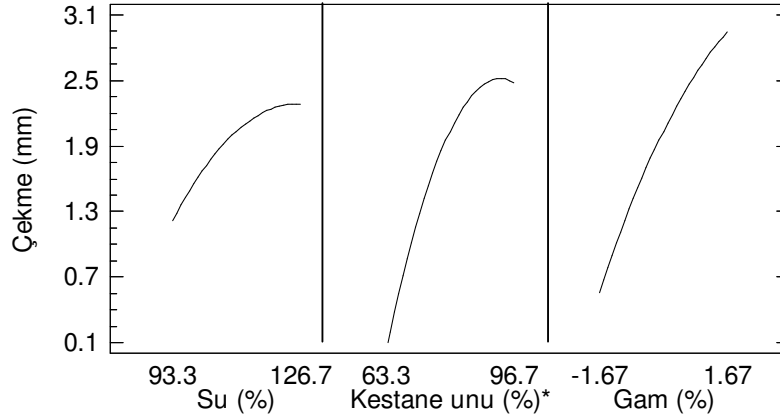
Ek 3. Çizelge 36 ve Şekil 4.74'de de görüldüğü gibi keklerde meydana gelen boyutsal küçülmeyi etkileyen en önemli faktörler kestane unu-patates nişastası karışımı ile gam karışımındaki değişimlerdir ( $P < 0.01$ ). Kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça kek boyutu küçülmüştür. Diğer bir ifadeyle keklerde meydana gelen çekme miktarı artmıştır (Şekil 4.75). Ayrıca formülde kullanılan su seviyesinin artması her ne kadar çekmeyi arttırsa da bu etki istatistiksel olarak önemsizdir ( $P > 0.05$ ). Test edilen bileşenlerin kuadratik etkileri ile bileşenler arasındaki interaksiyonlar da önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 36 ve Şekil 4.74). Üretilen keklerin boyutsal değişimi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıdaki gibidir.



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.74. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çekme miktarına ait etki seviyeleri

$$\begin{aligned} \text{Çekme (mm)} = & -9.27539 + 0.0756727 * \text{Su} + 0.121154 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) - \\ & 0.166226 * \text{Gam} - 0.000102165 * \text{Su}^2 - 0.000625 * \text{Su} * (\text{Kestane unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) + 0.00125 * \text{Su} * \text{Gam} - 0.00028 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 \\ & + 0.00125 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Gam} - 0.0101405 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.75. Kestane formülü keki üretiminde çekme miktarı üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.2.9.5. Çekme miktarı açısında formüllerin değerlendirilmesi

Kontrol ve pirinç unlu keklerde meydana gelen boyutsal küçülmeyi etkileyen en önemli faktör su olup, kullanılan su seviyesinin artması ile birlikte çekme miktarı artmaktadır. Bunun yanında emülgatör oranının pek etkili olmadığı görülmektedir. Pirinç unlu ve kestane unlu keklerde meydana gelen boyutsal küçülme, kullanılan gam karışımındaki dengenin özellikle guar gam lehine artması ile birlikte artmaktadır. Mısır unlu kekin formülünde kullanılan su miktarının ve mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranının artması keklerde meydana gelen çekme miktarını (mm) arttırmıştır. Ksantan ve guar gamlar eşit oranda kullanıldığında daha başarılı sonuç alınabilmektedir. Kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı arttıkça kek boyutu küçülmektedir.

#### 4.2.10. Üretilen keklerin pişme kaybı (%)

Pişme kaybı özellikle ticari üretimlerde ambalaj üzerine yazılması zorunlu olan son ürün ağırlığın tutturulması açısından belirlenmesi gereken bir kriterdir. Kek üretimi sırasında pişme kaybının artmasına paralel olarak kekte arzu edilmeyen boyutsal küçülme de meydana gelebilmektedir. Ayrıca pişme kaybına bağlı olarak kekin kuruması da söz konusu olabilir. Kullanılan formülasyon dışında kontrol edilemeyen birçok faktör de (fırın sıcaklığı, ortam sıcaklığı vb.) pişme kaybını etkileyebilmektedir.

Üretilen kontrol keklerinde meydana gelen pişme kaybı ağırlıkça % 9.78–14.42 arasında değişmiştir. Glütensiz keklerde meydana gelen pişme kaybı PK için % 12.18–16.76, MFK için % 9.01–11.64 ve KFK için ise % 10.67–14.22 arasında değişmiştir.

Yapılan çalışmalarda pişme kaybının buğday unu keklerinde % 9.44–12.38 (Akbaş, 2009), pirinç unu keklerinde ise % 11–14.4 arasında değiştiği (Turabi ve ark., 2008a) ifade edilmektedir.

### 4.3. Kek Formüllerinin Optimizasyonunda Tekstürel Özelliklerin Değişimi

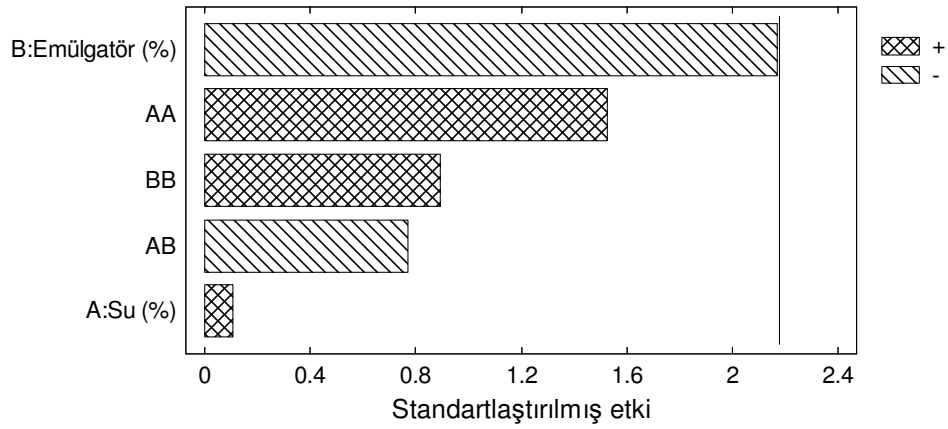
#### 4.3.1. Sertlik (Hardness)

##### 4.3.1.1. Kontrol keki (KK)

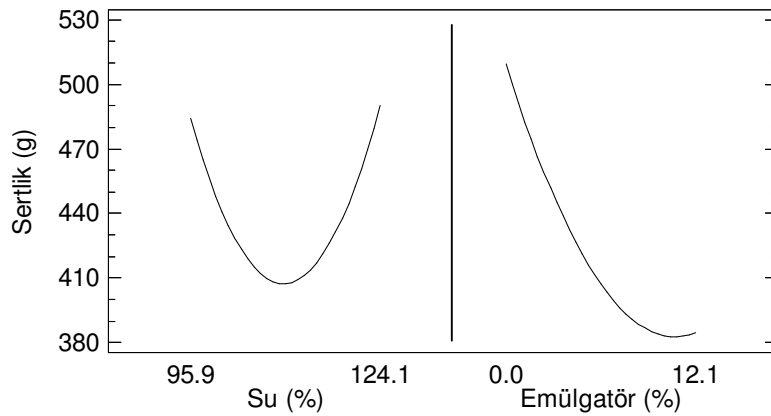
Üretilen kontrol keklerinin sertlik değerleri 298.85–628.68 arasında değişmiştir. Sertlik özelliğinde meydana gelen toplam farklılığın % 47.79'u bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarından oluşan ve kek sertliğini açıklayan modelimiz tarafından açıklanabilmektedir. Ek 3. Çizelge 37'de bu değerler üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.76'da ise bu etkilerin etki seviyeleri Pareto grafiğinde verilmiştir. Ek 3. Çizelge 37 ve Şekil 4.76'da görüldüğü gibi formülde kullanılan emülgatörün sertlik değeri açısından önemli etkisi vardır ( $P < 0.05$ ). Genel olarak formülde kullanılan emülgatör oranı arttıkça üretilen keklerin sertliği azalmaktadır. Kullanılan farklı su seviyelerinin sertlik değeri üzerine etkisi parabol oluşturmuştur. En düşük sertlik değeri % 110 civarında su kullanıldığında elde

edilmektedir (Şekil 4.77). Fakat suyun lineer, emülgatör ve suyun kuadratik etkileri ile interaksiyonlarının sertlik değerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 41). Sertlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\text{Sertlik} = 5056.79 - 85.44 * \text{Su} + 22.964 * \text{Emülgatör} + 0.4009 * \text{Su}^2 - 0.422525 * \text{Su} * \text{Emülgatör} + 1.08938 * \text{Emülgatör}^2$$



Şekil 4.76. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri



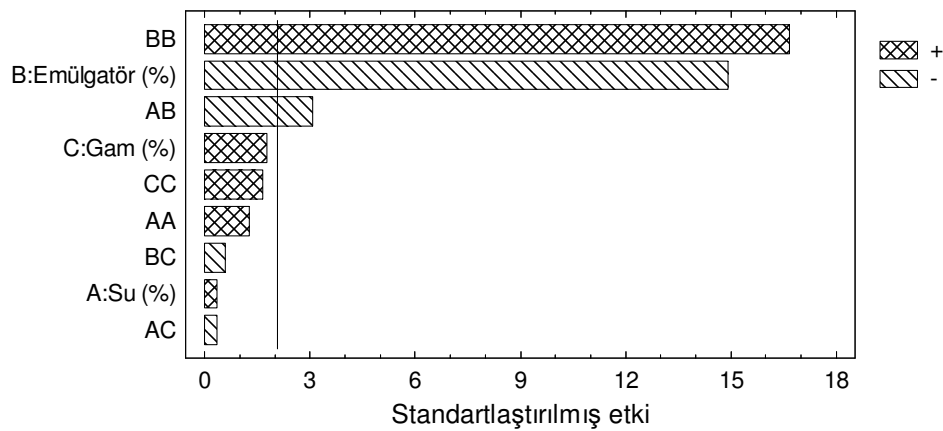
Şekil 4.77. Kontrol keki üretiminde ortalama sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.1.2. Pirinç keki (PK)

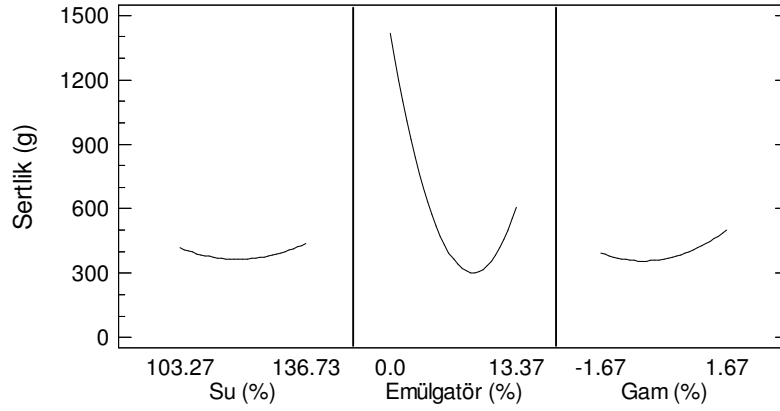
Pirinç unu ile üretilen glutensiz keklerin sertlik değerleri 350.5–1819.9 arasında değişmiştir. Bu geniş aralıkta meydana gelen değişim, emülgatörün sertlik değeri üzerinde oldukça etkili olması ve pirinç unu bileşimindeki yüksek amiloz oranı ile ilişkilendirilebilir. Sertlik özelliğinde meydana gelen farklılığın % 97.21'i bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarından oluşan ve kek sertliğini açıklayan modelimiz tarafından başarı ile açıklanabilmektedir. Bu değerler üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 38'de ve bu etkilerin etki seviyeleri ise Şekil 4.78'de Pareto grafiğinde verilmiştir.

Ek 3. Çizelge 38 ve Şekil 4.78'de görüldüğü gibi formülde kullanılan emülgatör oldukça önemli etkiye sahiptir. Emülgatörün kek sertliği üzerine lineer ve kuadratik etkisi  $P < 0.001$ , su ile emülgatör interaksiyonunun etkisi ise  $P < 0.01$  düzeyinde önemlidir. Formülde kullanılan emülgatörün artması kuadratik etkisinden dolayı belli bir noktaya kadar keklerin sertliğini azaltmakta olup daha sonra arttırmaktadır (Şekil 4.79). Bu bulgu Sahi ve Alava (2003) tarafından da ifade edilmektedir. Sertlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Sertlik} = & 3459.07 - 43.4891 * \text{Su} - 95.9924 * \text{Emülgatör} + 133.905 * \text{Gam} + 0.220504 * \text{Su}^2 - \\ & 1.31696 * \text{Su} * \text{Emülgatör} - 0.7142 * \text{Su} * \text{Gam} + 14.4917 * \text{Emülgatör}^2 - 2.47692 * \\ & \text{Emülgatör} * \text{Gam} + 29.0721 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.78. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri



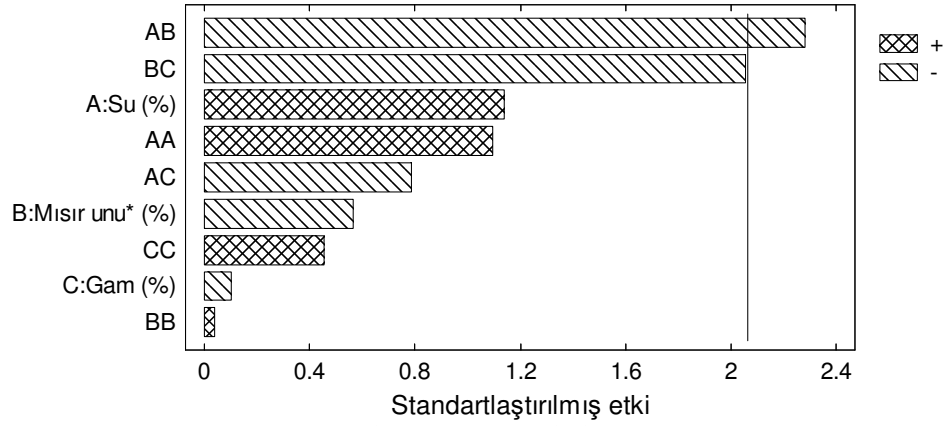
Şekil 4.79. Pirinç keki üretiminde ortalama sertlik değerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.1.3. Mısır formülü keki (MFK)

Un kaynağı olarak mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glütensiz keklerin sertlik değeri 376.3–1093.0 arasında değişmiştir. Sertlik değeri üzerine her bir faktörün etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 39’da verilmiştir. Mısır unu-patates nişastası karışımı ile gam karışımı ve mısır unu-patates nişastası karışımı ile su interaksiyonlarının üretilen keklerin sertlik değerini etkilediği ve bu etkinin istatistiksel olarak  $P < 0.05$  seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 39 ve Şekil 4.80).

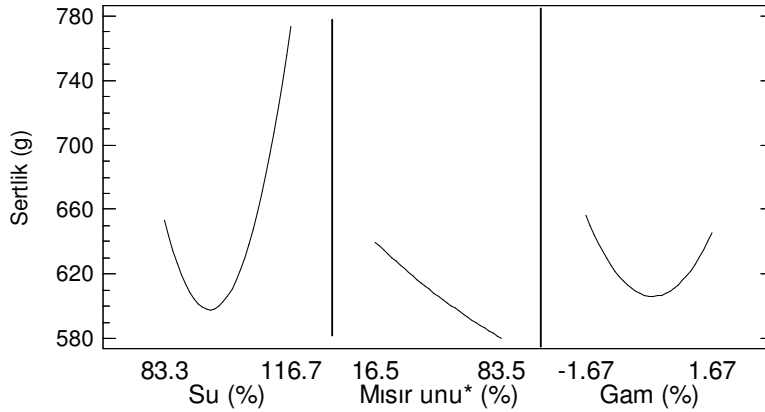
Şekil 4.80’de gösterilen Pareto grafiğinde her bir faktörün sertlik değeri üzerine etkisi önem sırasına göre verilmiştir. Formüldeki farklı su seviyelerinin sertlik değerine etkisi parabol grafiği oluşturmuş ve en uygun (düşük) sertlik değeri suyun yaklaşık % 100 civarında kullanımı ile elde edilmiştir. Belirtilen seviyenin altına veya üzerine çıkıldığında sertlik değeri yükselmektedir. Benzer durum gam karışımı için de geçerlidir (Şekil 4.81). Fakat farklı su seviyeleri ve gam karışımındaki farklılığın sertlik üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 39 ve Şekil 4.80). Sertlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Sertlik} = & 1780.64 - 49.5398 * \text{Su} + 45.8042 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + 532.757 * \text{Gam} \\ & + 0.383257 * \text{Su}^2 - 0.470337 * \text{Su} * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) - 3.24254 * \text{Su} * \\ & \text{Gam} + 0.00339591 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - 4.23471 * (\text{Mısır unu} + \\ & \text{patates nişastası}) * \text{Gam} + 15.9434 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.80. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri



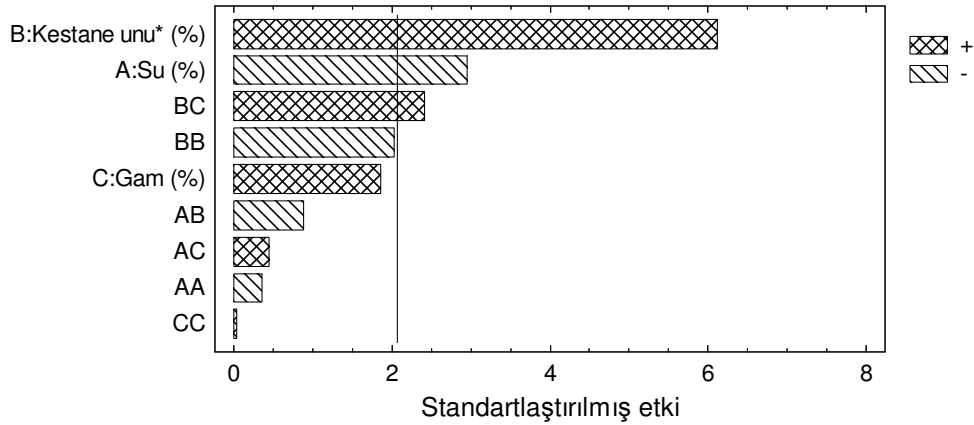
\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.81. Mısır formülü keki üretiminde ortalama sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.1.4. Kestane formülü keki (KFK)

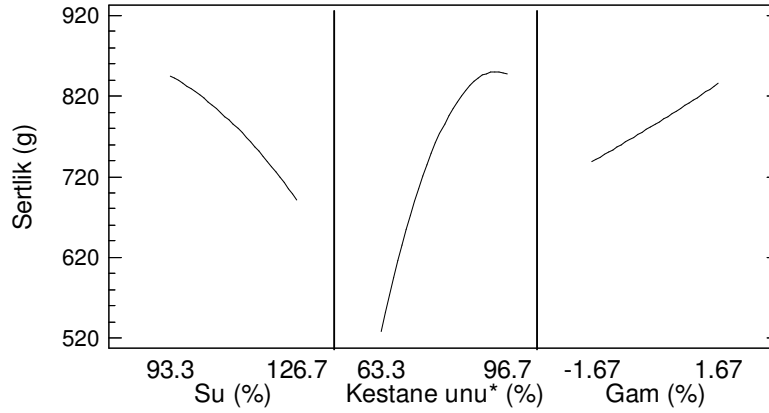
Un kaynağı olarak kestane unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen keklerin sertlik değeri 469.023–1005.141 arasında değişmiştir. Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarından oluşan modelimiz, sertlik özelliğinde meydana gelen toplam farklılığın % 71.75'ini başarı ile açıklayabilmektedir. Üretilen bu keklerin sertlik değerleri üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 40'da ve her bir faktörün etkisinin önem sırası ise Pareto grafiğinde Şekil 4.82'de verilmiştir.

Keklerin sertlik değeri üzerine kestane unu-patates nişastası karışımının etkisi  $P<0.001$ , farklı su seviyelerinin etkisi  $P<0.01$ , kestane unu-patates nişastası karışımı ile gam karışımı interaksiyonunun etkisi ise  $P<0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 40). Formüldeki su oranının artması sertlik değerini azaltırken kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça sertlik değeri artmaktadır (Şekil 4.83). Fakat gam karışımındaki farklılığın etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 40). Sertlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.82. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin sertlik değerine ait etki seviyeleri





\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.83. Kestane formülü keki üretiminde ortalama sertlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

$$\begin{aligned}
 \text{Sertlik (g)} = & -4034.72 - 461.97 * \text{Gam} + 85.3027 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\
 & 23.26 * \text{Su} + 0.5233 * \text{Gam}^2 + 4.892 * \text{Gam} * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) \\
 & + 0.905738 * \text{Gam} * \text{Su} - 0.349925 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 - \\
 & 0.179766 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Su} - 0.061278 * \text{Su}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.3.1.5. Sertlik değeri açısından formüllerin değerlendirilmesi

Kontrol keki ve pirinç unu keklerinin üretiminde formüle ilave edilen emülgatör oranı arttıkça keklerin sertliği azalmaktadır. Bu etki emülgatör ve nişasta arasındaki interaksyon tarafından açıklanmaktadır (Ronda ve ark., 2009). Farklı su seviyeleri sertlik değerini pirinç unlu kekte önemli derecede etkilemezken, kontrol kekinde söz konusu etki parabol oluşturmuştur. En düşük sertlik değeri % 110 civarında su kullanıldığında elde edilmekte olup, artan ve azalan su seviyeleri sertlik değerini arttırmaktadır. Benzer durum MF ile kek üretiminde hem su ve hem de gam karışımı için görülmektedir. En düşük sertlik değeri % 100 civarında su kullanıldığında elde edilmektedir.

MF ile kek üretiminde un kaynağının (mısır unu-patates nişastası karışımı) gam karışımı ve su ile interaksyonları üretilen keklerin sertlik değerini önemli derecede etkilemiştir. KF ile kek üretiminde ise formüldeki su oranının artması diğer

formüllerden farklılık göstermiş olup su seviyesinin artması ile sertlik değeri azalmaktadır. Öte taraftan un kaynağı karışımında kestane unu oranı ve gam karışımındaki guar gam oranı artıkça sertlik değeri artmaktadır. Diğer bir ifade ile patates nişastası ve ksantan gam daha yumuşak kek üretimine olanak sağlamaktadır. Go´mez ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Araştırmacılar tarafından kek formülüne ilave edilen guar gam kontrole göre % 140 oranında sertlik değerini arttırırken, ksantan gam % 40 oranında sertlik değerini azaltmıştır. Bu farklılık gamlar ile nişasta arasında, retrogradasyonu etkileyen kimyasal etkileşimlerine bağlanmaktadır.

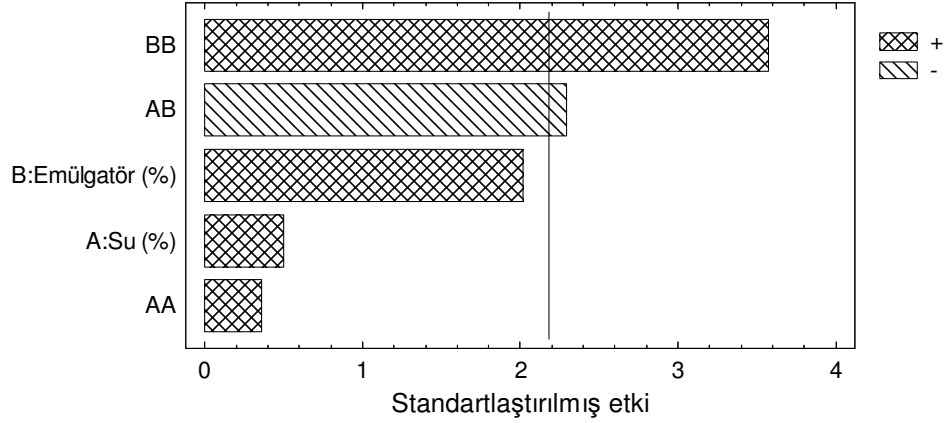
#### **4.3.2. Yapışkanlık (Cohesiveness)**

##### **4.3.2.1. Kontrol keki (KK)**

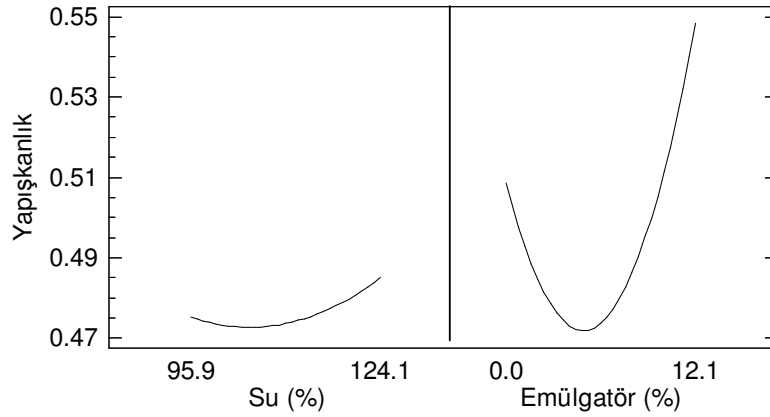
Buğday unu ile üretilen kontrol keklerinin yapışkanlık değerleri 0.442–0.580 arasında değişmiştir. Yapışkanlık özelliğine ait toplam farklılığın % 64.92’si modele dahil edilen bileşenlerin (su ve emülgatör) lineer ve kuadratik etkileri ile bu bileşenlerin interaksyonları tarafından açıklanabilmektedir. Ek 3. Çizelge 41’de yapışkanlık üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.84’de ise bu etkilerin önem sırası verilmiştir.

Formülde kullanılan su ve emülgatörün yapışkanlık üzerine lineer etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bunun yanında su ile emülgatörün interaksyonu  $P<0.05$ , emülgatörün kuadratik etkisi ise  $P<0.01$  düzeyinde kek yapışkanlığını etkilemektedir (Ek 3. Çizelge 41). Kek yapışkanlığı üzerine formülde kullanılan emülgatörün etkisi parabol grafiği oluşturmuştur. Arzu edilen en düşük yapışkanlık değeri yaklaşık % 6 civarında emülgatör kullanımı ile elde edilmekte olup artan ve azalan emülgatör seviyeleri yapışkanlığı arttırmaktadır (Şekil 4.85). Yapışkanlık üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$Yapışkanlık = 0.581575 - 0.00429037 * Su + 0.0327076 * Emülgatör + 0.0000329696 * Su^2 - 0.0004325 * Su * Emülgatör + 0.00150131 * Emülgatör^2$$



Şekil 4.84. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri



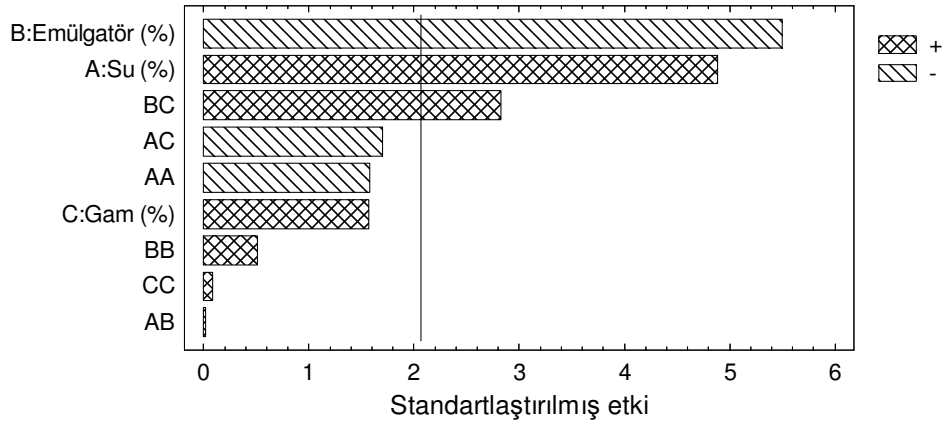
Şekil 4.85. Kontrol keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.2.2. Pirinç keki (PK)

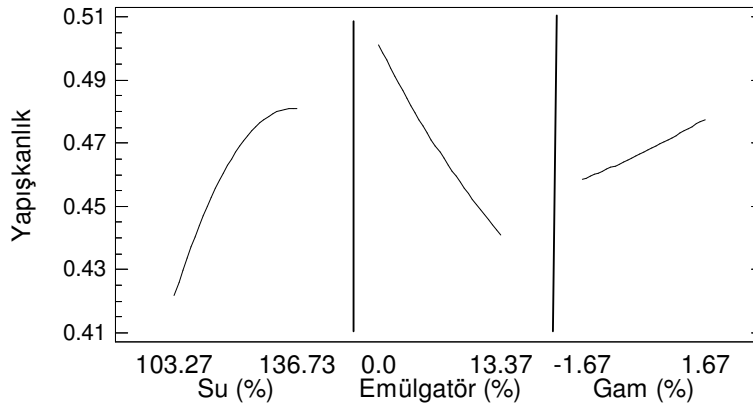
Pirinç unu ile üretilen keklerin yapışkanlık değerleri 0.397–0.563 arasında değişmiştir. Yapışkanlık özelliğinde meydana gelen toplam farklılığın % 76.65'i modele dahil edilen bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile bu bileşenlerin interaksyonları tarafından açıklanabilmektedir.

Yapışkanlık değeri üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 42’de verilmiştir. Ek 3. Çizelge 4.42 ve Şekil 4.86’da görüldüğü gibi formülde kullanılan su ve emülgatör oldukça önemli etkiye sahiptir. Farklı su ve emülgatör seviyelerinin kek yapışkanlığı üzerine lineer etkisi  $P<0.001$ , emülgatör ile gam interaksiyonunun etkisi ise  $P<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça ve su oranı arttıkça üretilen keklerin yapışkanlığı artmaktadır (Şekil 4.87). Yapışkanlık üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Yapışkanlık} = & -0.512356 + 0.0151356 * \text{Su} - 0.0058284 * \text{Emülgatör} + 0.07714 * \text{Gam} - \\ & 0.0000557514 * \text{Su}^2 + 0.00000125 * \text{Su} * \text{Emülgatör} - 0.00073125 * \text{Su} * \text{Gam} + \\ & 0.00008881 * \text{Emülgatör}^2 + 0.0024375 * \text{Emülgatör} * \text{Gam} + 0.0003084 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.86. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri



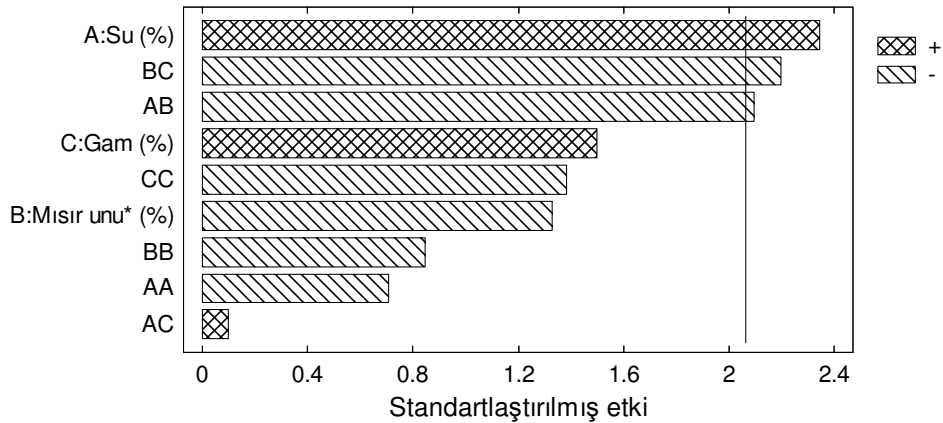
Şekil 4.87. Pirinç keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

### 4.3.2.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz keklerin yapışkanlık değeri 0.378–0.595 arasında değişmiştir. Bu kekin yapışkanlık özelliğine ait toplam farklılığın % 46.60'ı modele dahil edilen bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksyonları tarafından açıklanabilmektedir. Ek 3. Çizelge 43'de yapışkanlık değeri üzerine her bir faktörün etkisini gösteren varyans analiz sonuçları verilmiştir. Ek 3. Çizelge 43 ve Şekil 4.88'de görüldüğü gibi formülde kullanılan suyun lineer etkisi ile su\*un kaynağı (Mısır unu + patates nişastası) ve un kaynağı\*gam karışımı interaksyonları yapışkanlık değerini etkilemektedir ( $P < 0.05$ ).

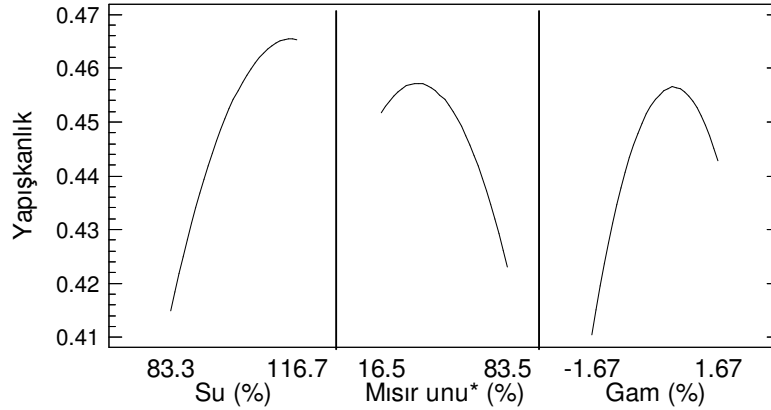
Formülde kullanılan su oranı ile genel olarak patates nişastası arttıkça üretilen keklerin yapışkanlığı artmaktadır. Fakat formülde kullanılan gam karışımındaki ksantan gam oranı arttıkça yapışkanlık azalmaktadır (Şekil 4.89). Yapışkanlık üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Yapışkanlık} = & -0.654609 + 0.0159553 * Su + 0.00985177 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) \\ & + 0.0476172 * Gam - 0.0000502852 * Su^2 - 0.0000878125 * Su * (\text{Mısır unu} \\ & + \text{patates nişastası}) + 0.00008125 * Su * Gam - 0.0000149728 * (\text{Mısır unu} + \\ & \text{patates nişastası}) - 0.000921875 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam - \\ & 0.00986914 * Gam^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.88. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

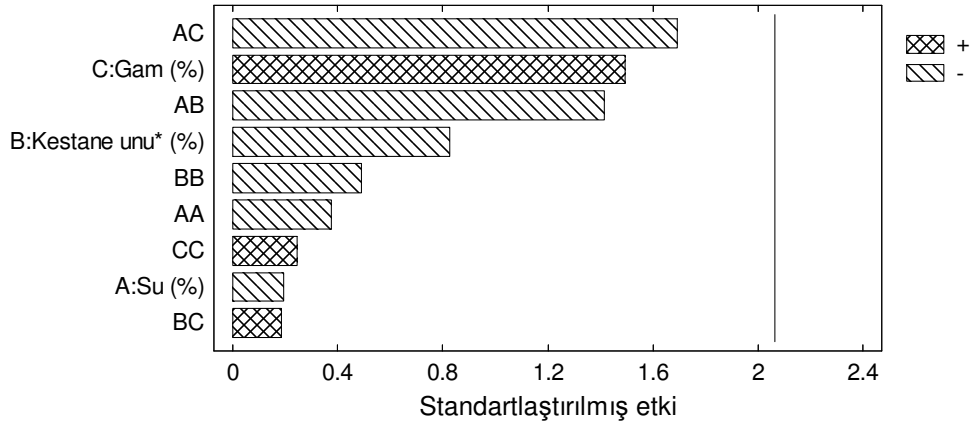
Şekil 4.89. Mısır formülü keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.2.4. Kestane formülü keki (KFK)

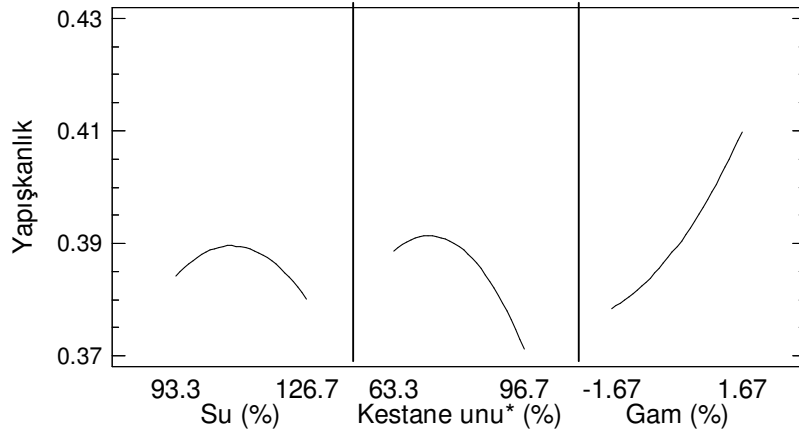
Kestane unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz keklerin yapışkanlık değeri 0.323-0.480 arasında değişmiştir. Üretilen bu keklerin yapışkanlık değerleri üzerine faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 44'de ve her bir faktörün etki seviyesi ise Şekil 4.90'da verilmiştir.

Formüldeki kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki ksantan gam oranı artıkça istatistiksel olarak önemsiz olsa da yapışkanlık değeri azalmaktadır (Şekil 4.91). Sertlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{Yapışkanlık} = & -1.11226 + 0.01491 * Su + 0.0177274 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\
 & 0.150041 * Gam - 0.0000260531 * Su^2 - 0.00011625 * Su * (\text{Kestane unu} + \\
 & \text{patates nişastası}) - 0.0013875 * Su * Gam - 0.0000341207 * (\text{Kestane unu} + \\
 & \text{patates nişastası})^2 + 0.00015 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * Gam + \\
 & 0.00169747 * Gam^2
 \end{aligned}$$



Şekil 4.90. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin yapışkanlık değerine ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.91. Kestane formülü keki üretiminde yapışkanlık değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.2.5. Yapışkanlık değeri açısından formüllerin değerlendirilmesi

Kontrol keki üretiminde yapışkanlık üzerine faktörlerin (su ve emülgatör) lineer etkisi önemli bulunmamıştır. Kek yapışkanlığı üzerine formülde kullanılan emülgatörün etkisi parabol grafiği oluşturmuştur. Arzu edilen en düşük yapışkanlık değeri yaklaşık % 6 civarında emülgatör kullanımı ile gerçekleştirilebilmekte olup artan ve azalan emülgatör seviyeleri yapışkanlığı arttırmaktadır. Bu durum emülgatörün kuadratik etkisinin önemli olması ile açıklanabilir.

Pirinç unlu keklerde yapışkanlık üzerine su ve emülgatör önemli etkiye sahiptir. Formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça ve su oranı arttıkça üretilen keklerin yapışkanlığı artmaktadır.

MF ile kek üretiminde formülde kullanılan su oranı ile genel olarak ilave edilen patates nişastası arttıkça üretilen keklerin yapışkanlığı artmaktadır. Bunun yanında hem MFK ve hem de KFK üretiminde kullanılan gam karışımındaki ksantan gam oranı arttıkça yapışkanlık azalmaktadır.

Kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı arttıkça istatistiksel olarak önemsiz olsa da yapışkanlık değeri azalmaktadır. Başka bir ifade ile un kaynağı karışımında patates nişastasının artması mısır unlu keklerde olduğu gibi yapışkanlığı arttırmaktadır.

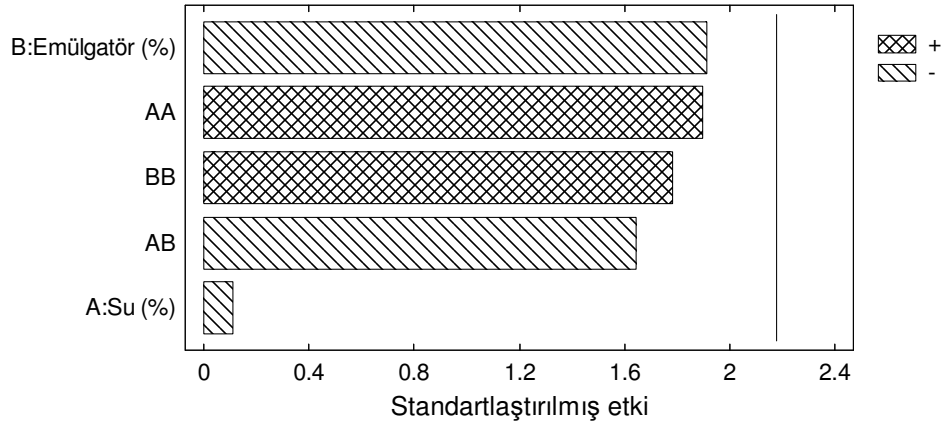
### 4.3.3. Çiğnenebilirlik (Chewiness)

#### 4.3.3.1. Kontrol keki (KK)

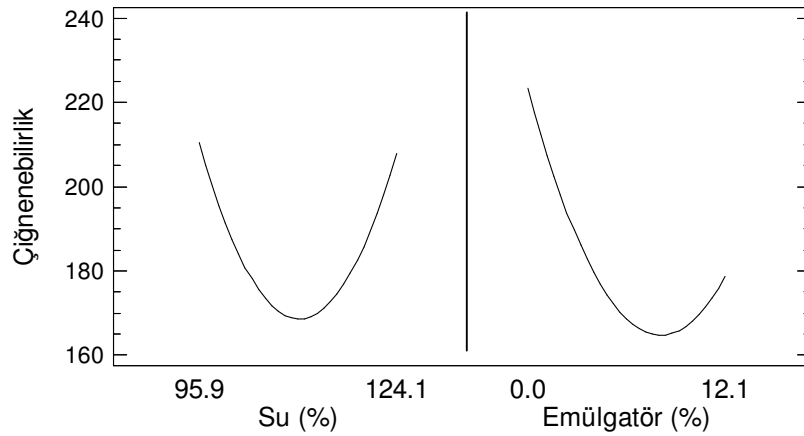
Buğday unu kullanılarak hazırlanan kontrol keklerinin çiğnenebilirlik değerleri 129.695–310.089 arasında değişmiştir. Üretilen keklerin çiğnenebilirlik değerleri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 45’de verilmiştir. Kullanılan emülgatör seviyelerinin etkisinin suya göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.92). Fakat farklı su ve emülgatör seviyelerinin kek çiğnenebilirlik değeri üzerine lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Genel olarak formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça üretilen keklerin çiğnenebilirlik değeri artmaktadır. Formülde kullanılan su seviyeleri ise parabol oluşturmuştur. En düşük çiğnenebilirlik değeri %110 civarında su kullanıldığında elde edilmekte olup, artan ve azalan su seviyeleri bu değeri arttırmaktadır (Şekil 4.93). Çiğnenebilirlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\text{Çiğnenebilirlik} = 2446.85 - 42.5544 * Su + 25.9848 * \text{Emülgatör} + 0.203118 * Su^2 - 0.367835 * Su * \text{Emülgatör} + 0.890322 * \text{Emülgatör}^2$$





Şekil 4.92. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri



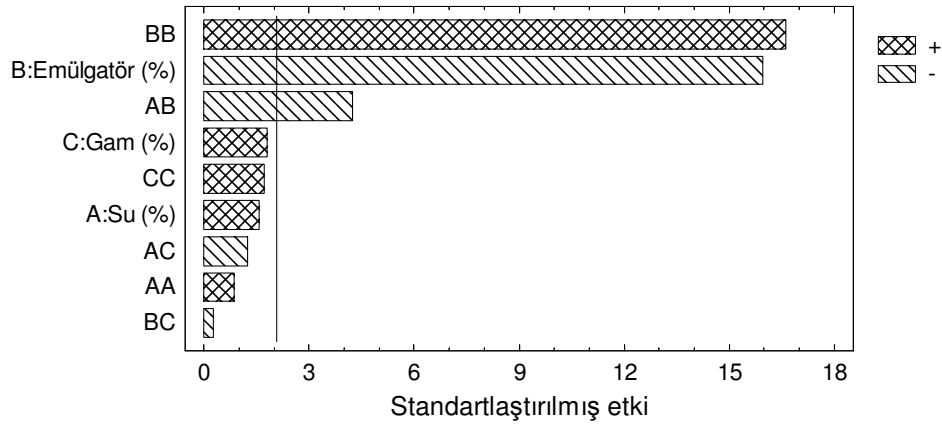
Şekil 4.93. Kontrol keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.3.2. Pirinç keki (PK)

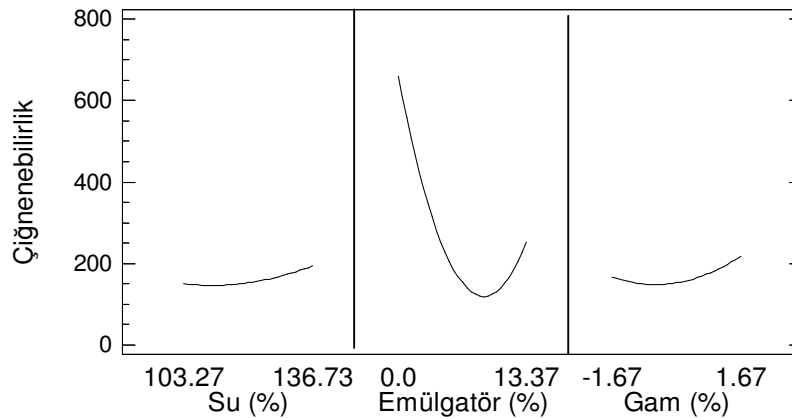
Pirinç unu kullanılarak hazırlanan glutensiz keklerin çiğnenebilirlik değerleri 128.961 – 806.264 arasında değişmiştir. Çiğnenebilirlik özelliğindeki toplam farklılığın oldukça önemli bir kısmı (% 97.41) bileşenlerin lineer ve kuadratik etkisi ile interaksiyonlarından oluşan modelimiz tarafından açıklanabilmektedir.

Üretilen keklerin çiğnenebilirlik değerleri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 46'da verilmiştir. Ek 3. Çizelge 46 ve

Şekil 4.94'de görüldüğü gibi formülde kullanılan emülgatör oldukça önemli etkiye sahiptir. Emülgatörün farklı seviyelerinin kek çiğnenebilirliği üzerine lineer ve kuadratik etkileri  $P < 0.001$ , su ile emülgatör interaksyonunun etkisi ise  $P < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Formülde kullanılan su seviyeleri ile gam karışımındaki farklılığın çiğnenebilirlik üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça üretilen keklerin çiğnenebilirlik değeri artmaktadır (Şekil 4.95). Çiğnenebilirlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.94. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri



Şekil 4.95. Pirinç keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

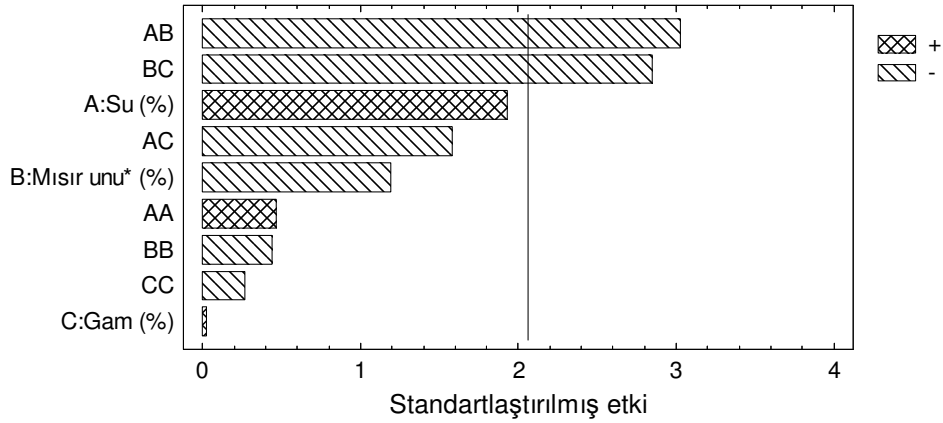
$$\begin{aligned} \text{Çiğnenabilirlik} = & 811.737 - 9.57491 * Su - 18.7405 * \text{Emülgatör} + 168.052 * \text{Gam} + 0.0691581 \\ & * Su^2 - 0.85256 * Su * \text{Emülgatör} - 1.24518 * Su * \text{Gam} + 6.78675 * \text{Emülgatör}^2 \\ & - 0.5273 * \text{Emülgatör} * \text{Gam} + 13.9842 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$

#### 4.3.3.3. Mısır formülü keki (MFK)

Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz keklerin çiğnenabilirlik değeri 134.267–469.680 arasında değişmiştir. Üretilen keklerin çiğnenabilirlik değerleri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 47’de verilmiştir. Ek 3. Çizelge 47’de de görüldüğü gibi su\*mısır unu-patates nişastası karışımı ve mısır unu-patates nişastası karışımı\*gam karışımı interaksiyonlarının üretilen keklerin çiğnenabilirlik değerine etkileri P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Pareto grafiğinde bu etkilerin önem sırası Şekil 4.96’da verilmiştir. Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarından oluşan modelimiz kek çiğnenabilirlik özelliğinde meydana gelen toplam farklılığın % 51.56’sını açıklamaktadır.

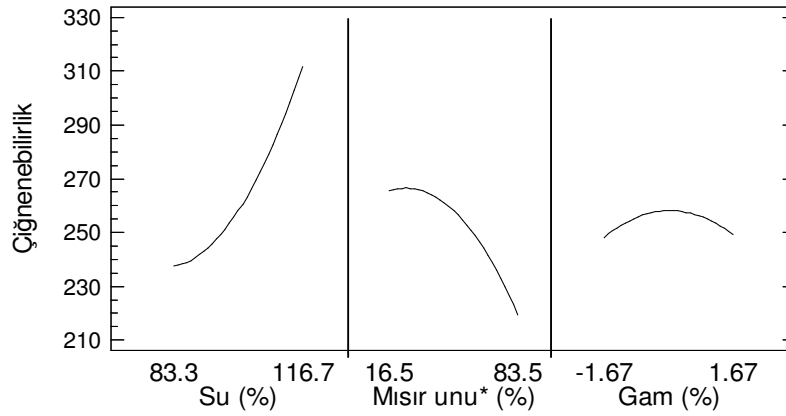
Formüldeki su oranının artması ve mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranının artması çiğnenabilirlik değerini arttırmaktadır. Bunun yanında ksantan-guar gam karışımındaki değişiklik çiğnenabilirlik değerini pek etkilememektedir (Şekil 4.97). Fakat formüldeki faktörlerin çiğnenabilirlik değeri üzerine lineer ve kuadratik etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05) (Ek 3. Çizelge 47 ve Şekil 4.96). Çiğnenabilirlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Çiğnenabilirlik} = & -509.282 + 1.74181 * Su + 23.4432 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 345.32 * \text{Gam} + 0.0593 * Su^2 - 0.227386 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) \\ & - 2.38084 * Su * \text{Gam} - 0.0139076 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası})^2 - \\ & 2.13933 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Gam} - 3.38784 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.96. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çiğnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

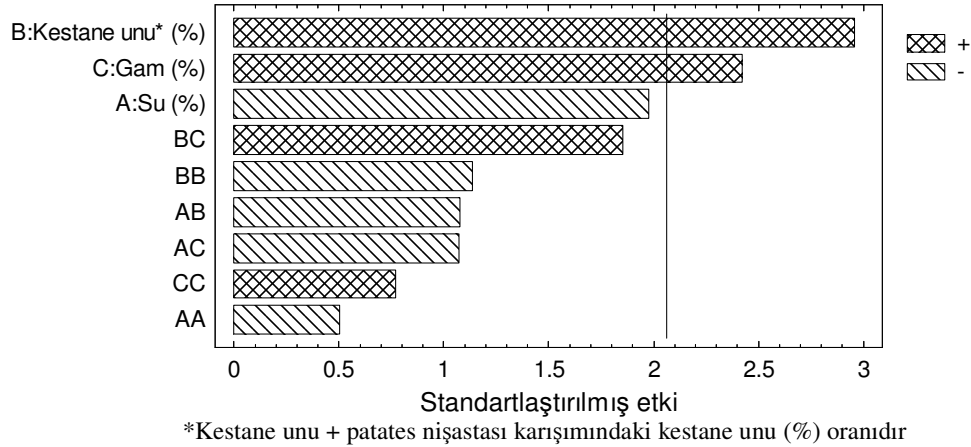
Şekil 4.97. Mısır formülü keki üretiminde çiğnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.3.4. Kestane formülü keki (KFK)

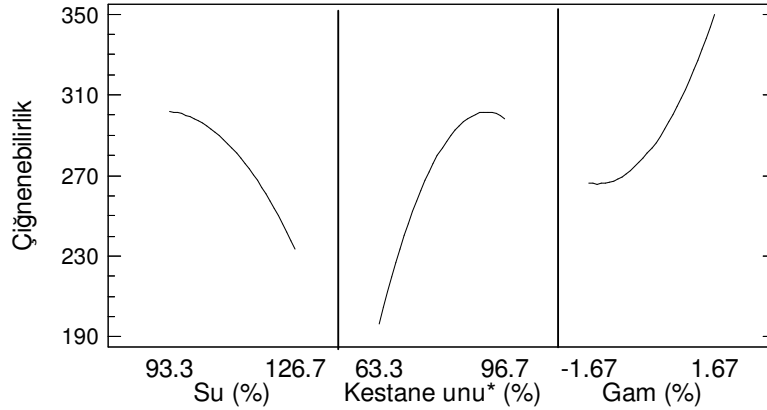
Kestane unu kullanılarak hazırlanan glutensiz keklerin çiğnenebilirlik değerleri ise 180.553–446.360 arasında değişmiştir. Üretilen keklerin çiğnenebilirlik değerleri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 48'de verilmiştir. Kestane unu-patates nişastası karışımının çiğnenebilirlik değerine etkisi  $P < 0.01$ , gam karışımının etkisi ise  $P < 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 48). Pareto grafiğinde bu etkilerin önem sırası Şekil 4.98'de verilmiştir.

Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarından oluşan modelimiz kek çığnenebilirlik özelliğinde meydana gelen farklılığın % 53.03'ünü açıklamaktadır. Formüldeki su oranının artması çığnenebilirlik değerini azaltırken kestane unu-patates nişastası karışımındaki kestane unu oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça çığnenebilirlik değeri artmaktadır (Şekil 4.99). Fakat kullanılan su seviyelerindeki farklılığın çığnenebilirlik üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 48 ve Şekil 4.98). Çığnenebilirlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Çığnenebilirlik} = & -2541.5 - 15.6267 * \text{Gam} + 39.7295 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\ & 22.2984 * \text{Su} + 8.67642 * \text{Gam}^2 + 2.48469 * \text{Gam} * (\text{Kestane unu} + \text{patates} \\ & \text{nişastası}) - 1.43805 * \text{Gam} * \text{Su} - 0.1299 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası})^2 \\ & - 0.144557 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Su} - 0.0580534 * \text{Su}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.98. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin çığnenebilirlik değerine ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.99. Kestane formülü keki üretiminde çığnenebilirlik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.3.5. Çığnenebilirlik açısından formüllerin değerlendirilmesi

Kontrol keki üretiminde farklı su ve emülgatör seviyelerinin kek çığnenebilirliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsizdir ( $P>0.05$ ). Genel olarak formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça üretilen keklerin çığnenebilirlik değeri artmaktadır. Formülde kullanılan su seviyeleri ise parabol oluşturmuştur. En düşük çığnenebilirlik değeri % 110 civarında su kullanıldığında elde edilmekte olup, artan ve azalan su seviyeleri bu değeri arttırmaktadır.

Pirinç unlu kek üretiminde formülde kullanılan emülgatör oldukça önemli etkiye sahiptir. Formüldeki oranı arttıkça üretilen keklerin çığnenebilirlik değeri azalmaktadır. Formülde kullanılan su seviyeleri ile gam karışımındaki farklılığın çığnenebilirlik üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). MFK üretiminde formüldeki su oranının artması, mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranının artması çığnenebilirlik değerini artırmaktadır. Bunun yanında gam karışımındaki değişiklik çığnenebilirlik değerini pek etkilememektedir.

Kestane unlu kek üretiminde ise kullanılan su seviyesinin artması istatistiksel olarak önemsiz olsa da ( $P>0.05$ ) çığnenebilirlik değerini azaltmaktadır. Un kaynağı karışımındaki (kestane unu+patates nişastası) kestane unu oranı ve gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça çığnenebilirlik değeri artmaktadır. Çığnenebilirlik değeri üzerine

guar gamın daha etkili olduğu Go'mez ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada da görülmektedir. Yapılan bir çalışmada üretilen kontrol ve yağı azaltılmış keklerin çignenebilirlik değerleri 118.65 ile 752.83 arasında değişmiştir (Akbaş, 2009) .

#### 4.3.4. Esneklik (Resilience)

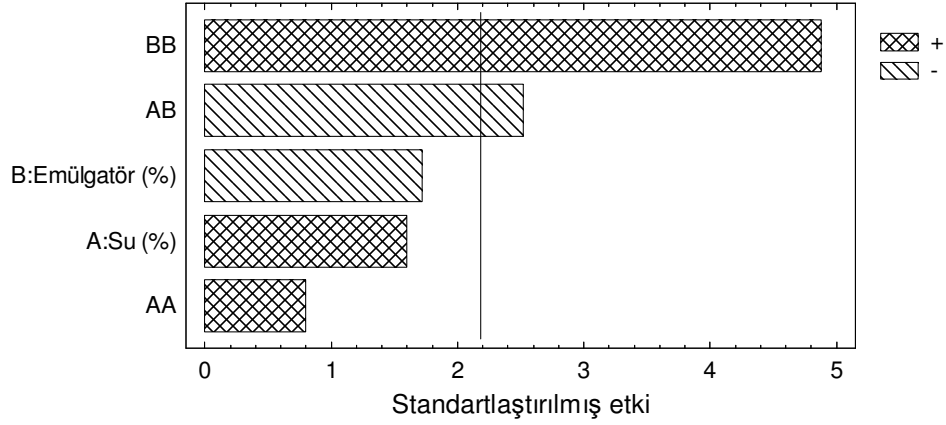
##### 4.3.4.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu ile üretilen kontrol keklerinin esneklik değeri 0.116 ile 0.221 arasında değişmiştir. Esneklik özelliğine ait toplam farklılığın % 78.15'lik bir kısmı modelde alınan bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile aralarındaki interaksiyon tarafından açıklanabilmektedir.

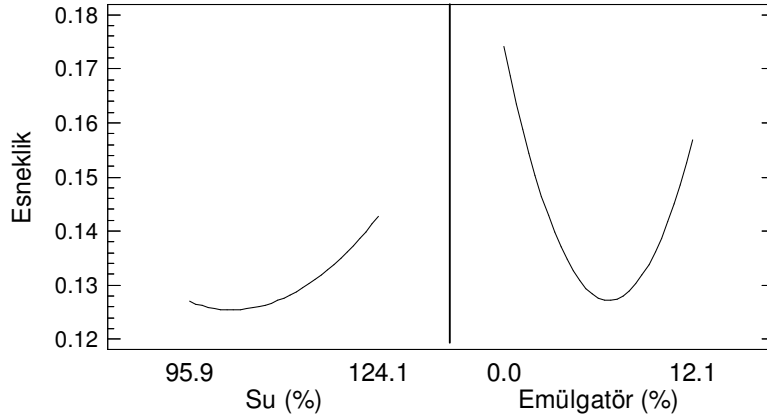
Üretilen keklerin esneklik değeri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 49'da verilmiştir. Emülgatörün kuadratik etkisi  $P<0.001$ , emülgatör ile su interaksiyonunun etkisi ise  $P<0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı seviyelerde kullanılan emülgatörün lineer ile suyun lineer ve kuadratik etkisi önemsiz bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 49). Pareto grafiğinde bu etkilerin önem sırası Şekil 4.100'de verilmiştir.

Formülde kullanılan su oranı arttıkça üretilen keklerin esneklik değeri artmaktadır. Formüldeki farklı emülgatör seviyelerinin esneklik değeri üzerine etkisi parabol grafiği oluşturmuştur. En düşük esneklik değeri emülgatörün yaklaşık % 6 civarında kullanımı ile elde edilirken, belirtilen seviyenin altında veya üzerinde kullanım esneklik değerini artmaktadır (Şekil 4.101). Esneklik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Esneklik=0.39272-0.00598826*Su+0.0124477*Emülgatör+0.0000363736*Su^2-0.00024*Su*Emülgatör+0.00103452*Emülgatör^2$$



Şekil 4.100. Kontrol keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri



Şekil 4.101. Kontrol keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.4.2. Pirinç keki (PK)

Pirinç unu ile üretilen glütensiz keklerin esneklik değeri 0.122 ile 0.232 arasında değişmiştir. Esneklik özelliğine ait toplam farklılığın önemli bir kısmı (% 85.59) modele alınan bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonları tarafından açıklanabilmektedir.

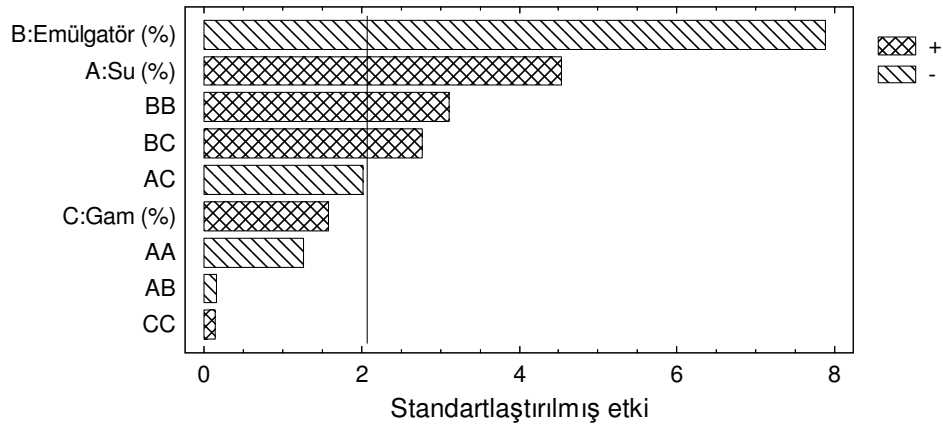
Üretilen keklerin esneklik değerleri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 4.50'de verilmiştir. Ek 3. Çizelge 50 ve Şekil 4.102'de görüldüğü gibi formülde kullanılan emülgatör ve su oldukça önemli



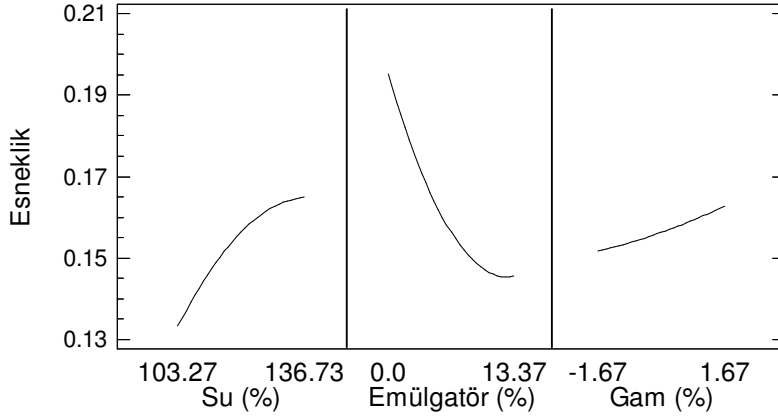
etkiye sahiptir. Farklı seviyelerde kullanılan emülgatör ve suyun kek esnekliği üzerine lineer etkileri  $P < 0.001$  düzeyinde önemli iken, emülgatörün kuadratik etkisi ile emülgatör ve gam karışımı interaksiyonunun etkisi ise  $P < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça, su oranı ise arttıkça üretilen keklerin esneklik değeri artmaktadır Formülde kullanılan gam karışımında guar gam lehine bir artış esneklik değerini arttırmaktadır (Şekil 4.103). Fakat gam karışımındaki farklılığın çiğnenebilirlik üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 50). Esneklik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Esneklik} = & -0.292924 + 0.00714177 * Su - 0.00699757 * \text{Emülgatör} + 0.0540861 * \text{Gam} - \\ & 0.0000256241 * Su^2 - 0.0000075 * Su * \text{Emülgatör} - 0.0005 * Su * \text{Gam} + \\ & 0.000313403 * \text{Emülgatör}^2 + 0.001375 * \text{Emülgatör} * \text{Gam} + 0.000291793 * \text{Gam}^2 \end{aligned}$$



Şekil 4.102. Pirinç keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri

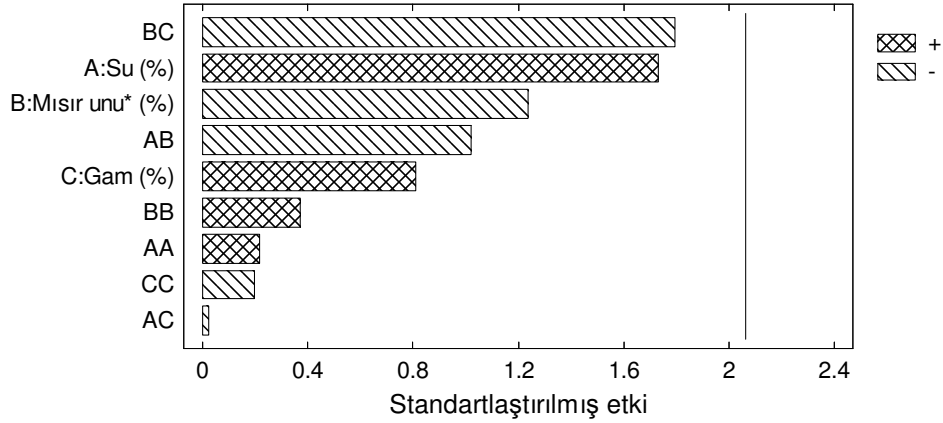


Şekil 4.103. Pirinç keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.4.3. Mısır formülü keki (MFK)

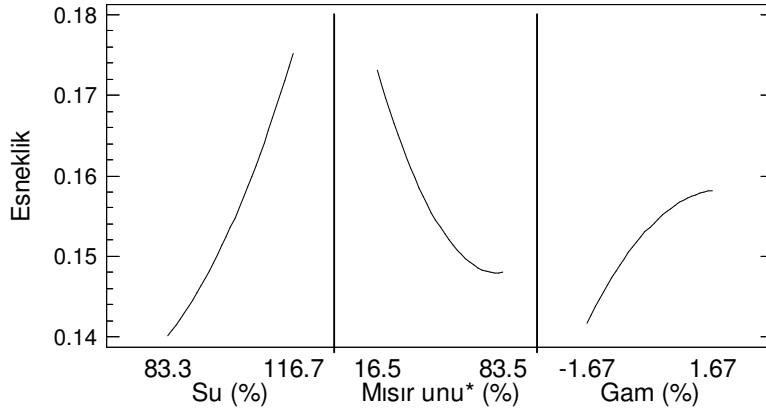
Mısır unu ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz keklerin esneklik değeri 0.121 ile 0.278 arasında değişmiştir. Üretilen keklerin esneklik değeri üzerine faktörlerin etkilerini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 51’de ve bu etkilerin önem sıraları ise Şekil 4.104’de verilmiştir. Formülde kullanılan su oranı, kestane unu-patates nişastası karışımındaki patates nişastası oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki guar gam oranı artıça esneklik değeri artmaktadır (Şekil 4.105). Fakat bileşenlerin lineer ve kuadratik etkisi ile interaksiyonlarının esneklik değerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 51). Esneklik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{Esneklik} = & 0.0269452 + 0.000150873 * Su + 0.0030405 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) + \\
 & 0.0422521 * Gam + 0.000014572 * Su^2 - 0.0000403125 * Su * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\
 & \text{nişastası}) - 0.00001875 * Su * Gam + 0.00000616336 * (\text{Mısır unu} + \text{patates} \\
 & \text{nişastası})^2 - 0.000709375 * (\text{Mısır unu} + \text{patates nişastası}) * Gam - 0.0013 * Gam^2
 \end{aligned}$$



\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.104. Mısır formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri



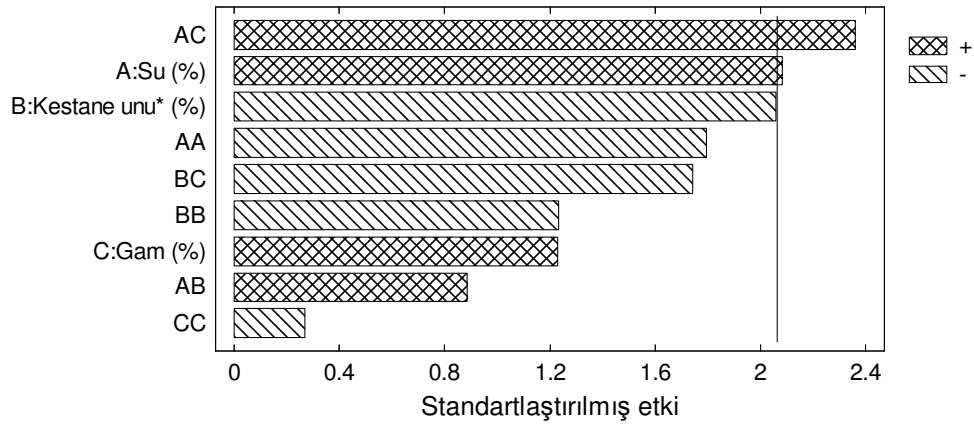
\*Mısır unu + patates nişastası karışımındaki mısır unu (%) oranıdır

Şekil 4.105. Mısır formülü keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

#### 4.3.4.4. Kestane formülü keki (KFK)

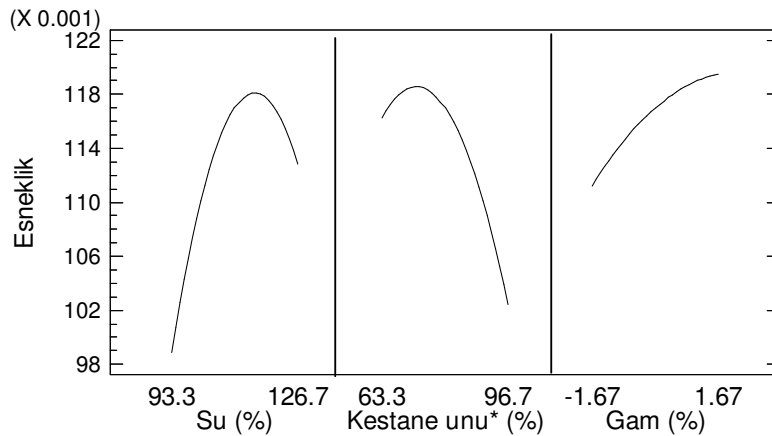
Kestane unu ile üretilen glutensiz keklerin esneklik değeri 0.081 ile 0.139 arasında değişmiştir. Üretilen keklerin esneklik değerleri üzerine modeldeki faktörlerin etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Ek 3. Çizelge 52'de ve faktörlerin etkilerinin önem seviyesi Şekil 4.106'da verilmiştir. Kullanılan farklı su seviyeleri ile su ve gam karışımı interaksiyonunun esneklik değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ) (Ek 3. Çizelge 52). Formülde kullanılan su oranının belli bir

noktaya kadar artması esneklik değerini arttırmıştır. Fakat kullanılan fazla miktardaki su esneklik değerinde düşmeye neden olmuştur. Öte yandan kestane unu-patates nişastası karışımındaki patates nişastası oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki guar gam oranı artıkça esneklik değeri artmaktadır (Şekil 4.107). Fakat bu artış istatistiksel olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur (Ek 3. Çizelge 52 ve Şekil 4.106). Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkileri ile interaksiyonlarından oluşan modelimiz kek esneklik özelliğinde meydana gelen toplam farklılıkların % 49.46'sını açıklamaktadır. Esneklik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.106. Kestane formülü keki üretiminde deneme faktörlerinin esneklik değerine ait etki seviyeleri



\*Kestane unu + patates nişastası karışımındaki kestane unu (%) oranıdır

Şekil 4.107. Kestane formülü keki üretiminde esneklik değeri üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

$$\begin{aligned}
 \text{Esneklik} = & -0.351607 - 0.0290975 * \text{Gam} + 0.00143517 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) + \\
 & 0.0073587 * \text{Su} - 0.000602354 * \text{Gam}^2 - 0.00045625 * \text{Gam} * (\text{Kestane unu} + \\
 & \text{patates nişastası}) + 0.00061875 * \text{Gam} * \text{Su} - 0.0000274535 * (\text{Kestane unu} + \\
 & \text{patates nişastası})^2 + 0.000023125 * (\text{Kestane unu} + \text{patates nişastası}) * \text{Su} - \\
 & 0.0000399538 * \text{Su}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.3.4.5. Esneklik değeri açısından formüllerin değerlendirilmesi

Kontrol, pirinç unlu ve mısır unlu kek üretiminde formülde kullanılan su oranı arttıkça üretilen keklerin esneklik değeri artmaktadır. Kontrol keki üretiminde formüldeki farklı emülgatör seviyelerinin esneklik değeri üzerine etkisi parabol grafiği oluşturmuştur. En düşük esneklik değeri emülgatörün yaklaşık % 6 civarında kullanımı ile elde edilirken belirtilen seviyenin altında veya üzerinde kullanım esneklik değerini artmaktadır. Pirinç unlu keklerde ise formülde kullanılan emülgatör oranı azaldıkça üretilen keklerin esneklik değeri artmaktadır. Sahi ve Alava (2003) tarafından yapılan bir çalışmada da kullanılan iki farklı emülgatörün azalan seviyeleri üretilen keklerin esneklik değerini arttırmıştır. Bu etki emülgatör kullanımının unlardaki protein ve nişasta arasındaki interaksiyonların kuvvetini azaltması ile açıklanmaktadır. Etkinin fazla olması durumunda üründe gevrek ve kolay dağılabilen bir yapının oluşması söz konusu olabilir. Bu çalışmada üretilen pirinç keklerinde kullanılan gam karışımında guar gam lehine bir artış esneklik değerini istatistiksel olarak önemsiz düzeyde arttırmaktadır.

Mısır unlu kek üretiminde kullanılan kestane unu-patates nişastası karışımındaki patates nişastası oranı ve ksantan-guar gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça esneklik değeri istatistiksel olarak önemsiz bir düzeyde artmaktadır ( $P > 0.05$ ).

Kestane unlu kek üretiminde ise kullanılan su oranının belli bir noktaya kadar artması esneklik değerini arttırmıştır. Fakat kullanılan fazla miktardaki su esneklik değerinde düşmeye neden olmuştur. Buna karşılık kestane unu-patates nişastası karışımındaki patates nişastası oranı ve gam karışımındaki guar gam oranı arttıkça esneklik değeri önemsiz düzeyinde arttırmaktadır. Go'mez ve ark. (2008) yaptıkları araştırmada ürettikleri taze keklerin esneklik değeri üzerine guar ve ksantan gamlarının

etkisini önemsiz bulmuştur. Akbaş (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise kontrol ve yağı azaltılmış keklerin esneklik değerleri 0.075 ile 0.179 arasında değişmiştir.

#### 4.4. Formül Optimizasyonu

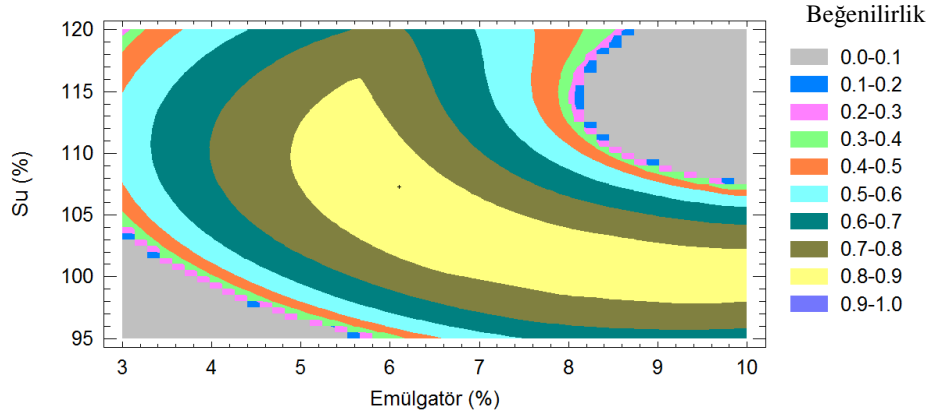
Ürün geliştirme çalışmalarında tercih edilen en önemli yöntemlerden birisi çoklu faktörlerin optimizasyonu ve beğenilirlik değerlerinin kullanılmasıdır. Bu amaçla YYY yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Doğan ve Yıldız, 2010). İlk defa Harrington (1965) tarafından kullanılan beğenilirlik değeri incelenen kalite özelliklerinin 0 ile 1 arasında değişen skalaya dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Bütün faktörler birlikte değerlendirildiğinde toplam ortalama beğenilirlik değeri elde edilmektedir. Bu da her faktöre ait beğenilirlik değerlerinin geometrik ortalamasıdır (Akbaş, 2009).

##### 4.4.1. Kontrol keki (KK)

Buğday unu kullanılarak üretilen kontrol keklerinde kullanılan emülgatör ve su seviyelerinin beğenilirlik değeri üzerine etkileri verilmiştir (Şekil 4.108). Değerlendirilen kek özelliklerinin bütünü göz önüne alındığında, % 6 emülgatör ve % 107 su kullanıldığında arzu edilen özelliklere sahip en uygun kek üretmek mümkün olmuştur. Kek özgül hacmi, hamur yoğunluğu ile kek iç ve dış özellikleri göz önüne alındığında beğenilirlik değeri 0.905 olan kek elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Kontrol keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler

<b>Kek özellikleri</b>	<b>Optimize değer</b>	<b>Elde edilen değer</b>
Dış Özellik	25.6	26.5
Özgül hacim (ml/g)	2.7	2.9
İç Özellik	75.1	75.5
Yoğunluk (g/ml)	0.71	0.68
<b>Beğenilirlik</b>	<b>0.905</b>	



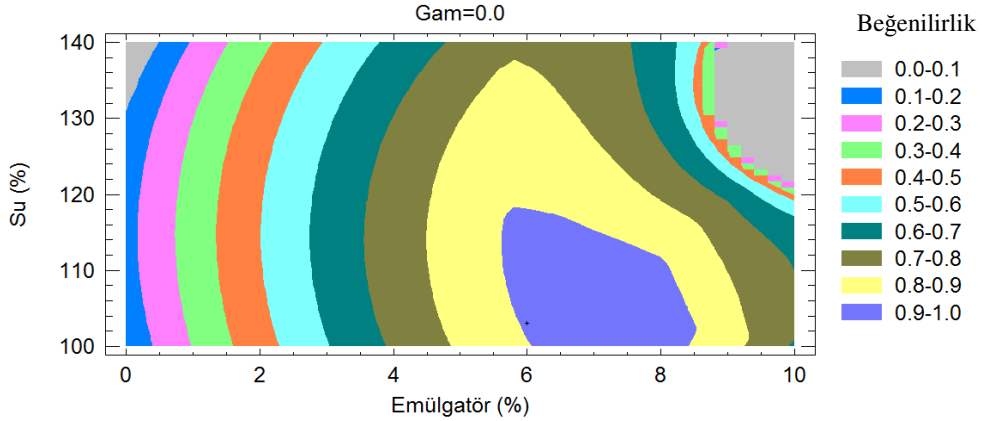
Şekil 4.108. Emülgatör ve su seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri

#### 4.4.2. Pirinç keki (PK)

Pirinç ununun kullanıldığı glutensiz keklerin üretiminde kullanılan emülgatör, su ve gam karışımı seviyelerinin beğenilirlik değeri üzerine etkileri Şekil 4.109'da verilmiştir. Tüm kek özellikleri göz önüne alındığında, sabit bileşenlerle birlikte % 6 emülgatör, % 103 su ile % 0.225 ksantan gam ve % 0.075 guar gam karışımı kullanıldığında kontrol kekine en yakın pirinç unlu glutensiz kek üretmek mümkün olmuştur. Bu keklerin beğenilirlik değeri kek özgül hacmi, hamur yoğunluğu ile kek iç ve dış özellikleri göz önüne alındığında 0.925 olmaktadır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Pirinç keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler

<b>Kek özellikleri</b>	<b>Optimize değer</b>	<b>Elde edilen değer</b>
Dış Özellik	26.6	26.0
Özgül hacim (ml/g)	2.7	2.8
İç Özellik	76.7	75.0
Yoğunluk (g/ml)	0.84	0.86
<b>Beğenilirlik</b>	<b>0.925</b>	



Şekil 4.109. Emülgatör, su ve gam seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri

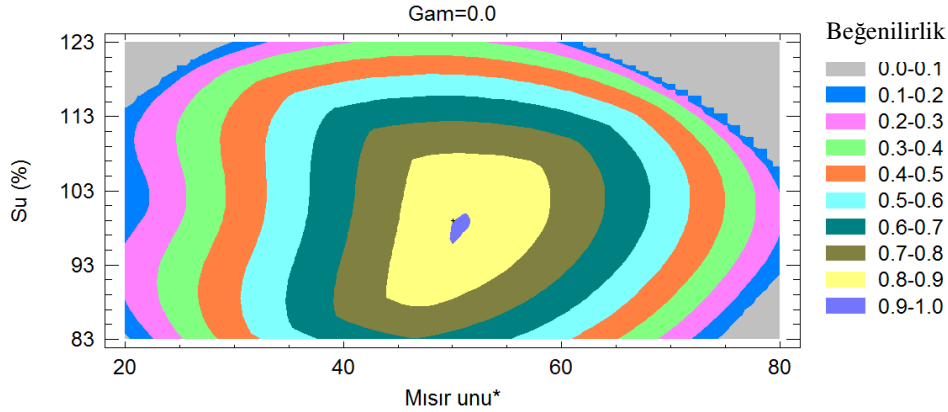
#### 4.4.3. Mısır formülü keki (MFK)

Un kaynağı olarak mısır unu ve patates nişastası karışımı ile üretilen glutensiz keklerin formülünde kullanılan su miktarı ile un ve gam karışımlarındaki değişimlerin beğenilirlik değeri üzerine etkileri Şekil 4.110'da verilmiştir. Çalışmada değerlendirilen tüm kek özellikleri göz önüne alındığında, sabit bileşenlerle birlikte 1:1 mısır unu ve patates nişastası karışımı (yani % 50 mısır unu), % 99 su ile 1:1 oranında ksantan ve guar gam karışımı kullanıldığında kontrol kekine en yakın glutensiz kek üretmek mümkün olmuştur. Bu keklerin değerlendirilmesinde kek özgül hacmi, hamur yoğunluğu ile kek iç ve dış özellikleri göz önüne alındığında beğenilirlik değeri 0.898 olmaktadır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Mısır formülü keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler

<b>Kek özellikleri</b>	<b>Optimize değer</b>	<b>Elde edilen değer</b>
Dış Özellik	28.1	26.0
Özgül hacim (ml/g)	2.7	2.7
İç Özellik	76.1	75.5
Yoğunluk (g/ml)	0.65	0.68
<b>Beğenilirlik</b>	<b>0.898</b>	





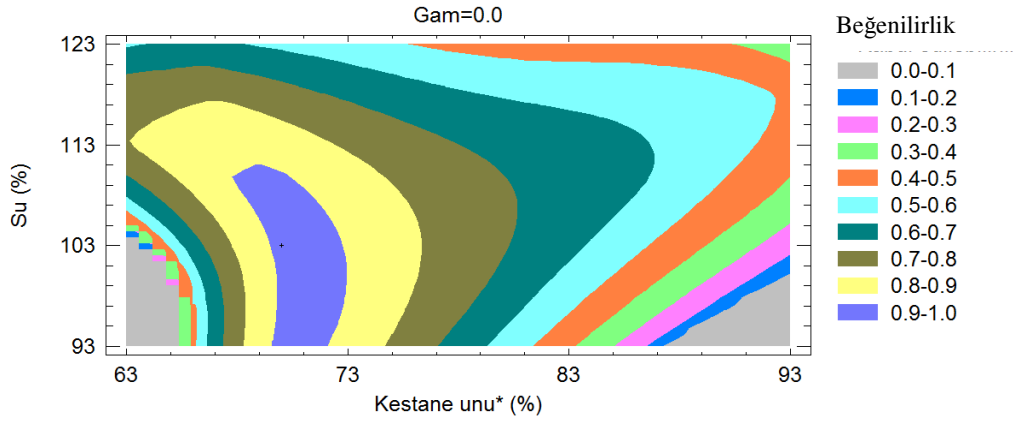
Şekil 4.110. Farklı mısır unu-patates nişastası ile ksantan-guar gam karışımlarının ve su seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri

#### 4.4.4. Kestane formülü keki (KFK)

Kestane unu- patates nişastası karışımı ile üretilen glutensiz keklerin formülünde kullanılan su miktarı ile un kaynağı (kestane unu ve patates nişastası) ve gam karışımındaki (ksantan gam ve guar gam) değişimlerin beğenilirlik değeri üzerine etkileri Şekil 4.111’de verilmiştir. Çalışmada değerlendirilen tüm kek özellikleri göz önüne alındığında, sabit bileşenlerle birlikte 7:3 oranında kestane unu ve patates nişastası karışımı (yani % 70 kestane unu), % 103 su ile % 0.225 ksantan gam ve % 0.075 guar gam karışımı kullanıldığında kontrol kekine en yakın mısır unlu glutensiz kek üretmek mümkün olmuştur. Bu glutensiz keklerin değerlendirilmesinde kek özgül hacmi, hamur yoğunluğu ile kek iç ve dış özellikleri göz önüne alındığında beğenilirlik değeri 0.941 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Kestane formülü keki için belirlenen optimum formül ile üretilen keklerin kek özelliklerine ait değerler

Kek özellikleri	Optimize değer	Elde edilen değer
Dış Özellik	25.2	24.0
Özgül hacim (ml/g)	2.1	2.1
İç Özellik	72.4	71.0
Yoğunluk (g/ml)	1.01	1.04
<b>Beğenilirlik</b>	<b>0.941</b>	



Şekil 4.111. Kestane unu-patates nişastası ve ksantan-guar gam karışımlarının ile su seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri

#### 4.5. Optimize Edilen Formüllere Transglutaminaz İlavesi

Optimize edilen kontrol ve glutensiz keklere transglutaminazın dört farklı seviyesi ( % 0, 0.25, 0.50 ve 0.75) ilave edilerek üretilen keklerin genel ve tekstürel özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13). Daha sonra YYY kullanılarak her bir formül için en uygun transglutaminaz kullanım seviyesi belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

##### 4.5.1. Kontrol keki (KK)

Optimize edilmiş kontrol kek formülüne ilave edilen farklı seviyelerdeki transglutaminaz enziminin her bir genel kek özelliği (yoğunluk, özgül hacim, kıvam, iç ve dış özellikler vb) ve tekstürel özellik (sertlik, yapışkanlık vb) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13). Kontrol kek için YYY kullanılarak yapılan karşılaştırmada en yüksek beğenilirlik değeri transglutaminaz kullanılmadan elde edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.12. Transglutaminaz ilave edilerek üretilen keklerin genel özelliklerindeki değişimler

Genel Özellikler	T.glutaminaz (%)	Formüller*			
		KK±SH	PK±SH	MFK±SH	KFK±SH
Özgül hacim (ml/g)	0	2.96 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.80 ± 0.142 <sup>a</sup>	2.68 ± 0.113 <sup>a</sup>	2.11 ± 0.063 <sup>c</sup>
	0.25	2.88 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.82 ± 0.142 <sup>a</sup>	2.68 ± 0.113 <sup>a</sup>	2.33 ± 0.063 <sup>a</sup>
	0.50	2.88 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.76 ± 0.142 <sup>ab</sup>	2.69 ± 0.113 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.063 <sup>ab</sup>
	0.75	2.86 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.64 ± 0.142 <sup>b</sup>	2.65 ± 0.113 <sup>a</sup>	2.26 ± 0.063 <sup>b</sup>
Yoğunluk (g/ml)	0	0.678 ± 0.013 <sup>b</sup>	0.861 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.677 ± 0.031 <sup>a</sup>	1.038 ± 0.034 <sup>a</sup>
	0.25	0.694 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.806 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.697 ± 0.031 <sup>a</sup>	0.874 ± 0.034 <sup>b</sup>
	0.50	0.693 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.814 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.696 ± 0.031 <sup>a</sup>	0.870 ± 0.034 <sup>b</sup>
	0.75	0.685 ± 0.013 <sup>ab</sup>	0.808 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.687 ± 0.031 <sup>a</sup>	0.855 ± 0.034 <sup>b</sup>
Dış özellik (puan)	0	26.5 ± 3.8 <sup>a</sup>	26.0 ± 1.96 <sup>a</sup>	26.0 ± 1.66 <sup>a</sup>	24.0 ± 2.19 <sup>a</sup>
	0.25	26.5 ± 3.8 <sup>a</sup>	26.0 ± 1.96 <sup>a</sup>	26.0 ± 1.66 <sup>a</sup>	25.0 ± 2.19 <sup>a</sup>
	0.50	25.5 ± 3.8 <sup>a</sup>	26.0 ± 1.96 <sup>a</sup>	26.0 ± 1.66 <sup>a</sup>	23.5 ± 2.19 <sup>a</sup>
	0.75	25.0 ± 3.8 <sup>a</sup>	25.0 ± 1.96 <sup>a</sup>	26.5 ± 1.66 <sup>a</sup>	24.0 ± 2.19 <sup>a</sup>
İç özellik (puan)	0	75.5 ± 6.66 <sup>a</sup>	74.5 ± 1.7 <sup>a</sup>	75.3 ± 2.01 <sup>a</sup>	71.0 ± 2.60 <sup>a</sup>
	0.25	73.5 ± 6.66 <sup>a</sup>	75.5 ± 1.7 <sup>ab</sup>	75.5 ± 2.01 <sup>a</sup>	72.5 ± 2.60 <sup>a</sup>
	0.50	73.0 ± 6.66 <sup>a</sup>	75.0 ± 1.7 <sup>ab</sup>	75.0 ± 2.01 <sup>a</sup>	70.5 ± 2.60 <sup>a</sup>
	0.75	72.0 ± 6.66 <sup>a</sup>	73.5 ± 1.7 <sup>b</sup>	75.5 ± 2.01 <sup>a</sup>	70.5 ± 2.60 <sup>a</sup>
Kıvam (mm)	0	272.7 ± 24.37 <sup>a</sup>	300.5 ± 33.9 <sup>a</sup>	289.7 ± 13.0 <sup>a</sup>	251.0 ± 9.31 <sup>a</sup>
	0.25	285.5 ± 24.37 <sup>a</sup>	293.2 ± 33.9 <sup>a</sup>	296.7 ± 13.0 <sup>a</sup>	247.5 ± 9.31 <sup>a</sup>
	0.50	276.7 ± 24.37 <sup>a</sup>	285.2 ± 33.9 <sup>a</sup>	289.7 ± 13.0 <sup>a</sup>	234.0 ± 9.31 <sup>b</sup>
	0.75	275.0 ± 24.37 <sup>a</sup>	291.2 ± 33.9 <sup>a</sup>	285.2 ± 13.0 <sup>a</sup>	243.5 ± 9.31 <sup>a</sup>
pH	0	7.08 ± 0.96 <sup>a</sup>	7.43 ± 0.078 <sup>a</sup>	7.35 ± 0.15 <sup>a</sup>	7.26 ± 0.08 <sup>b</sup>
	0.25	7.14 ± 0.96 <sup>a</sup>	7.36 ± 0.078 <sup>ab</sup>	7.47 ± 0.15 <sup>a</sup>	7.27 ± 0.08 <sup>b</sup>
	0.50	7.28 ± 0.96 <sup>a</sup>	7.31 ± 0.078 <sup>b</sup>	7.46 ± 0.15 <sup>a</sup>	7.36 ± 0.08 <sup>a</sup>
	0.75	7.31 ± 0.96 <sup>a</sup>	7.22 ± 0.078 <sup>c</sup>	7.40 ± 0.15 <sup>a</sup>	7.43 ± 0.08 <sup>a</sup>
Hacim indeksi (mm)	0	14.65 ± 3 <sup>a</sup>	12.25 ± 0.31 <sup>a</sup>	11.97 ± 0.83 <sup>a</sup>	8.55 ± 0.24 <sup>c</sup>
	0.25	12.45 ± 3 <sup>a</sup>	12.30 ± 0.31 <sup>a</sup>	11.80 ± 0.83 <sup>a</sup>	10.40 ± 0.24 <sup>a</sup>
	0.50	12.45 ± 3 <sup>a</sup>	11.90 ± 0.31 <sup>ab</sup>	11.95 ± 0.83 <sup>a</sup>	10.35 ± 0.24 <sup>a</sup>
	0.75	12.30 ± 3 <sup>a</sup>	12.15 ± 0.31 <sup>b</sup>	11.70 ± 0.83 <sup>a</sup>	9.80 ± 0.24 <sup>b</sup>
Pişme kaybı (%)	0	8.88 ± 0.19 <sup>a</sup>	8.72 ± 0.12 <sup>a</sup>	8.94 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.76 ± 0.026 <sup>b</sup>
	0.25	8.93 ± 0.19 <sup>a</sup>	8.65 ± 0.12 <sup>a</sup>	8.86 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.82 ± 0.026 <sup>a</sup>
	0.50	8.86 ± 0.19 <sup>a</sup>	8.70 ± 0.12 <sup>a</sup>	8.93 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.77 ± 0.026 <sup>b</sup>
	0.75	8.88 ± 0.19 <sup>a</sup>	8.69 ± 0.12 <sup>a</sup>	9.02 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.84 ± 0.026 <sup>a</sup>

\*Transglutaminaz enziminin farklı dozları her bir formülde birbirinden bağımsız düşünülmüştür. Her bir formülde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05). SH: Standart hata

#### **4.5.2. Pirinç keki (PK)**

Pirinç unu kullanılarak üretilen glütensiz keklerde tüm kek özellikleri (genel ve tekstürel özellikler) göz önüne alındığında en yüksek beğenilirlik değeri formüle % 0.25 oranında transglutaminaz ilave edilerek elde edilmiştir (Çizelge 4.14). Formüle ilave edilen transglutaminaz seviyesi % 0.25 oranını geçtiğinde kek özgül hacminde azalma, iç özellikler için alınan puanda düşme meydana gelmektedir. Söz konusu transglutaminaz seviyesinde en düşük kek sertliği elde edilmekte olup, artan seviyeler kek sertliğini de arttırmaktadır. Benzer durum diğer tekstürel özelliklerde de gözlenmektedir (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13).

#### **4.5.3. Mısır formülü keki (MFK)**

Un kaynağı olarak mısır unu ve patates nişastası karışımı (1:1) kullanılarak hazırlanan glütensiz keklere ilave edilen farklı transglutaminaz seviyelerinin kek özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen sonuçlar YYY kullanılarak karşılaştırılmış ve en yüksek beğenilirlik değeri transglutaminaz enzimi kullanılmadan (% 0) elde edilmiştir (Çizelge 4.14).

#### **4.5.4. Kestane formülü keki (KFK)**

Un kaynağı olarak (7:3) oranında kestane unu ve patates nişastası karışımı kullanılarak hazırlanan glütensiz keklere dört farklı seviyede ilave edilen transglutaminaz enzimi bazı kek özelliklerini önemli derecede etkilemiştir ( $P<0.05$ ). Özellikle kek özgül hacmi transglutaminaz ilavesi ile önemli derecede artış göstermiştir. En yüksek kek özgül hacmi % 0.25 oranında enzim ilavesi ile elde edilmiş olup, artan seviyeler önemli değişiklik meydana getirmemiş ve hatta özgül hacmin azalmasına neden olmuştur. Transglutaminaz enziminin etkisi hamur yoğunluğunda da çok belirgin bir şekilde görülmektedir ( $P<0.05$ ). Enzim ilavesi hamur yoğunluğunu düşürmektedir (Çizelge 4.12). Daha sonra elde edilen sonuçlar tüm kek özellikleri göz önünde

bulundurularak YYY ile değerlendirilmiş ve en yüksek beğenilirlik değeri % 0.25 transglutaminaz enzimi kullanılarak elde edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13. Transglutaminaz ilave edilerek üretilen keklerin tekstürel özelliklerindeki değişimler

Tekstürel Özellikler	T.glutaminaz (%)	Formüller			
		KK ±SH	PK ±SH	MFK ±SH	KFK ±SH
Sertlik	0	494.6 ± 66.4 <sup>a</sup>	472.4 ± 33.5 <sup>ab</sup>	557.4 ± 72.6 <sup>b</sup>	584.0 ± 1262 <sup>a</sup>
	0.25	501.8 ± 66.4 <sup>a</sup>	448.9 ± 33.5 <sup>b</sup>	637.2 ± 72.6 <sup>a</sup>	557.2 ± 1262 <sup>a</sup>
	0.50	543.8 ± 66.4 <sup>a</sup>	473.9 ± 33.5 <sup>ab</sup>	600.8 ± 72.6 <sup>ab</sup>	575.1 ± 1262 <sup>a</sup>
	0.75	536.8 ± 66.4 <sup>a</sup>	483.3 ± 33.5 <sup>a</sup>	550.8 ± 72.6 <sup>b</sup>	544.7 ± 1262 <sup>a</sup>
Çiğnebilirlik	0	188.3 ± 31.63 <sup>b</sup>	186.2 ± 14.8 <sup>b</sup>	220.0 ± 29.32 <sup>b</sup>	193.0 ± 57.38 <sup>a</sup>
	0.25	205.4 ± 1.63 <sup>ab</sup>	181.8 ± 14.8 <sup>ab</sup>	258.7 ± 29.32 <sup>a</sup>	198.0 ± 57.38 <sup>a</sup>
	0.50	221.8 ± 31.63 <sup>a</sup>	189.1 ± 14.8 <sup>ab</sup>	249.4 ± 29.32 <sup>a</sup>	210.4 ± 57.38 <sup>a</sup>
	0.75	222.0 ± 31.63 <sup>a</sup>	197.9 ± 14.8 <sup>a</sup>	225.8 ± 29.32 <sup>ab</sup>	191.0 ± 57.38 <sup>a</sup>
Yapışkanlık	0	0.429 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.436 ± 0.025 <sup>b</sup>	0.441 ± 0.021 <sup>a</sup>	0.367 ± 0.027 <sup>a</sup>
	0.25	0.431 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.426 ± 0.025 <sup>b</sup>	0.431 ± 0.021 <sup>a</sup>	0.376 ± 0.027 <sup>a</sup>
	0.50	0.432 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.428 ± 0.025 <sup>ab</sup>	0.451 ± 0.021 <sup>a</sup>	0.390 ± 0.027 <sup>a</sup>
	0.75	0.445 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.454 ± 0.025 <sup>a</sup>	0.457 ± 0.021 <sup>a</sup>	0.379 ± 0.027 <sup>a</sup>
Esneklik	0	0.119 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.144 ± 0.013 <sup>ab</sup>	0.139 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.112 ± 0.009 <sup>a</sup>
	0.25	0.123 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.138 ± 0.013 <sup>b</sup>	0.136 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.117 ± 0.009 <sup>a</sup>
	0.50	0.119 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.136 ± 0.013 <sup>b</sup>	0.142 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.119 ± 0.009 <sup>a</sup>
	0.75	0.124 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.154 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.146 ± 0.012 <sup>a</sup>	0.117 ± 0.009 <sup>a</sup>

SH: Standart hata

Çizelge 4.14. Farklı transglutaminaz seviyeleri ilave edilerek üretilen keklerin genel ve tekstürel özellikleri açısından beğenilirlik değerleri

Özellikler	T.glutaminaz (%)	Beğenilirlik değerleri			
		KK	PK	MFK	KFK
Genel özellikler	0	<b>0.7365</b>	0.5820	<b>0.8279</b>	0.5395
	0.25	0.6928	<b>0.6748</b>	0.5261	<b>0.8526</b>
	0.50	0.4793	0.6142	0.4990	0.5363
	0.75	0.2517	0.4765	0.4653	0.3865
Tekstürel özellikler	0	<b>0.7171</b>	0.5701	<b>0.6682</b>	0.6722
	0.25	0.6817	<b>0.6362</b>	0.6557	<b>0.7009</b>
	0.50	0.5674	0.6246	0.6294	0.6882
	0.75	0.4261	0.5635	0.5712	0.6326

#### 4.6. Kısmi pişirme sürelerinin belirlenmesi

Unlu mamullerin raf ömrünü uzatmaya yönelik çok sayıda çalışma gerçekleştirilmesine rağmen, halen bayatlamaya bağlı olarak meydana gelen tüketilebilirliğin azalması kalite açısından önemli bir sınırlayıcı faktördür. Bu nedenle üretilen unlu mamullerin kalitesini koruma ve dolayısıyla raf ömrünü uzatabilme oldukça önemlidir (Yıldız ve Doğan, 2009a)

Unlu mamullerde meydana gelen bayatlama, ürünlerin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini azaltmaktadır. Dondurulmuş hamur ve kısmi pişirilmiş unlu mamullerin üretim ve tüketiminde son yıllarda önemli artış görülmektedir. Kısmi pişirme ile üretilen unlu mamullerin dondurularak depolanması ve çözünme sonrası tekrar pişirilmesi bu problemi çözmekte ve günün her vaktinde taze ürün tüketimine olanak sağlamaktadır (Leuschner ve ark., 1997).

Kısmi pişirme uygulanıp soğuduktan sonra paketlenen bu ürünler mikrobiyal gelişmeyi geciktirmek için dondurularak veya modifiye atmosferde depolanarak muhafaza edilir. Daha sonra bu ürünler tüketim öncesi usulüne göre çözündürülür ve tekrardan pişirilir. Genel olarak son pişirme süresi, standart ürünün tam pişme süresinden ilk pişme süresi çıkarılarak belirlenir (Leuschner ve ark., 1997).

Kısmi pişirme yöntemi bazı spesifik gruplara hitap eden yiyeceklerin üretiminde de kullanılabilir. Glütensiz ürünlerin kısmi pişirme sonrası muhafaza edilip tüketime sunulabilmesi çoğu zaman dengeli beslenemeyen çölyak hastaları için taze olarak sunulabilecek yeni ürün geliştirmeye imkan sağlamaktadır (Yıldız ve Doğan, 2009a).

Kısmi pişirme işleminde öncelikli olarak uygun formülasyonla hazırlanan hamurlar ön pişirme işlemine tabi tutulur. Roussel ve Chiron (2002)'den bildirildiğine göre bu ön pişirme süresi kabukta renk oluşmadan iç yapının tamamen oluştuğu zaman dilimidir. Çünkü kısmi pişirmede amaç, kabukta renk oluşumu için gerekli reaksiyonlar meydana gelmeden glütenin koagüle olması ve nişasta jelatinizasyonunun gerçekleştirilmesidir (Hamdami ve ark., 2004).

Hamurun pişirilmesi sırasında meydana gelen önemli olaylardan birisi nişasta jelatinizasyonudur. Yeterli pişirme ile nişasta granüllerindeki düzenli yapı bozulur. Formülasyondaki bileşenlere ve miktarlarına bağlı olarak, düzenli yapının bozulması farkı sıcaklık aralıklarında meydana gelebilir (Farahnaky ve Majzoobi, 2008).

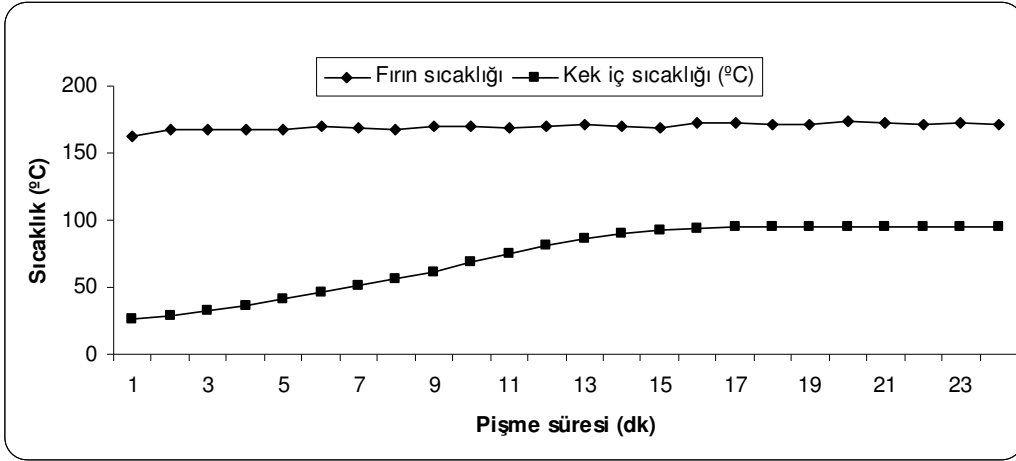
Optimize edilen kek formüllerine ilave edilecek transglutaminaz seviyesi belirlendikten sonra, her bir formül için optimum kısmi pişirme sürelerinin belirlenmesi işlemine başlandı. Bu amaçla ön denemelerden, kek içi sıcaklık değişiminden ve Hızlı Viskozite Testi (HVT) özelliklerinden yararlanıldı.

#### 4.6.1. Ön denemeler ve kek içi sıcaklık değişimi

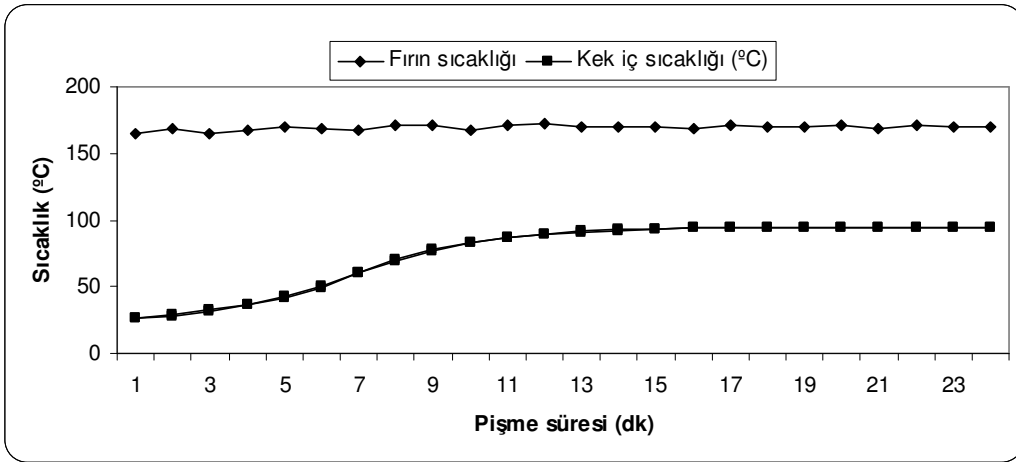
Her bir kek hamuru fırına konulduktan sonra pişme süresince görsel olarak izlendi. Keklerin yapısı sabitlendiğinde ve kabuk renk oluşumunun başlama aşamasında pişirme işlemi sonuçlandırıldı. Fırından çıkarılan kısmi pişirilmiş kekler soğutulduktan sonra merkezden kesilerek pişme durumuna bakıldı. Kısmi pişirilmiş keklerin iç yapısı yine görsel olarak tam pişirilmiş keklerle kıyaslanarak her bir kek için kısmi pişirme yönteminde kullanılacak ön pişirme süresi belirlendi (Şekil 4.112). Ardından her bir kek için ön denemelerle belirlenen bu süreler ile kek pişerken kek içi sıcaklık değişimleri karşılaştırıldı. Kek içi sıcaklığının sabitlenmesi nişasta jelatinizasyonunun tamamlandığı yani kısmi pişirme için yeterli pişmenin gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Buradan alınan sonuçlar (Şekil 4.113; Şekil 4.114; Şekil 4.115 ve Şekil 4.116) ile ön denemeler sonrası belirlenen kısmi pişme süreleri uyum göstermektedir. Bu ön denemeler ve karşılaştırmalar sonunda ön pişirme süreleri kontrol ve kestane unlu kekler için 17 dk, pirinç unlu kek için 16 dk ve mısır unlu kek için ise 14 dk olarak belirlenmiştir.



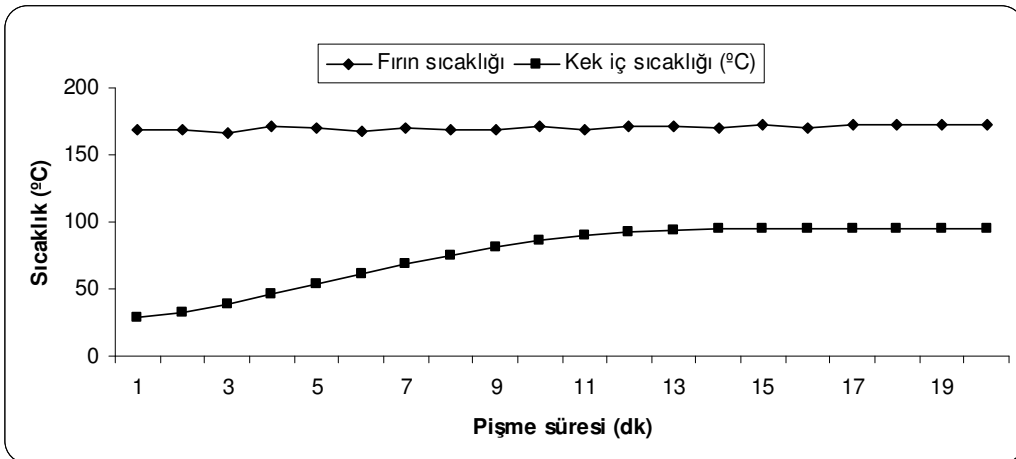
Şekil 4.112. Standart kek için ön denemelerle kısmi pişirme süresinin belirlenmesi



Şekil 4.113. Kontrol keki (KK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi

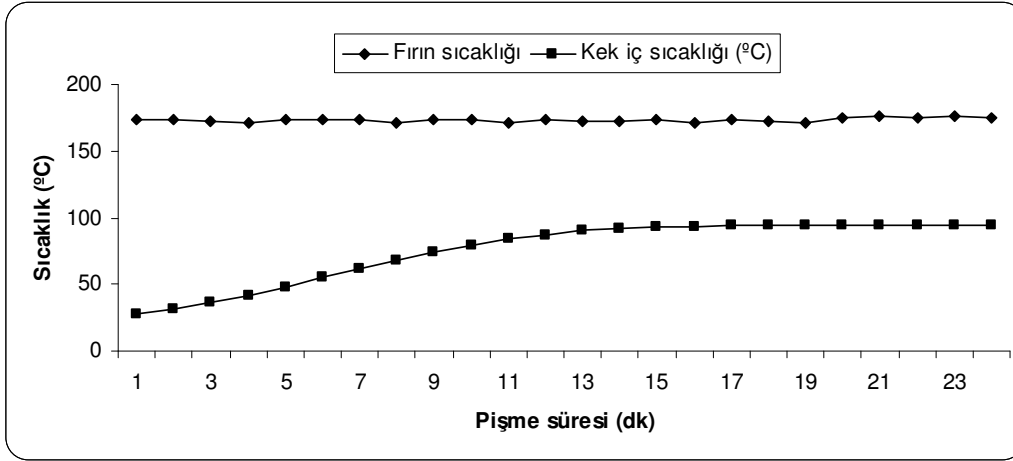


Şekil 4.114. Pirinç keki (PK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi



Şekil 4.115. Mısır formülü keki (MFK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi





Şekil 4.116. Kestane formülü keki (KFK)'nin pişmesi sırasında kek içi sıcaklık değişimi

#### 4.6.2. Hızlı Viskozite Testi (HVT)

HVT cihazı buğday ve kırma ve unlarında mevcut olan amilaz aktivitesinin miktarının belirlenmesinde, nişasta ve unların çirilenme özelliklerinin tespit edilmesinde ve özellikle fırın ve ekstrüde ürünlerinin pişme derecelerinin tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Doğan, 2001). Glütensiz keklerin üretiminde farklı bileşenler kullanıldığından her formülasyon için ayrı ayrı nişasta özelliklerinin ve pişme sürelerinin belirlenmesi buğday unundan elde edilen kontrol kek özellikleri ile karşılaştırma açısından önemlidir. Özellikle kısmi pişirilmiş keklerde uygulanacak ilk pişirme süresi, kekin tavadan çıkarılması ve depolama için hazırlanması sırasında yapısal özelliklerinin korunması gerekir. Bu nedenlerden dolayı her formülasyon için nişasta özelliklerinin ve ön pişme sürelerinin belirlenmesinde HVT cihazından yararlanılmıştır.

Tam, kısmi pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kontrol ve glütensiz keklerin ısıtılması ve soğutulması sonucunda elde edilen viskozite kurveleri (pasting curves) gösterilmiştir (Şekil 4.117; Şekil 4.118; Şekil 4.119; Şekil 4.120). Farklı pişirme işlemi uygulanmış kontrol ve glütensiz keklerin Hızlı Viskozite Testi (HVT) özellikleri ise Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı pişirme işlemi uygulanmış kontrol ve glutensiz keklerin viskozite özellikleri<sup>1</sup>

Formül	PD <sup>2</sup>	Pik süresi (dk) ±SH	Pik (cP) ±SH	Dip (Trough) (cP) ±SH	Düşme (cP) ±SH	Dönme (Setback) (cP) ±SH	Sonuç Viskozitesi (cP) ±SH
KK	1	6.9±1.52 <sup>a</sup>	115.0±11.9 <sup>a</sup>	90.0±8.1 <sup>a</sup>	25.0±6.09 <sup>a</sup>	110.0±4.7 <sup>b</sup>	200.0±6.66 <sup>b</sup>
	2	6.8±1.52 <sup>a</sup>	141.0±11.9 <sup>a</sup>	116.5±8.1 <sup>a</sup>	24.5±6.09 <sup>a</sup>	148.5±4.7 <sup>a</sup>	265.0±6.66 <sup>a</sup>
	3	4.2±1.52 <sup>a</sup>	142.0±11.9 <sup>a</sup>	104.5±8.1 <sup>a</sup>	29.0±6.09 <sup>a</sup>	131.5±4.7 <sup>a</sup>	236.0±6.66 <sup>a</sup>
PK	1	6.8±0.1 <sup>a</sup>	321.0±20.7 <sup>a</sup>	273.0±22.6 <sup>a</sup>	48.0±2.08 <sup>a</sup>	44.0±1.68 <sup>b</sup>	317.0±25.2 <sup>a</sup>
	2	6.9±0.1 <sup>a</sup>	286.5±20.7 <sup>a</sup>	244.5±22.6 <sup>a</sup>	42.0±2.08 <sup>a</sup>	78.5±1.68 <sup>a</sup>	323.0±25.2 <sup>a</sup>
	3	6.9±0.1 <sup>a</sup>	328.0±20.7 <sup>a</sup>	284.0±22.6 <sup>a</sup>	44.0±2.08 <sup>a</sup>	64.5±1.68 <sup>a</sup>	348.5±25.2 <sup>a</sup>
MFK	1	6.9±0.07 <sup>a</sup>	162.5±4.95 <sup>b</sup>	143.0±7.1 <sup>b</sup>	19.5±4.99 <sup>a</sup>	35.5±5.82 <sup>a</sup>	178.5±46.4 <sup>a</sup>
	2	6.9±0.07 <sup>a</sup>	199.0±4.95 <sup>a</sup>	178.5±7.1 <sup>a</sup>	20.5±4.99 <sup>a</sup>	43.5±5.82 <sup>a</sup>	222.0±46.4 <sup>a</sup>
	3	6.7±0.07 <sup>a</sup>	189.5±4.95 <sup>a</sup>	164.0±7.1 <sup>ab</sup>	25.5±4.99 <sup>a</sup>	33.0±5.82 <sup>a</sup>	197.0±46.4 <sup>a</sup>
KFK	1	6.3±0.34 <sup>a</sup>	49.0±3.07 <sup>a</sup>	36.5±3.89 <sup>a</sup>	12.5±2.06 <sup>a</sup>	17.5±2.27 <sup>a</sup>	54.0±1.68 <sup>ab</sup>
	2	6.8±0.34 <sup>a</sup>	53.0±3.07 <sup>a</sup>	41.5±3.89 <sup>a</sup>	11.5±2.06 <sup>a</sup>	20.0±2.27 <sup>a</sup>	61.5±1.68 <sup>a</sup>
	3	6.5±0.34 <sup>a</sup>	46.5±3.07 <sup>a</sup>	31.0±3.89 <sup>a</sup>	15.5±2.06 <sup>a</sup>	19.5±2.27 <sup>a</sup>	50.5±1.68 <sup>b</sup>

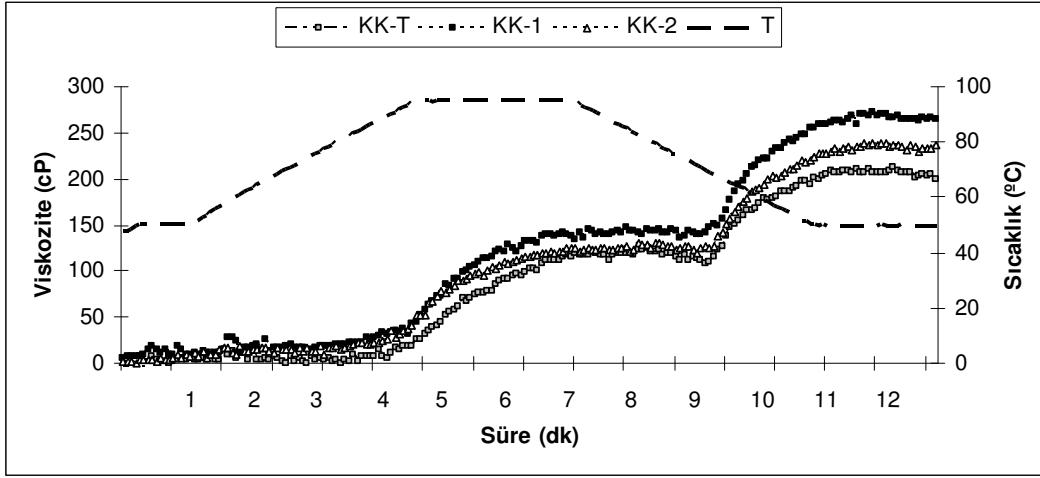
<sup>1</sup>Her bir formül kekleri kendi aralarında karşılaştırılmıştır. SH: Standart hata

<sup>2</sup>PD=pişirme durumu; 1=tam pişmiş kek; 2=kısmi pişirilmiş kek; 3=kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kek

MFK: Mısır formülü (mısır unu+patates nişastası) keki; KFK: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası) keki

KK: Kontrol (buğday) keki; PU: Pirinç keki

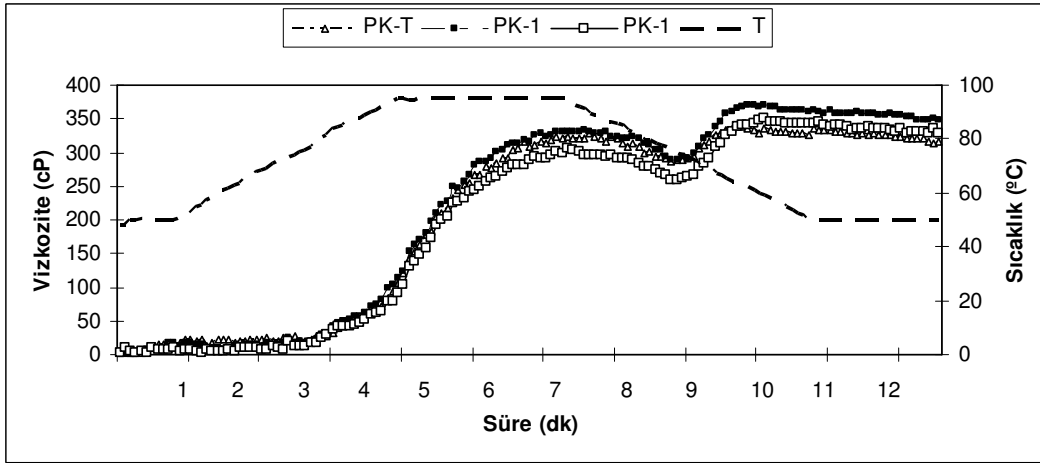
Pişme süresinin artmasıyla birlikte nişasta jelatinizasyon seviyelerinde artış meydana gelmektedir. Başka bir ifade ile pik viskoziteleri yüksekmektedir (Doğan, 2001; Keskin ve ark., 2005; Sakiyan ve ark., 2009). Üretilen tüm kısmi pişirilmiş keklerin pik viskoziteleri, tam pişmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş keklerden daha yüksek bulursa da aralarında istatistiksel olarak fark görülmemesi oldukça önemlidir. Çünkü kısmi pişirme yönteminde ön pişirmede hedeflenen, kabuk renginin oluşmadan nişastanın tamamen jelatinize olmasıdır. Kısmi pişirilmiş kekler ile tekrar pişirilmiş kekler arasında pik viskoziteleri açısından istatistiksel olarak fark olmaması, nişasta jelatinizasyonunun tamamlandığını ve bu çalışmada ön pişirme sürelerinin doğru tespit edildiği anlamına gelmektedir.



T= Sıcaklık (°C)

KK-1= Kısmi pişmiş kontrol keki; KK-T= Tam pişmiş kontrol keki  
KK-2= Kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kontrol keki

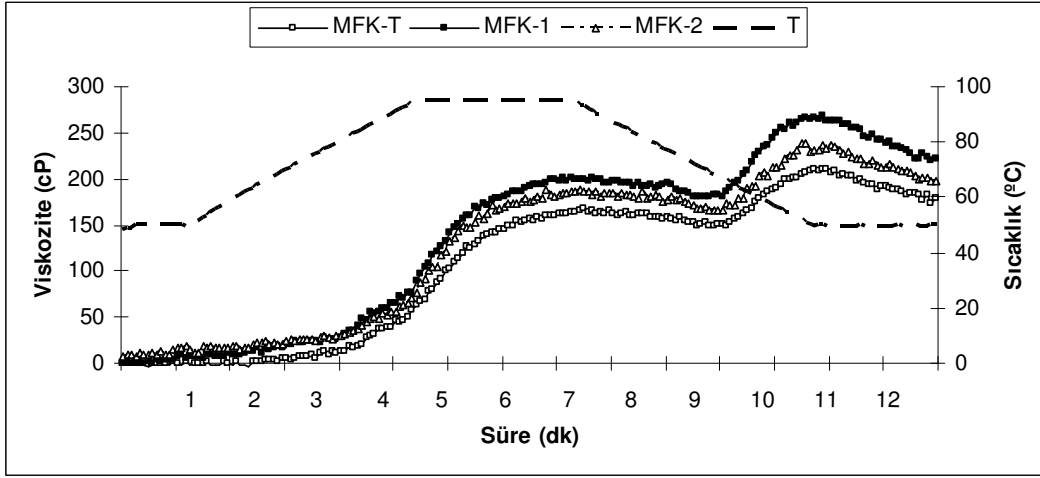
Şekil 4.117. Tam, kısmi pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kontrol keklerinin viskozite kurveleri



T= Sıcaklık (°C)

PK-T= Tam pişmiş pirinç keki; PK-1= Kısmi pişmiş pirinç keki  
PK-2= Kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş pirinç keki

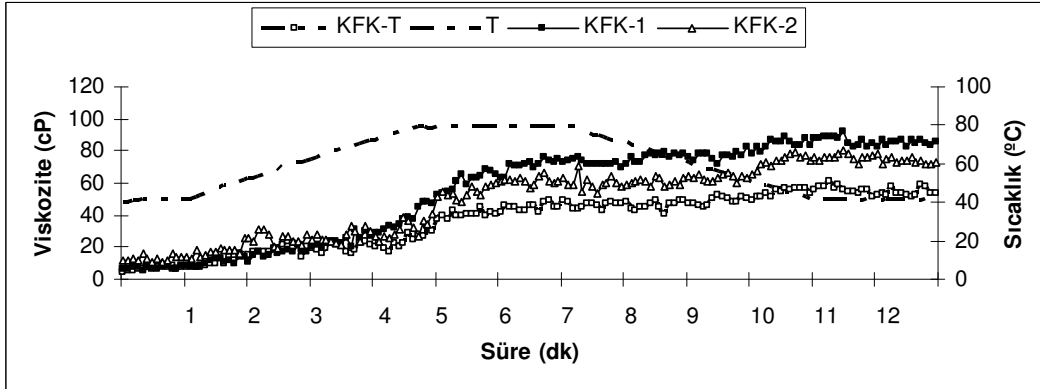
Şekil 4.118. Tam, kısmi pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş pirinç keklerinin viskozite kurveleri



T= Sıcaklık (°C)

PK-T= Tam pişmiş mısır formülü keki; PK-1= Kısmi pişmiş mısır formülü keki  
PK-2= Kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş mısır formülü keki

Şekil 4.119. Tam, kısmi pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş mısır formülü keklerinin viskozite kurveleri



T= Sıcaklık (°C)

KFK-T= Tam pişmiş kestane formülü keki; KFK-1= Kısmi pişmiş kestane formülü keki  
KFK-2= Kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kestane formülü keki

Şekil 4.120. Tam, kısmi pişirilmiş ve kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kestane formülü keklerinin viskozite kurveleri

#### 4.7. Tam ve Kısmi Pişirilmiş Keklerin Hazırlanması ve Depolanması

Çölyak hastalarının tüketebileceği ticari ürünler oldukça sınırlıdır. Glütensiz ürünler spesifik bir gruba hitap ettiğinden ve talep edilme oranları diğer ürünler kadar yüksek olmadığından işletmelerde daha küçük partiler halinde üretilmesi gerekebilir.

Ticari açıdan bu durum karlılığı önemli derecede etkileyebilmekte ve dolayısıyla işletmelerin bu ürünlere yatırım yapma planlarını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle hem işletmeleri ekonomi ve iş gücü açısından tatmin edebilecek ve hem de çölyak hastalarına farklı alternatifler sunabilecek yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır

Tam pişirmede KK, PK, KFK hamurları 24 dk, MFK hamurları ise 20 dk pişirildi. Kısmi pişirmede ise KK ve KFK hamurları 17 dk, PK hamuru 16 dk ve MFK hamuru ise 14 dk süre ile pişirildi. Tam veya kısmi pişirilmiş kekler oda sıcaklığında bir saat soğutulduktan sonra iki katlı polietilen ambalaj malzemesi ile paketlenerek –18°C’de depolandı. Depolanan tam ve kısmi pişirilmiş kekler 2., 4. ve 6. ayların sonunda bir gece buzdolabı sıcaklığında (+4°C) bekletilerek erimeleri sağlandı, ardından 2 saat oda sıcaklığında bekletilerek dengeye getirildi. Daha sonra tam pişirilmiş kekler hemen, kısmi pişirilmiş kekler ise aynı fırında 175±5 °C’de tam pişirilmiş keklere benzer renk elde edilinceye kadar pişirildi. Kısmi pişirilmiş KK ve KFK 8 dk, PK 10 dk ve MFK ise 11 dk tekrar pişirildi ve uygun sıcaklığa geldiğinde analize tabi tutuldu. Depolama işlemi paralelli ve iki tekerrürlü olarak gerçekleştirildi.

#### **4.8. Keklerin Genel ve Tekstürel Özelliklerine Depolamanın Etkisi**

Kısmi ve tam pişirme yöntemleri kullanılarak üretilip depolanan kontrol ve glutensiz kekler Şekil 4.121, Şekil 4.122 ve Şekil 4.123’de gösterilmiştir.

##### **4.8.1. Genel kek özelliklerine depolamanın etkisi**

###### **4.8.1.1. Keklerin dış özellikleri üzerine depolamanın etkisi**

KK ve üç farklı formül ile üretilip depolanan glutensiz keklerin dış özellikleri üzerine farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin etkilerine ait ortalama değerler ve bu değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılmaları verilmiştir (Çizelge 4.16). Buğday unu kullanılarak hazırlanan kontrol keklerinin dış özellikler için aldıkları

puanlar 24–27/30 arasında değişmiştir. Hazırlanan glutensiz keklerin dış özellikleri PK için 24–27/30, MF kullanıldığında 23–27/30 ve KF kullanıldığında ise 24–26/30 puan arasında değişmiştir.

Tam pişirilerek depolanan tüm keklerin dış özellikleri daha çok puan almıştır ( $P < 0.05$ ). Depolama süresinin uzamasıyla birlikte tüm keklerin dış özellikler için alınan puanlarında azalmalar meydana gelmektedir (Çizelge 4.16).

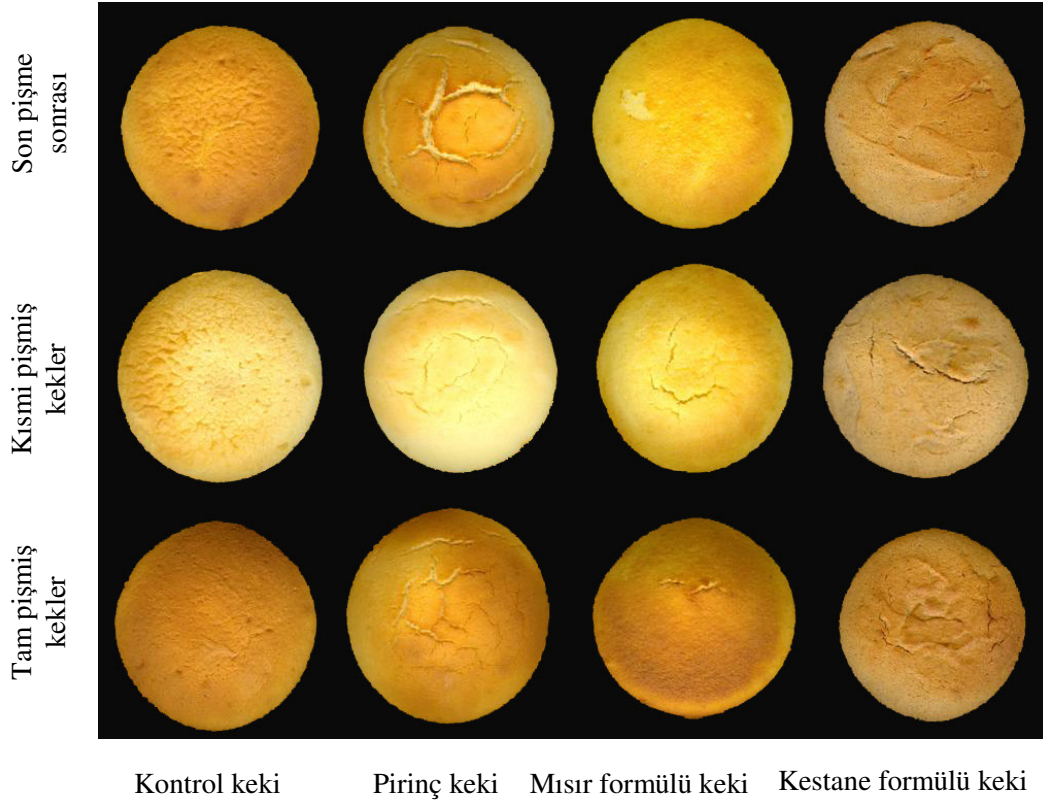
Çizelge 4.16. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin dış özellikleri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu	**		***		**		*	
1:Tam	25.83 <sup>a</sup>	0.18	25.92 <sup>a</sup>	0.134	25.58 <sup>a</sup>	0.201	24.92 <sup>a</sup>	0.127
2.Kısmi	24.83 <sup>b</sup>	0.18	24.92 <sup>b</sup>	0.127	24.67 <sup>b</sup>	0.201	24.42 <sup>b</sup>	0.127
DS (gün)	***		***				***	
60	26.00 <sup>a</sup>	0.22	26.00 <sup>a</sup>	0.155	25.25 <sup>a</sup>	0.246	25.25 <sup>a</sup>	0.156
120	25.00 <sup>b</sup>	0.22	25.06 <sup>b</sup>	0.155	25.25 <sup>a</sup>	0.246	24.75 <sup>b</sup>	0.156
180	25.00 <sup>b</sup>	0.22	25.19 <sup>b</sup>	0.168	24.87 <sup>a</sup>	0.246	24.00 <sup>c</sup>	0.156
PD*DS	*		*					
1,60	26.00 <sup>a</sup>	0.31	26.12 <sup>a</sup>	0.220	25.75 <sup>a</sup>	0.349	25.50 <sup>a</sup>	0.220
2,60	26.00 <sup>a</sup>	0.31	25.87 <sup>a</sup>	0.220	24.75 <sup>a</sup>	0.349	25.00 <sup>ab</sup>	0.220
1,120	25.75 <sup>a</sup>	0.31	25.62 <sup>a</sup>	0.220	25.75 <sup>a</sup>	0.349	25.00 <sup>ab</sup>	0.220
2,120	24.25 <sup>b</sup>	0.31	24.50 <sup>b</sup>	0.220	24.75 <sup>a</sup>	0.349	24.50 <sup>ab</sup>	0.220
1,180	25.75 <sup>a</sup>	0.31	26.00 <sup>a</sup>	0.254	25.25 <sup>a</sup>	0.349	24.25 <sup>bc</sup>	0.220
2,180	24.25 <sup>b</sup>	0.31	24.37 <sup>b</sup>	0.220	24.50 <sup>a</sup>	0.349	23.75 <sup>c</sup>	0.220

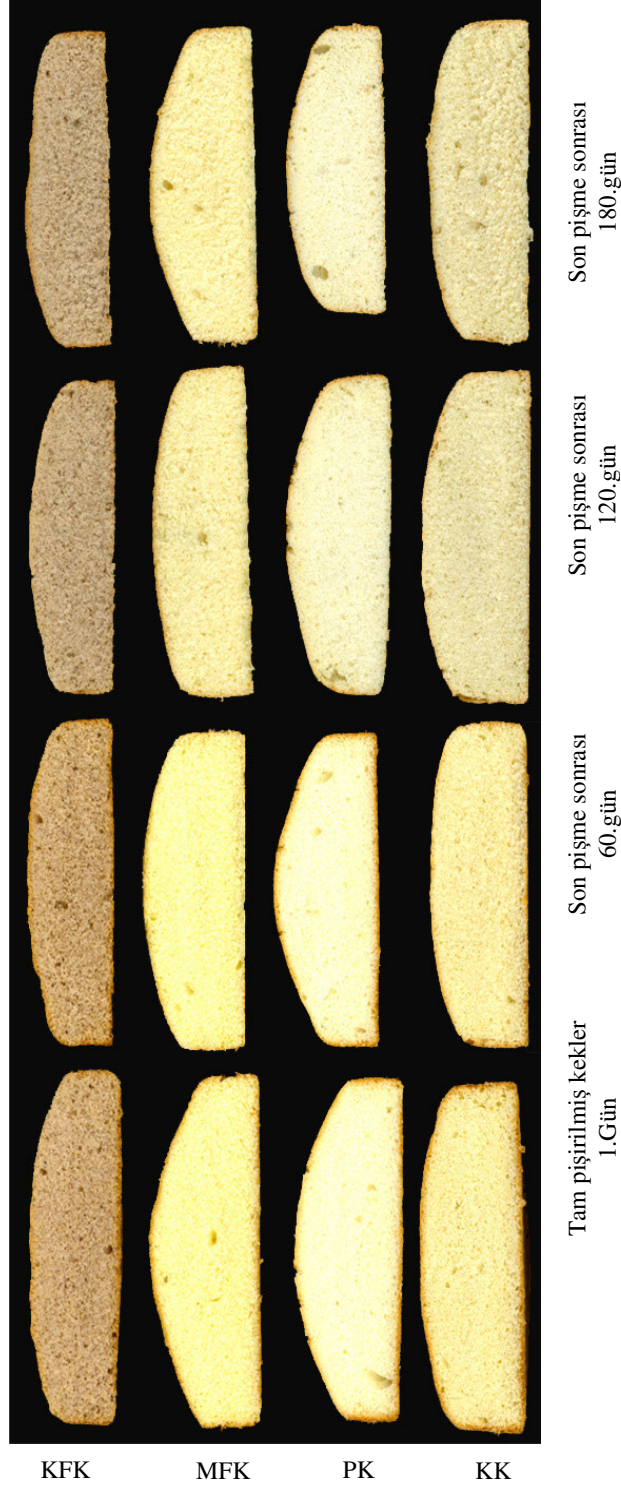
<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD ( $P < 0.05$ ), SH: Standart Hata

MFK: Mısır formülü keki; PU: Pirinç keki; KFK: Kestane formülü keki; KK: Kontrol (buğday) keki

\* $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$



Şekil 4.121. Farklı pişirilmiş kontrol ve glütensiz keklerin dış görünüşü



MFK: Mısır formülü keki; PU: Pirinç keki; KFK: Kestane formülü keki; KK: Kontrol (buğday) keki

Şekil 4.122. Tam pişirilmiş taze kekler ile farklı depolama sürelerinden sonra ikinci pişme işlemi uygulanmış keklerin iç görünüşü



#### 4.8.1.2. Keklerin iç özellikleri üzerine depolamanın etkisi

KK ve glütensiz keklerin depolanmasında, farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirme yöntemlerinin kullanılması durumunda, iç özellikler için alınan puan ortalamaları ve bu değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılmaları Çizelge 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.123. Tam ve son pişme sonrası kontrol ve glütensiz keklerin iç görünüşü

Hazırlanan KK’nin iç özellikleri 70–76/80, PK’nin 71–76/80, MFK’nin 70–76/80 ve KFK’nin ise 68–74/80 puan arasında değişmiştir. KK de dahil olmak üzere üretilen tüm keklerde dış özelliklerin aksine kısmi pişirme yöntemi kullanıldığında depolanan keklerin iç özelliklerinde istatistiksel olarak ta önemli olan bir artış elde edilmiştir ( $P < 0.05$ ). Depolama süresinin uzamasıyla birlikte KK ve glütensiz keklerin iç özellikleri için alınan puanlarda azalmalar meydana gelmektedir (Çizelge 4.17). 120.

güne kadar depolanan KK ve PK'nin iç özelliklerinde istatistiksel olarak önemli bir değişme meydana gelmemiştir.

Çizelge 4.17. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin iç özellikleri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu	***		***		**		***	
1:Tam	73.17 <sup>b</sup>	0.206	72.62 <sup>b</sup>	0.215	72.83 <sup>b</sup>	0.245	70.42 <sup>b</sup>	0.195
2.Kısmi	74.42 <sup>a</sup>	0.206	74.42 <sup>a</sup>	0.204	74.00 <sup>a</sup>	0.245	72.33 <sup>a</sup>	0.195
DS (gün)	***		***		***		***	
60	75.12 <sup>a</sup>	0.253	74.31 <sup>a</sup>	0.250	75.00 <sup>a</sup>	0.300	72.25 <sup>a</sup>	0.239
120	74.50 <sup>a</sup>	0.253	74.00 <sup>a</sup>	0.250	73.50 <sup>b</sup>	0.300	71.37 <sup>b</sup>	0.239
180	71.75 <sup>b</sup>	0.253	72.25 <sup>b</sup>	0.270	71.75 <sup>c</sup>	0.300	70.50 <sup>c</sup>	0.239
PD*DS								
1,60	74.75 <sup>ab</sup>	0.358	73.75 <sup>a</sup>	0.354	75.00 <sup>a</sup>	0.425	71.75 <sup>ab</sup>	0.338
2,60	75.50 <sup>a</sup>	0.358	74.87 <sup>a</sup>	0.354	75.00 <sup>a</sup>	0.425	72.75 <sup>a</sup>	0.338
1,120	74.00 <sup>b</sup>	0.358	73.12 <sup>a</sup>	0.354	72.50 <sup>b</sup>	0.425	70.00 <sup>c</sup>	0.338
2,120	75.00 <sup>ab</sup>	0.358	74.87 <sup>a</sup>	0.354	74.50 <sup>a</sup>	0.425	72.75 <sup>a</sup>	0.338
1,180	70.75 <sup>d</sup>	0.358	71.00 <sup>b</sup>	0.409	71.00 <sup>c</sup>	0.425	69.50 <sup>c</sup>	0.338
2,180	72.75 <sup>c</sup>	0.358	73.50 <sup>a</sup>	0.354	72.50 <sup>b</sup>	0.425	71.50 <sup>b</sup>	0.338

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

#### 4.8.1.3. Keklerin özgül hacmi üzerine depolamanın etkisi

KK ve glutensiz keklerin özgül hacminde farklı pişirme yöntemleri (tam ve kısmi) ve depolama sürelerinin etkisi ile meydana gelen değişimlerin ortalama değerleri ve bu değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılması verilmiştir (Çizelge 4.18).

Tam ve kısmi pişirilip depolanan kontrol keklerinin özgül hacim değerleri 2.588–3.085 ml/g arasında değişmiştir. Üretilen glutensiz keklerde özgül hacim değerleri PK'nde 2.530–2.863 ml/g, MF ile üretilen keklerde 2.428–2.737 ml/g ve KF ile üretilen keklerde ise 2.202–2.406 ml/g arasında değişmiştir.

Tam pişirme işlemi uygulandıktan sonra depolanan tüm keklerin özgül hacimleri daha yüksek bulunmuştur. Başka bir ifade ile kısmi pişirme yöntemi ile hazırlanan keklerin özgül hacminde istatistiksel olarak önemli derecede azalma meydana gelmektedir (P<0.05). Tüm keklerin özgül hacmi depolama süresi arttıkça azalmaktadır (P<0.05). KK'lerinin özgül hacmi 120. ve 180. günlerde istatistiksel olarak farksız bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 4.18. Farklı depolama süreleri ile kısmi veya tam pişirmenin keklerin özgül hacim değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu	*		**		**		***	
1:Tam	2.764 <sup>a</sup>	0.014	2.739 <sup>a</sup>	0.011	2.632 <sup>a</sup>	0.012	2.307 <sup>a</sup>	0.004
2.Kısmi	2.720 <sup>b</sup>	0.014	2.695 <sup>b</sup>	0.011	2.584 <sup>b</sup>	0.012	2.266 <sup>b</sup>	0.004
DS (gün)	***		***		***		***	
60	2.804 <sup>a</sup>	0.017	2.786 <sup>a</sup>	0.013	2.665 <sup>a</sup>	0.015	2.341 <sup>a</sup>	0.005
120	2.732 <sup>b</sup>	0.017	2.710 <sup>b</sup>	0.013	2.602 <sup>b</sup>	0.015	2.281 <sup>b</sup>	0.005
180	2.690 <sup>b</sup>	0.017	2.656 <sup>c</sup>	0.014	2.558 <sup>c</sup>	0.015	2.235 <sup>c</sup>	0.005
PD*DS								
1,60	2.850 <sup>a</sup>	0.025	2.816 <sup>a</sup>	0.018	2.679 <sup>a</sup>	0.021	2.362 <sup>a</sup>	0.008
2,60	2.758 <sup>ab</sup>	0.025	2.757 <sup>ab</sup>	0.018	2.650 <sup>a</sup>	0.021	2.320 <sup>b</sup>	0.008
1,120	2.746 <sup>ab</sup>	0.025	2.728 <sup>ab</sup>	0.021	2.617 <sup>a</sup>	0.021	2.308 <sup>b</sup>	0.008
2,120	2.718 <sup>b</sup>	0.025	2.691 <sup>bc</sup>	0.018	2.586 <sup>a</sup>	0.021	2.255 <sup>c</sup>	0.008
1,180	2.696 <sup>b</sup>	0.025	2.673 <sup>bc</sup>	0.018	2.601 <sup>a</sup>	0.021	2.251 <sup>c</sup>	0.008
2,180	2.684 <sup>b</sup>	0.025	2.639 <sup>c</sup>	0.018	2.514 <sup>b</sup>	0.021	2.224 <sup>d</sup>	0.008

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

#### 4.8.1.4. Keklerde pişme kaybı üzerine depolamanın etkisi

Çizelge 4.19’da farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirme yöntemlerinin keklerde pişme sırasında meydana gelen ağırlık kaybı üzerine (% pişme kaybı) etkilerine ait ortalamalar ve istatistiksel olarak karşılaştırılmaları verilmiştir.

KK için pişme kaybı % 11.82 ile 13.82 arasında değişmiştir. Üç farklı formül ile üretilen glutensiz keklerde meydana gelen pişme kaybı (%) PK’lerinde % 12.18–15.02, MF ile üretilen keklerde % 10.22–12.67 ve KF ile üretilen keklerde ise % 11.20–12.36 arasında değişmiştir.

KK’lerinde depolamanın 120. gününe kadar pişme sırasında meydana gelen ağırlık kaybı önemsiz iken (P>0.05), depolamanın 180. gününde hesaplanan pişme kaybındaki azalma önemli bulunmuştur (P<0.05). Bu önemli azalma özgül hacimde meydana gelen düşme ile de ilişkilendirilebilir.

Pirinç unu kullanılarak hazırlanan keklerde (PK) depolama süresinin uzamasıyla birlikte pişme sırasında meydana gelen ağırlık kaybında azalma olmuş ve bu değişim istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur (P<0.05). Öte yandan depolama boyunca MF ve KF ile hazırlanan keklerin pişme kaybındaki değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 4.19. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin pişme kaybı (%) üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu							**	
1:Tam	12.959 <sup>a</sup>	0.129	13.200 <sup>a</sup>	0.107	11.368 <sup>a</sup>	0.178	11.777 <sup>a</sup>	0.056
2.Kısmi	13.056 <sup>a</sup>	0.129	13.184 <sup>a</sup>	0.102	11.541 <sup>a</sup>	0.178	11.515 <sup>b</sup>	0.056
DS (gün)	**		***					
60	13.234 <sup>a</sup>	0.157	13.758 <sup>a</sup>	0.124	11.612 <sup>a</sup>	0.219	11.716 <sup>a</sup>	0.069
120	13.267 <sup>a</sup>	0.157	13.225 <sup>b</sup>	0.124	11.495 <sup>a</sup>	0.219	11.600 <sup>a</sup>	0.069
180	12.521 <sup>b</sup>	0.157	12.592 <sup>c</sup>	0.134	11.255 <sup>a</sup>	0.219	11.621 <sup>a</sup>	0.069
PD*DS								
1,60	13.067 <sup>abc</sup>	0.223	13.679 <sup>ab</sup>	0.176	11.470 <sup>a</sup>	0.309	11.787 <sup>ab</sup>	0.097
2,60	13.400 <sup>a</sup>	0.223	13.839 <sup>a</sup>	0.176	11.755 <sup>a</sup>	0.309	11.645 <sup>ab</sup>	0.097
1,120	13.400 <sup>a</sup>	0.223	13.360 <sup>ab</sup>	0.176	11.277 <sup>a</sup>	0.309	11.642 <sup>abc</sup>	0.097
2,120	13.135 <sup>ab</sup>	0.223	13.090 <sup>abc</sup>	0.176	11.712 <sup>a</sup>	0.309	11.557 <sup>bc</sup>	0.097
1,180	12.410 <sup>c</sup>	0.223	12.562 <sup>c</sup>	0.203	11.355 <sup>a</sup>	0.309	11.900 <sup>a</sup>	0.097
2,180	12.632 <sup>bc</sup>	0.223	12.622 <sup>bc</sup>	0.176	11.155 <sup>a</sup>	0.309	11.342 <sup>c</sup>	0.097

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
MFK: Mısır formülü keki; PU: Pirinç keki; KFK: Kestane formülü keki; KK: Kontrol (buğday) keki  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

#### 4.8.1.5. Keklerde çekme miktarı (mm) üzerine depolamanın etkisi

Keklerde meydana gelen ortalama çekme değerleri üzerine farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin etkilerine ait ortalamalar ve istatistiksel karşılaştırmaları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

KK’lerinde boyutsal küçülmeyi ifade eden çekme miktarı 0–6 mm arasında değişmiştir. Glütensiz keklerde ise bu değer PK’lerinde 1-7 mm, MF ile üretilen keklerde 2-7 mm ve KF ile üretilen keklerde ise 1-4 mm arasında değişmiştir.

Kısmi pişirme yöntemi kullanılarak üretilen keklerde meydana gelen çekme, hem KK’lerinde ve hem de glütensiz keklerde oldukça önemli düzeyde artmıştır. Başka bir ifade ile kekler boyutsal olarak küçülmektedir. Tüm keklerde meydana gelen çekme oranı depolama süresinin uzamasıyla birlikte artmaktadır. Depolamanın 120. ve 180. günlerinde ölçülen çekme değerleri arasındaki fark tüm keklerde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 4.20. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin glutensiz keklerin çekme miktarı (mm) üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu	***		***		***		**	
1:Tam	2.250 <sup>b</sup>	0.162	1.937 <sup>b</sup>	0.156	2.542 <sup>b</sup>	0.162	2.333 <sup>b</sup>	0.140
2.Kısmi	4.292 <sup>a</sup>	0.209	4.646 <sup>a</sup>	0.148	5.833 <sup>a</sup>	0.162	2.917 <sup>a</sup>	0.140
DS (gün)	***		***		*		**	
60	2.250 <sup>b</sup>	0.229	2.656 <sup>b</sup>	0.181	3.687 <sup>b</sup>	0.199	2.125 <sup>b</sup>	0.172
120	3.750 <sup>a</sup>	0.229	3.563 <sup>a</sup>	0.181	4.500 <sup>a</sup>	0.199	2.750 <sup>a</sup>	0.172
180	3.812 <sup>a</sup>	0.229	3.656 <sup>a</sup>	0.181	4.375 <sup>a</sup>	0.199	3.000 <sup>a</sup>	0.172
PD*DS	**							
1,60	1.750 <sup>b</sup>	0.262	1.437 <sup>c</sup>	0.226	2.125 <sup>b</sup>	0.281	1.750 <sup>c</sup>	0.243
2,60	2.750 <sup>b</sup>	0.262	3.875 <sup>b</sup>	0.226	5.250 <sup>a</sup>	0.281	2.500 <sup>abc</sup>	0.243
1,120	2.250 <sup>b</sup>	0.262	1.875 <sup>c</sup>	0.226	2.750 <sup>b</sup>	0.281	2.500 <sup>bc</sup>	0.243
2,120	5.250 <sup>a</sup>	0.262	5.250 <sup>a</sup>	0.226	6.250 <sup>a</sup>	0.281	3.000 <sup>ab</sup>	0.243
1,180	2.750 <sup>b</sup>	0.262	2.500 <sup>c</sup>	0.226	2.750 <sup>b</sup>	0.281	2.750 <sup>abc</sup>	0.243
2,180	4.875 <sup>a</sup>	0.262	4.812 <sup>ab</sup>	0.226	6.000 <sup>a</sup>	0.281	3.250 <sup>a</sup>	0.243

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
MFK: Mısır formülü keki; PU: Pirinç keki; KFK: Kestane formülü keki; KK: Kontrol (buğday) keki  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

#### 4.8.2. Tekstürel özellikler üzerine depolamanın etkisi

Üretilen kontrol ve glutensiz keklerin tekstürel özellikleri üzerine depolamanın ve pişirme yönteminin etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla keklerin sertlik, esneklik, çignenebilirlik ve yapışkanlık değerleri hesaplanarak istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Tekstür özelliklerinin belirlenmesinde iki tekerrürlü olarak çalışılmış ve her bir kek için en az iki paralelli ölçümler yapılmıştır.

##### 4.8.2.1. Sertlik

Kısmi ve tam pişirilmiş keklerin sertlik değeri KK için 540.972–804.115, PK için 490.838–664.876, MF kekleri için 500.218–750.156 ve KF kekleri için ise 537.873–756.627 arasında değişmiştir. Sertlik değerinde depolama boyunca meydana gelen bu değişimlere ait ortalama değerler ve istatistiksel olarak karşılaştırılmaları Çizelge 4. 21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin sertlik değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu	**				***		***	
1:Tam	674.937 <sup>a</sup>	12.076	615.386 <sup>a</sup>	9.752	677.211 <sup>a</sup>	6.908	695.492 <sup>a</sup>	9.117
2.Kısmi	614.270 <sup>b</sup>	12.076	612.185 <sup>a</sup>	9.752	517.205 <sup>b</sup>	6.908	591.965 <sup>b</sup>	9.117
DS (gün)	*						**	
60	608.581 <sup>b</sup>	14.790	607.741 <sup>a</sup>	11.944	593.449 <sup>a</sup>	8.461	611.615 <sup>b</sup>	11.166
120	650.040 <sup>ab</sup>	14.790	599.512 <sup>a</sup>	11.944	595.977 <sup>a</sup>	8.461	653.825 <sup>a</sup>	11.166
180	675.190 <sup>a</sup>	14.790	634.104 <sup>a</sup>	11.944	602.198 <sup>a</sup>	8.461	665.746 <sup>a</sup>	11.166
PD*DS			*					
1,60	635.771 <sup>b</sup>	20.916	633.416 <sup>ab</sup>	16.891	664.557 <sup>a</sup>	11.965	650.284 <sup>ab</sup>	15.792
2,60	581.390 <sup>b</sup>	20.916	582.066 <sup>ab</sup>	16.891	522.342 <sup>b</sup>	11.965	572.947 <sup>c</sup>	15.792
1,120	655.439 <sup>b</sup>	20.916	574.888 <sup>b</sup>	16.891	668.898 <sup>a</sup>	11.965	712.859 <sup>a</sup>	15.792
2,120	644.641 <sup>b</sup>	20.916	624.136 <sup>ab</sup>	16.891	523.056 <sup>b</sup>	11.965	594.790 <sup>bc</sup>	15.792
1,180	733.601 <sup>a</sup>	20.916	637.854 <sup>a</sup>	16.891	698.179 <sup>a</sup>	11.965	723.333 <sup>a</sup>	15.792
2,180	616.779 <sup>b</sup>	20.916	630.353 <sup>ab</sup>	16.891	506.217 <sup>b</sup>	11.965	608.160 <sup>bc</sup>	15.792

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi kısmi pişirme yöntemi kullanılarak üretilen tüm keklerde sertlik değeri daha düşük bulunmuştur. PK dışında tam ve kısmi pişirilmiş keklerin sertlik değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak ta önemli bulunmuştur (P<0.05). Tüm keklerde depolama süresinin artmasıyla birlikte sertlik değeri de artmaktadır. Yapılan bir çalışmada da bu bulgu ifade edilmekte olup, üretilen taze pirinç kekleri için 619.758 g olan sertlik değeri oda sıcaklığında 5 gün depolanma sonrası 2238.851 g’a çıkmıştır (Ji ve ark., 2010). PK ve MF keklerinin artan sertlik değeri 60.günden sonra, KK ve KF keklerinin sertlik değeri ise 120. günden sonra istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

#### 4.8.2.2. Esneklik

Kısmi ve tam pişirilmiş her bir kek için depolama boyunca esneklik değerinde meydana gelen değişimlere ait ortalama değerler ve bu değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırmaları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Esneklik değeri KK için 0.101–0.122, PK için 0.126–0.155, MF kekleri için 0.098–0.137 ve KF kekleri için ise 0.097–1.124 arasında değişmiştir. Ji ve ark. (2010) pirinç keklerinin esneklik değerini 0.134 olarak bulmuştur.

Çizelge 4.22. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin esneklik değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu					**		***	
1:Tam	0.108 <sup>a</sup>	0.0019	0.142 <sup>a</sup>	0.0027	0.117 <sup>b</sup>	0.0021	0.101 <sup>b</sup>	0.0011
2.Kısmi	0.112 <sup>a</sup>	0.0019	0.140 <sup>a</sup>	0.0027	0.127 <sup>a</sup>	0.0021	0.110 <sup>a</sup>	0.0011
DS (gün)								
60	0.108 <sup>a</sup>	0.0023	0.141 <sup>a</sup>	0.0022	0.120 <sup>a</sup>	0.0026	0.106 <sup>a</sup>	0.0013
120	0.108 <sup>a</sup>	0.0023	0.141 <sup>a</sup>	0.0022	0.126 <sup>a</sup>	0.0026	0.107 <sup>a</sup>	0.0013
180	0.114 <sup>a</sup>	0.0023	0.140 <sup>a</sup>	0.0022	0.121 <sup>a</sup>	0.0026	0.103 <sup>a</sup>	0.0013
PD*DS								
1,60	0.108 <sup>ab</sup>	0.0033	0.141 <sup>a</sup>	0.0038	0.116 <sup>ab</sup>	0.0037	0.101 <sup>bc</sup>	0.0019
2,60	0.109 <sup>ab</sup>	0.0033	0.140 <sup>a</sup>	0.0038	0.124 <sup>ab</sup>	0.0037	0.111 <sup>a</sup>	0.0019
1,120	0.107 <sup>b</sup>	0.0033	0.143 <sup>a</sup>	0.0038	0.119 <sup>ab</sup>	0.0037	0.104 <sup>bc</sup>	0.0019
2,120	0.109 <sup>ab</sup>	0.0033	0.138 <sup>a</sup>	0.0038	0.132 <sup>a</sup>	0.0037	0.109 <sup>ab</sup>	0.0019
1,180	0.109 <sup>ab</sup>	0.0033	0.140 <sup>a</sup>	0.0038	0.116 <sup>b</sup>	0.0037	0.098 <sup>c</sup>	0.0019
2,180	0.118 <sup>a</sup>	0.0033	0.141 <sup>a</sup>	0.0038	0.126 <sup>ab</sup>	0.0037	0.108 <sup>ab</sup>	0.0019

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

Kısmi ve tam pişirilmiş KK ve PK esneklik değeri açısından istatistiksel olarak farksız bulunmuştur. Kısmi pişirme yöntemi ile üretilen MF ve KF ile keklerinin esneklik değeri ise tam pişirilmiş keklere göre daha yüksek ve farklı bulunmuştur (P<0.05). Tüm keklerin esneklik değeri depolama süresi ile önemli derecede değişmemiştir (P>0.05).

#### 4.8.2.3. Çiğnenebilirlik

Çizelge 4.23’de kısmi ve tam pişirilmiş KK ve glütensiz keklerin depolama boyunca çiğnenebilirlik değerlerinde meydana gelen değişimlere ait ortalama değerler ve bu değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılmaları verilmiştir.

Çiğnenebilirlik değeri KK için 208.452–309.941, PK için 165.386–296.822, MF kekleri için 187.203–323.666 ve KF kekleri için ise 175.837–279.076 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin çığnenebilirlik değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu	**				*		*	
1:Tam	271.431 <sup>a</sup>	6.131	249.601 <sup>a</sup>	5.572	258.010 <sup>a</sup>	8.685	253.560 <sup>a</sup>	6.623
2.Kısmi	243.186 <sup>b</sup>	6.131	244.563 <sup>a</sup>	5.572	215.236 <sup>b</sup>	8.685	231.368 <sup>b</sup>	6.623
DS (gün)								
60	250.383 <sup>b</sup>	7.508	253.087 <sup>a</sup>	6.825	247.470 <sup>a</sup>	10.637	230.887 <sup>b</sup>	8.112
120	248.276 <sup>b</sup>	7.508	240.809 <sup>a</sup>	6.825	232.313 <sup>a</sup>	10.637	258.262 <sup>a</sup>	8.112
180	273.268 <sup>a</sup>	7.508	247.349 <sup>a</sup>	6.825	230.086 <sup>a</sup>	10.637	238.242 <sup>ab</sup>	8.112
PD*DS								
1,60	259.483 <sup>ab</sup>	10.618	265.996 <sup>a</sup>	9.652	279.513 <sup>a</sup>	15.043	231.438 <sup>ab</sup>	11.472
2,60	241.283 <sup>b</sup>	10.618	240.178 <sup>a</sup>	9.652	215.428 <sup>ab</sup>	15.043	230.336 <sup>ab</sup>	11.472
1,120	261.046 <sup>ab</sup>	10.618	235.619 <sup>a</sup>	9.652	239.723 <sup>ab</sup>	15.043	270.891 <sup>a</sup>	11.472
2,120	235.505 <sup>b</sup>	10.618	246.000 <sup>a</sup>	9.652	224.902 <sup>ab</sup>	15.043	245.634 <sup>ab</sup>	11.472
1,180	293.765 <sup>a</sup>	10.618	247.188 <sup>a</sup>	9.652	254.796 <sup>a</sup>	15.043	258.353 <sup>a</sup>	11.472
2,180	252.771 <sup>b</sup>	10.618	247.510 <sup>a</sup>	9.652	205.377 <sup>b</sup>	15.043	218.132 <sup>b</sup>	11.472

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD (P<0.05), SH: Standart Hata  
\*P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001

Tam pişirilmiş keklerin çığnenebilirlik değeri kısmi pişirilmiş keklerden daha yüksek olup, PK hariç aralarındaki fark istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur (P<0.05). Depolama boyunca PK, MF ve KF ile üretilen keklerin çığnenebilirlik değerlerinde önemli değişiklik olmaz iken KK'nin çığnenebilirlik değeri 180. günde, önceki ölçümlere göre istatistiksel olarak önemli seviyede artmaktadır. Yapılan bir araştırmada taze pirinç kekleri için 188.303 g olarak belirlenen çığnenebilirlik değeri 25 °C de 5 gün depolama sonrası 631.753 g olmuştur (Ji ve ark., 2010). Buradan dondurarak depolamanın tekstürel özelliklerin korunması açısından ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.

#### 4.8.2.4. Yapışkanlık

KK ve glutensiz keklerin yapışkanlık değeri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin (kısmi ve tam) ve depolama sürelerinin etkisi sonucu meydana gelen değişimlere ait ortalama değerler ve bu değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılmaları verilmiştir (Çizelge 4.24).

Yapışkanlık değeri KK için 0.400–0.468, PK için 0.401–0.495, MF kekleri için 0.370–0.493 ve KF kekleri için ise 0.350–0.472 arasında değişmiştir.



KK ve PK'nin yapışkanlık değerleri pişirme yöntemi açısından (kısmi ve tam) karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Öte yandan kısmi pişirme yöntemi ile üretilen MFK ve KFK'nin yapışkanlık değeri ise tam pişirilmiş keklere göre daha yüksek ve istatistiksel olarak da farklıdır. PK, MF ve KF ile üretilen keklerin yapışkanlık değeri depolama süresi ile önemli derecede değişmemektedir ( $P>0.05$ ). Ji ve ark. (2010) taze pirinç kekleri için yapışkanlık değerini 0.438 olarak belirlemiş ve depolama ile bu değerde değişiklik meydana gelmediğini bildirmiştir. KK'nin yapışkanlık değeri ise 180. gün yapılan ölçümlerde diğer sürelerden farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 4.24. Farklı depolama süreleri ile kısmi ve tam pişirmenin keklerin yapışkanlık değeri üzerine etkilerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması<sup>1,2</sup>

Faktörler*	KK		PK		MFK		KFK	
	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH	Ortalama	SH
Pişme durumu					**		**	
1:Tam	0.433 <sup>a</sup>	0.0037	0.448 <sup>a</sup>	0.0062	0.419 <sup>b</sup>	0.0062	0.375 <sup>b</sup>	0.005
2.Kısmi	0.431 <sup>a</sup>	0.0037	0.448 <sup>a</sup>	0.0062	0.448 <sup>a</sup>	0.0062	0.407 <sup>a</sup>	0.005
DS (gün)	**							
60	0.424 <sup>b</sup>	0.0045	0.444 <sup>a</sup>	0.0051	0.426 <sup>a</sup>	0.0076	0.386 <sup>a</sup>	0.007
120	0.427 <sup>b</sup>	0.0045	0.449 <sup>a</sup>	0.0051	0.446 <sup>a</sup>	0.0076	0.401 <sup>a</sup>	0.007
180	0.445 <sup>a</sup>	0.0045	0.452 <sup>a</sup>	0.0051	0.430 <sup>a</sup>	0.0076	0.387 <sup>a</sup>	0.007
PD*DS								
1,60	0.428 <sup>ab</sup>	0.064	0.444 <sup>a</sup>	0.0088	0.415 <sup>ab</sup>	0.0107	0.374 <sup>b</sup>	0.010
2,60	0.421 <sup>b</sup>	0.064	0.445 <sup>a</sup>	0.0088	0.436 <sup>ab</sup>	0.0107	0.397 <sup>ab</sup>	0.010
1,120	0.428 <sup>ab</sup>	0.064	0.454 <sup>a</sup>	0.0088	0.427 <sup>ab</sup>	0.0107	0.377 <sup>b</sup>	0.010
2,120	0.426 <sup>b</sup>	0.064	0.443 <sup>a</sup>	0.0088	0.464 <sup>a</sup>	0.0107	0.425 <sup>a</sup>	0.010
1,180	0.442 <sup>ab</sup>	0.064	0.446 <sup>a</sup>	0.0088	0.415 <sup>b</sup>	0.0107	0.375 <sup>b</sup>	0.010
2,180	0.447 <sup>a</sup>	0.064	0.457 <sup>a</sup>	0.0088	0.444 <sup>ab</sup>	0.0107	0.398 <sup>ab</sup>	0.010

<sup>1</sup>Her bir faktör kendi içerisinde değerlendirilmiştir, <sup>2</sup> LSD ( $P<0.05$ ), SH: Standart Hata

MFK: Mısır formülü keki; PU: Pirinç keki; KFK: Kestane formülü keki; KK: Kontrol (buğday) keki

\* $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$

#### 4.9. Keklerin Kabuk (Dış) ve Gözenek (İç) Renk Değerleri

Tam ve kısmi pişirilmiş kekler ile kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş kontrol ve glutensiz keklerin kabuk ve gözenek renk değerleri iki tekerrürlü olarak ölçülmüş ve ortalama sonuçlar standart hataları ile birlikte Çizelge 4.25'de verilmiştir.

#### 4.9.1. Kabuk renk değerleri

Kabuk renk değerleri üretilen keklerin albenisini etkilemesi yanında kısmi pişirme yönteminde hem ilk pişirme ve hem de son pişirme sürelerinin belirlenmesinde araştırmacılara önemli katkı sağlayabilir. Yukarıda da belirtildiği gibi kısmi pişirme yönteminde ikinci pişirme süreleri belirlenirken tam pişmiş kekin görsel olarak yaklaşık renk değerleri elde edilinceye kadar pişirme yapıldı. Üretilen keklerin kabuk renk değerleri karşılaştırıldığında genel olarak tam pişmiş kekler ile kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilen keklerin kabuk L, a ve b değerleri istatistiksel olarak farksız bulunmuştur ( $P>0.05$ ) (Çizelge 4.25). Dolayısıyla bu değerlerin söz konusu amaçla kullanılabileceği söylenebilir. Kısmi pişirilmiş keklerin kabuk L değeri diğerlerine göre daha yüksek, kabuk a ve b değerleri ise daha düşük bulunmuştur.

Kontrol kekinin kabuk L değeri 62.01–79.73, kabuk a değeri 9.23–20.97 ve kabuk b değeri ise 36.78–43.80 arasında değişmiştir.

Pirinç unu kekinin kabuk L değeri 63.82–84.85, kabuk a değeri 4.65–20.16 ve kabuk b değeri ise 31.73–45.41 arasında değişmiştir. Mısır formülü ile üretilen keklerin kabuk L değeri 60.68–80.33, kabuk a değeri 7.67–20.93 ve kabuk b değeri ise 41.54–50.47 arasında değişmiştir. Kestane formülü ile üretilen keklerin kabuk L değeri 59.98–67.41, kabuk a değeri 13.41–19.26 ve kabuk b değeri ise 29.57–38.88 arasında değişmiştir.

Akbaş (2009) tarafından yapılan bir çalışmada buğday unu ile üretilen keklerin kabuk L değeri 65.15–71.14, kabuk a değeri 15.04–17.96 ve kabuk b değeri ise 34.90–37.88 arasında değişmiştir.

#### 4.9.2. Gözenek renk değerleri

Kontrol keki ile mısır formülü kullanılarak üretilen kekin gözenek L değerleri keklerin pişme durumundan istatistiksel olarak önemli seviyede etkilenmemiştir. Pirinç unu ve kestane formülü kullanılarak üretilen keklerde ise kısmi pişirilmiş keklerin gözenek L değeri daha düşük bulunmuştur. İstatistiksel olarak ta önemli olan bu farklılık aynı zamanda kek içinin daha koyu renkli olması anlamına gelmektedir.

Kontrol kekinin gözenek L değeri 84.26–85.59, gözenek a değeri 5.11–6.06 ve gözenek b değeri ise 24.85–27.06 arasında değişmiştir.

Pirinç unu kekinin gözenek L değeri 86.81–87.71, gözenek a değeri 4.29–4.89 ve gözenek b değeri ise 14.82–22.23 arasında değişmiştir. Mısır formülü ile üretilen keklerin gözenek L değeri 86.75–86.90, gözenek a değeri 2.70–3.05 ve gözenek b değeri ise 28.64–31.15 arasında değişmiştir. Kestane formülü ile üretilen keklerin gözenek L değeri ise 64.40–67.64, gözenek a değeri 12.91–13.59 ve gözenek b değeri ise 22.26–23.80 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı pişirme uygulanmış keklerin iç ve dış renk değerleri (L, a ve b)

Formül	Pişme durumu*	L ± SH	a ± SH	b ± SH	
KK	Dış renk	1	62.35 ± 0.189 <sup>c</sup>	20.26 ± 0.387 <sup>a</sup>	42.14 ± 0.676 <sup>a</sup>
		2	79.49 ± 0.231 <sup>a</sup>	9.43 ± 0.474 <sup>b</sup>	37.26 ± 0.828 <sup>b</sup>
		3	65.98 ± 0.231 <sup>b</sup>	20.82 ± 0.474 <sup>a</sup>	44.33 ± 0.828 <sup>a</sup>
	İç renk	1	84.95 ± 0.260 <sup>a</sup>	5.51 ± 0.187 <sup>a</sup>	25.96 ± 0.490 <sup>a</sup>
		2	85.15 ± 0.319 <sup>a</sup>	5.44 ± 0.230 <sup>a</sup>	25.56 ± 0.600 <sup>a</sup>
		3	84.29 ± 0.319 <sup>a</sup>	6.06 ± 0.230 <sup>a</sup>	26.51 ± 0.600 <sup>a</sup>
PK	Dış renk	1	64.27 ± 1.157 <sup>b</sup>	19.52 ± 1.065 <sup>a</sup>	43.10 ± 1.784 <sup>a</sup>
		2	82.06 ± 1.417 <sup>a</sup>	6.95 ± 1.305 <sup>b</sup>	33.69 ± 2.185 <sup>b</sup>
		3	66.96 ± 1.417 <sup>b</sup>	17.23 ± 1.305 <sup>a</sup>	41.80 ± 2.185 <sup>ab</sup>
	İç renk	1	87.63 ± 0.071 <sup>a</sup>	4.68 ± 0.077 <sup>a</sup>	16.06 ± 0.554 <sup>a</sup>
		2	86.97 ± 0.087 <sup>b</sup>	4.30 ± 0.095 <sup>b</sup>	21.43 ± 0.678 <sup>b</sup>
		3	87.54 ± 0.087 <sup>a</sup>	4.48 ± 0.095 <sup>ab</sup>	17.34 ± 0.678 <sup>a</sup>
MFK	Dış renk	1	61.22 ± 1.982 <sup>b</sup>	20.14 ± 0.505 <sup>a</sup>	43.07 ± 2.640 <sup>a</sup>
		2	79.92 ± 1.982 <sup>a</sup>	7.71 ± 0.505 <sup>c</sup>	46.13 ± 2.640 <sup>a</sup>
		3	67.28 ± 1.982 <sup>b</sup>	17.13 ± 0.505 <sup>b</sup>	46.01 ± 2.640 <sup>a</sup>
	İç renk	1	86.78 ± 0.033 <sup>a</sup>	3.02 ± 0.022 <sup>ab</sup>	29.17 ± 0.305 <sup>ab</sup>
		2	86.83 ± 0.041 <sup>a</sup>	2.74 ± 0.027 <sup>b</sup>	30.47 ± 0.373 <sup>a</sup>
		3	86.84 ± 0.041 <sup>a</sup>	2.96 ± 0.027 <sup>a</sup>	28.80 ± 0.373 <sup>b</sup>
KFK	Dış renk	1	60.21 ± 0.443 <sup>b</sup>	18.60 ± 0.330 <sup>a</sup>	36.26 ± 0.368 <sup>b</sup>
		2	66.64 ± 0.543 <sup>a</sup>	13.51 ± 0.404 <sup>b</sup>	29.89 ± 0.451 <sup>c</sup>
		3	62.11 ± 0.543 <sup>b</sup>	18.54 ± 0.404 <sup>a</sup>	38.06 ± 0.451 <sup>a</sup>
	İç renk	1	66.86 ± 0.289 <sup>a</sup>	13.04 ± 0.50 <sup>b</sup>	22.79 ± 0.211 <sup>b</sup>
		2	64.45 ± 0.354 <sup>b</sup>	13.55 ± 0.61 <sup>a</sup>	23.76 ± 0.259 <sup>ab</sup>
		3	66.38 ± 0.354 <sup>a</sup>	13.05 ± 0.61 <sup>b</sup>	23.69 ± 0.259 <sup>a</sup>

\*1=Tam pişirilmiş, 2=Kısmi pişirilmiş ve 3= Kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilmiş keki göstermektedir. MFK: Mısır formülü (mısır unu+patates nişastası) keki; PU: Pirinç keki  
KFK: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası) keki; KK: Kontrol (buğday) keki  
Her bir kek iç ve dış renk değerleri kendi aralarında karşılaştırılmış (P<0.05) ve ortalamalar için standart hata (SH) değerleri verilmiştir.

Akbaş (2009) tarafından yapılan bir çalışmada buğday unu ile üretilen keklerin gözenek L değeri 79.02–81.45, gözenek a değeri 7.05–7.44 ve gözenek b değeri ise 21.44–22.56 arasında değişmiştir.

#### 4.10. Glütten Analizi (ppm)

Türk Gıda Kodeksi'nde glütensiz gıda olarak tabir edilen ürünlerde bulunabilecek maksimum glütten miktarı 200 ppm olarak belirtilmiştir. Dünyada pek çok ülkede de limit 200 ppm olarak kabul edilmektedir. Kullanılan yöntem üründeki glütteni 1.5–2.0 ppm hassasiyet ile belirleyebilmektedir. Üretilen keklerin glütensiz olduğunu doğrulamak amacıyla glütten analizi (ppm) yapılmış ve PK, MFK ve KFK için bu değer sırasıyla 8.8, 11 ve 21.6 ppm olarak belirlenmiştir. Bulunan bu değerler yasal sınırların çok altında olup, bu keklerin çölyak hastaları tarafından güvenle tüketilebileceğini göstermektedir.

#### 4.11. Peroksit Sayısı

Ürün formülünde mevcut olan yağda meydana gelen oksidasyon özellikle raf ömrü açısından oldukça önemlidir. Peroksit sayısı yağların birincil oksidasyon ürünü olan hidroperoksitler hakkında bilgi vermektedir (Shadidi ve Wanasundara, 2002). Taze pişirilmiş kekler ile tam ve kısmi pişirilerek 6 ay depolandıktan sonra hazırlanan (Bkz. Bölüm 4.7) keklerin peroksit sayılarındaki değişim Çizelge 4.26'da gösterilmiştir. KK ve MF ile hazırlanan keklerin peroksit sayıları taze ve depolanmış keklerde farklılık göstermemektedir ( $P>0.05$ ). PK ve KF ile hazırlanan keklerin peroksit sayıları ise taze keklerde daha düşük bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bunun yanında depolanan bu keklerin tam veya kısmi pişirilmiş olması oluşan peroksit sayısı açısından önemli farklılık oluşturmamaktadır ( $P>0.05$ ). Yapılan bir çalışmada kek ve bisküvilerdeki peroksit sayıları 0.71-1.63  $\mu\text{g O}_2/\text{g}$  yağ arasında değişmiştir. Araştırmacılar bu değerlerin mevzuatlarında belirtilen sınırların altında olduğunu ifade edip güvenle tüketilebileceğini belirtmektedir (Gambus ve ark., 2009). Bu çalışmada bulunan peroksit değerleri yukarıdaki araştırma sonuçlarının oldukça altındadır.

Çizelge 4.26. Taze ve depolanmış kek örneklerinde peroksit sayıları (meq O<sub>2</sub>/kg yağ)

PD*	KK	PK	MFK	KFK
1	18.963 ± 4.29 <sup>a/B</sup>	14.952 ± 5.88 <sup>b/BC</sup>	43.567 ± 3.73 <sup>a/A</sup>	8.532 ± 4.79 <sup>b/C</sup>
2	21.157 ± 4.29 <sup>a/C</sup>	37.524 ± 5.88 <sup>a/B</sup>	56.524 ± 3.73 <sup>a/A</sup>	31.628 ± 4.79 <sup>a/B</sup>
3	22.787 ± 4.29 <sup>a/C</sup>	42.453 ± 5.88 <sup>a/B</sup>	52.144 ± 3.73 <sup>a/A</sup>	33.596 ± 4.79 <sup>a/C</sup>

<sup>(a-b)</sup>Farklı harfler sütun içerisindeki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)

<sup>(A-C)</sup>Farklı harfler satır içerisindeki ortalamaların farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)

\* PD: Pişme durumu, 1=Tam pişirilmiş, 2=Kısmi pişirilerek 6 ay depolandıktan sonra tekrar pişirilmiş keki ve 3= Tam pişirilmiş ve 6 ay depolanmış keki göstermektedir.

MFK: Mısır formülü (mısır unu+patates nişastası) keki; PU: Pirinç keki

KFK: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası) keki; KK: Kontrol (buğday) keki

#### 4.12. Duyusal Değerlendirme

Kontrol kek ile üç farklı formülle üretilen glutensiz kekler iki tekerrürlü olarak duyu analizi edilmiştir. Panel üyeleri her bir keki görünüş, gözenek yapısı, nemlilik, tat ve aroma, ağızda bıraktığı his ve genel beğenilirlilik açısından değerlendirmiştir. Panelistler tarafından verilen puanlar istatistiksel analize tabi tutulmuş olup alınan bulgulara ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Söz konusu bu değerlendirme kriterleri açısından iki tekerrür arasında fark görülmemiştir (Çizelge 4.27).

##### 4.12.1. Görünüş

Üretilen keklerin panel üyelerinden aldıkları ortalama görünüş puanları 6.354-7.697 arasında değişmiştir. En yüksek puan taze pişmiş pirinç keki tarafından alınmasına rağmen taze kekler ile tam veya kısmi pişirilerek depolanmış kekler arasında istatistiksel olarak önemli fark görülmemiştir (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

#### 4.12.2. Gözenek yapısı

Kontrol keki ile glutensiz keklerin duyuşal değerlendirmede gözenek yapısı için aldıkları ortalama puanlar 6.493 ile 7.909 arasında değişmiştir. Kısmi pişirilerek 6 ay depolandıktan sonra hazırlanıp sunulan pirinç unu keki en yüksek puanı almıştır (Çizelge 4.28). Fakat duyuşal analize tabi tutulan 12 kek arasında gözenek yapısı açısından istatistiksel olarak  $P < 0.05$  düzeyinde fark görülmemiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Kontrol kek ile üç farklı formülle üretilen glutensiz keklerin duyuşal değerlendirme bulgularına ait varyans analiz sonuçları

		Kekler (A)	Tekerrür (B)	A*B	Hata
Görünüş	SD	11	1	11	252
	KT	28.122	8.105	14.029	891.59
	KO	2.556	8.105	1.275	3.538
	F	0.72	2.29	0.36	
Gözenek yapısı	SD	11	1	11	252
	KT	46.706	3.409	18.004	662.111
	KO	4.246	3.409	1.637	2.627
	F	1.62	1.30	0.62	
Nemlilik	SD	11	1	11	252
	KT	94.650	13.500	68.405	1004.46
	KO	8.605	13.500	6.219	3.986
	F	2.16*	3.39	1.56	
Tat ve aroma	SD	11	1	11	252
	KT	106.612	0.045	23.342	828.183
	KO	9.692	0.045	2.122	3.286
	F	2.95**	0.01	0.65	
Ağızda bıraktığı his	SD	11	1	11	252
	KT	153.19	0.000054	22.77	766.513
	KO	13.926	0.000054	2.07	3.042
	F	4.58***	0.00	0.68	
Genel kabul	SD	11	1	11	252
	KT	104.869	1.345	12.984	704.244
	KO	9.533	1.345	1.180	2.795
	F	3.41***	0.48	0.42	

#### 4.12.3. Nemlilik

Üretilen kekler arasında nemlilik açısından en yüksek puanı (7.0419) kısmi pişirilip 6 ay depolandıktan sonra hazırlanan kontrol keki, en düşük puanı (5.141) ise tam pişirilerek 6 ay depolanan mısır formülü ile hazırlanan kek almıştır. KK, PK ve MF ile hazırlanan kekler grup içerisinde karşılaştırıldığında kısmi pişirme yönteminin nemlilik açısından daha olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir (Çizelge 4.28). Kekler arasındaki farklılıklar Çizelge 4.27’de görüldüğü gibi istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 4.28. Kontrol keki ve üç farklı formülle üretilen glutensiz keklerin duyuşal değerlendirme puanları

Formül	Kekler*	Görünüş	Gözenek Yapısı	Nemlilik
KK	1	7.160 ± 2.289 <sup>ab</sup>	7.313 ± 1.890 <sup>abc</sup>	6.591 ± 2.110 <sup>ab</sup>
	2	7.076 ± 1.671 <sup>ab</sup>	6.921 ± 1.851 <sup>bc</sup>	6.089 ± 2.074 <sup>abc</sup>
	3	6.354 ± 2.225 <sup>b</sup>	7.153 ± 1.897 <sup>abc</sup>	7.041 ± 1.656 <sup>a</sup>
PK	1	7.697 ± 1.673 <sup>a</sup>	7.755 ± 1.575 <sup>ab</sup>	6.531 ± 2.193 <sup>ab</sup>
	2	7.493 ± 2.031 <sup>a</sup>	7.708 ± 1.210 <sup>ab</sup>	5.488 ± 2.408 <sup>bc</sup>
	3	7.204 ± 2.041 <sup>ab</sup>	7.909 ± 1.227 <sup>a</sup>	6.814 ± 1.574 <sup>a</sup>
MF	1	7.100 ± 1.960 <sup>ab</sup>	7.334 ± 1.720 <sup>abc</sup>	5.495 ± 2.103 <sup>bc</sup>
	2	7.381 ± 1.656 <sup>ab</sup>	7.704 ± 1.458 <sup>ab</sup>	5.141 ± 2.478 <sup>c</sup>
	3	7.402 ± 1.498 <sup>ab</sup>	7.643 ± 1.319 <sup>ab</sup>	6.189 ± 2.139 <sup>abc</sup>
KFK	1	6.972 ± 1.836 <sup>ab</sup>	6.983 ± 1.614 <sup>abc</sup>	6.886 ± 1.523 <sup>a</sup>
	2	7.015 ± 1.880 <sup>ab</sup>	6.984 ± 1.607 <sup>abc</sup>	6.866 ± 1.895 <sup>a</sup>
	3	7.187 ± 1.357 <sup>ab</sup>	6.493 ± 1.745 <sup>c</sup>	6.167 ± 1.933 <sup>abc</sup>

\*1=taze kek, 2=tam pişirilip 180 gün depolanmış kek, 3=kısmi pişirme sonrası 180 gün depolandıktan sonra tekrar pişirilip hazırlanan kektir.

MFK: Mısır formülü (mısır unu+patates nişastası) keki; PU: Pirinç keki

KFK: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası) keki; KK: Kontrol (buğday) keki

#### 4.12.4. Tat ve aroma

Çizelge 4.29’da görüldüğü gibi üretilen keklerin tat ve aroma açısından duyuşal olarak değerlendirilmesi sırasında alınan ortalama puanlar 5.115–7.148 arasında değişmiştir. Bulgulara ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. KF ile üretilen keklerin tat ve aromaları daha çok beğenilmiştir. MF ile hazırlanan keklerin diğerlerine nazaran daha az beğenilmesi muhtemelen mısırın kendine özgü aromasıyla

ilişkilidir. Her ne kadar formülde kullanılan patates nişastası mısırın aromasını çok önemli derecede maskeleymiş olsa da mısır aromasını sevmeyen bazı panelistlerin oldukça düşük puan vermeleri ortalamayı düşürmüştür.

#### **4.12.5. Ağızda bıraktığı his**

Çiğnenen ürünün yutulduktan sonra ağızda bıraktığı his, ürün tercihlerinde ve değerlendirmede etkili olabilmektedir. Duyusal olarak değerlendirilen keklerin bu parametre için panelistlerden aldıkları puanlar 5.176 ile 7.440 arasında değişmiştir. En yüksek puan taze kontrol keki tarafından alınırken, mısır formülü ile üretilen kekler tat ve aroma da olduğu gibi düşük puan almıştır (Çizelge 4.29).

#### **4.12.6. Genel kabul**

Tüm kek özellikleri göz önünde bulundurularak kontrol ve glutensiz keklerin genel beğenilirlik için panelistlerden aldıkları puanlar 5.444 ile 7.263 arasında değişmiştir (Çizelge 4.29). Keklerin aldıkları puanlara ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir. MF ile hazırlanan keklerin diğerlerine nazaran daha az beğenilmesi muhtemelen mısırın kendine özgü aromasıyla ilişkilidir. Üretilen kekler arasında en yüksek beğenilirlik puanını (7.263) tam pişirilerek 6 ay depolanan KF ile hazırlanmış kek, en düşük puanı (5.444) ise kısmi pişirilip 6 ay depolandıktan sonra hazırlanan MFK almıştır.



Çizelge 4.29. KK ve üç farklı formülle üretilen glutensiz keklerin duyuşal değerlendirme puanları

Formül	Kekler*	Tat ve aroma	Ağızda bıraktığı his	Genel Kabul
KK	1	6.605 ± 1.806 <sup>ab</sup>	7.440 ± 1.254 <sup>a</sup>	7.200 ± 1.278 <sup>ab</sup>
	2	6.120 ± 1.824 <sup>abcd</sup>	6.459 ± 1.556 <sup>abcd</sup>	6.411 ± 1.561 <sup>abc</sup>
	3	6.080 ± 1.867 <sup>bcd</sup>	6.321 ± 1.597 <sup>bcd</sup>	6.509 ± 1.555 <sup>ab</sup>
PK	1	6.590 ± 1.876 <sup>ab</sup>	6.900 ± 1.765 <sup>abc</sup>	6.969 ± 1.810 <sup>ab</sup>
	2	5.429 ± 1.740 <sup>d</sup>	5.773 ± 1.807 <sup>de</sup>	6.239 ± 1.390 <sup>bc</sup>
	3	5.978 ± 2.165 <sup>bcd</sup>	5.955 ± 2.136 <sup>cde</sup>	6.415 ± 1.952 <sup>abc</sup>
MFK	1	5.311 ± 1.636 <sup>d</sup>	5.232 ± 1.614 <sup>e</sup>	5.523 ± 1.839 <sup>c</sup>
	2	5.115 ± 1.791 <sup>d</sup>	5.176 ± 2.007 <sup>e</sup>	5.462 ± 1.920 <sup>c</sup>
	3	5.480 ± 1.848 <sup>cd</sup>	5.234 ± 1.866 <sup>e</sup>	5.444 ± 1.749 <sup>c</sup>
KFK	1	6.767 ± 1.704 <sup>ab</sup>	6.684 ± 1.618 <sup>abcd</sup>	6.876 ± 1.485 <sup>ab</sup>
	2	7.148 ± 1.690 <sup>a</sup>	7.294 ± 1.624 <sup>ab</sup>	7.263 ± 1.498 <sup>a</sup>
	3	6.503 ± 1.559 <sup>abc</sup>	6.470 ± 1.724 <sup>abcd</sup>	6.576 ± 1.609 <sup>ab</sup>

\*1=taze kek, 2=tam pişirilip 180 gün depolanmış kek, 3=kısmi pişirme sonrası 180 gün depolandıktan sonra tekrar pişirilip hazırlanan kektir.

MFK: Mısıır formülü (mısıır unu+patates nişastası) keki; PU: Piriñç keki

KFK: Kestane formülü (kestane unu+patates nişastası) keki; KK: Kontrol (buğday) keki

## 5. SONUÇ

Çalışmada optimize edilen ve PK, MFK ve KFK olarak hazırlanan keklerin özellikleri buğday unu kullanılarak üretilen KK ile karşılaştırılmıştır. Hamur özelliklerinden başlamak üzere kek üretim aşamalarında farklı formüllerde kaliteyi etkileme açısından ilave edilen emülgatör ve su seviyeleri ile ksantan-guar gam karışımı, mısır unu-patates nişastası karışımı ve kestane unu-patates nişastası karışımlarında oluşturulan değişimler oldukça önemli rol oynamıştır.

Kontrol ve pirinç unu keklerinde kullanılan emülgatör seviyesinin artması hamur yoğunluğunun, kek sertlik ve çiğnenabilirlik değerlerinin azalmasına, özgül hacim, hacim indeksi, simetri indeksi ve kıvamın ise artmasına neden olmaktadır. Buna karşın emülgatör seviyelerindeki değişimlerin çekme miktarını pek etkilemediği görülmüştür.

Kullanılan su seviyesinin incelenen hamur ve kek özelliği açısından kritik olduğu belirlenmiştir. Formüle ilave edilen su seviyesinin artması KK, PK ve MFK üretiminde çekme miktarını ve esneklik değerini arttırmıştır. Bunun yanısıra genel olarak kullanılan su miktarı arttıkça genellikle hamur kıvamı ile üretilen keklerin özgül hacmi ve hacim indeksi değeri azalmıştır. PK ve MFK üretiminde kullanılan su seviyesi arttıkça yapışkanlık değeri ise artmıştır. Bundan dolayı formüle ilave edilecek su seviyesinin hassas bir şekilde ayarlanması gerekmektedir.

PK, MFK ve KFK üretiminde kullanılan ksantan-guar gam karışımındaki değişiklikler hamur ve kek özelliklerini etkilemiştir. Kullanılan gam karışımının etkisi kullanılan formüle bağlı olarak değişmiştir. Bu nedenle glütensiz kek formülasyonlarına gam ilave ederken, en uygun gam veya gam karışımının belirlenmesi gerekir. Genel olarak MFK üretiminde guar gam veya eşit oranda ksantan ve guar gam karışımı daha başarılı sonuç vermiştir. PK ve KFK üretiminde ise ksantan ve guar gam karışımı içerisinde ksantan gam oranı arttıkça daha başarılı sonuçlar alınmıştır.

Farklı un kaynaklarının hamur ve kek özelliklerini farklı şekillerde etkilediği gözlenmiştir. MFK üretiminde kullanılan mısır unu-patates nişastası karışımındaki mısır unu oranı arttıkça hamur yoğunluğu ve pH'sı ile keklerin özgül hacmi, simetri indeksi, hacim indeksi ve çiğnenabilirlik değeri artarken, hamur kıvamı ve yapışkanlık değeri azalmıştır. KFK üretiminde kullanılan kestane unu-patates nişastası karışımındaki

kestane unu oranının artması hamur yoğunluğunu, kıvamını ve keklerin çekme miktarını, sertlik ile çignenebilirlik değerlerini arttırmakta olup özgül hacmi, hacim indeksini ve yapışkanlığı azalmaktadır. Dolayısıyla glutensiz kek üretiminde kullanılacak un kaynağının kek kalitesine nasıl etki ettiği üretimde göz önünde bulundurulmalıdır.

Kontrol keki ile glutensiz keklerin optimizasyonu sonucunda her bir formül için elde edilen kek özellikleri ile verilen optimize oranlar kullanılarak üretilen keklerin özellikleri çok önemli düzeyde örtüşmektedir. Bundan dolayı yeni ürün geliştirmede YYY tarafından verilen optimum oranların rahatlıkla kullanılacağı görülmüştür. Benzer bulgu Doğan ve Yıldız (2010) tarafından yapılan bir çalışmada da ifade edilmiştir.

Farklı formüllere ilave edilen transglutaminaz enziminin keklerin genel ve tekstürel özelliklerine farklı etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Optimize edilen KK ve MFK formüllerinde transglutaminaz ilavesinin etkileri gözlenememiştir. Fakat PK ve özellikle KFK için % 0.25 oranında transglutaminaz ilavesi ile beğenilirlik değeri daha yüksek olan kekler elde edilmiştir. Bu seviyenin üzerinde kullanılan transglutaminaz kek özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Kısmi pişirme (ön pişirme) sürelerinin belirlenmesinde üretilen keklerin yapıları farklı sürelerde sabitlenmiştir. Bu sürelerin belirlenmesinde ön denemeler ile birlikte kek içi sıcaklık değişiminin başarı ile kullanılacağı tespit edilmiştir. Ayrıca HVT verilerinden de yararlanılabileceği belirlenmiştir. Bunun yanında üretilen keklerin kabuk renk değerleri, kısmi pişirme yönteminde ön pişirme ve son pişirme sürelerinin belirlenmesinde araştırmacılara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Çünkü üretilen tam pişmiş kekler ile kısmi pişirme sonrası tekrar pişirilen keklerin kabuk renk değerleri istatistiksel olarak farksız bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Üretilen keklerin glutensiz olduğu yapılan gluten analizi (ppm) ile doğrulandığından çölyak hastaları tarafından güvenle tüketilebilir. Taze pişirilmiş kekler ile tam ve kısmi pişirilip 6 ay depolandıktan sonra hazırlanan keklerin peroksit sayılarının da güven sınırları içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Kısmi pişirilip depolandıktan sonra hazırlanan keklerin tam pişirilip depolanan keklere göre daha yumuşak, iç özellik ve çignenebilirlik değerlerinin daha iyi olduğu

belirlenmiştir. Buna karşın kabukta meydana gelen kurumadan dolayı dış özellik puanlarında azalma meydana gelmiştir.

Depolama süresinin uzamasıyla birlikte tüm keklerin dış ve iç özellik puanlarında ve özgül hacimlerinde azalma, sertlik değerlerinde ise artma meydana gelmiştir. Fakat kısmi ve tam pişirilmiş keklerin dondurularak 6 ay güven içerisinde depolanabileceği tespit edilmiştir.

Üretilen taze kekler ile tam veya kısmi pişirilerek depolanmış keklerin panel üyelerinden aldıkları görünüş ve gözenek yapısı puanları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. KK, PK ve MF ile hazırlanan kekler grup içerisinde karşılaştırıldığında kısmi pişirme yönteminin son ürünün nemliliği açısından daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tüm kek özellikleri göz önünde bulundurulduğunda hazırlanan taze keklerin (KFK hariç) genel kabul edilebilirlik açısından panelistlerden aldıkları puanlar daha yüksek bulunmuştur. Fakat grup içerisinde taze kekler ile tam veya kısmi pişirilerek depolanmış kekler arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Genel olarak kısmi pişirmenin glütensiz keklerin üretiminde kullanılmasının daha avantajlı olacağı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Ács, E., Kovács, Zs., Matuz, J., 1996a. Bread from corn starch for dietetic purposes: I. Structure formation. *Cereal Research Communications*, **24**: 441–449.
- Ács, E., Kovács, Zs., Matuz, J., 1996b. Bread from corn starch for dietetic purposes: II. Formation of the visual and technological properties. *Cereal Research Communications*, **24**: 451–459.
- Akbaş, Ö. 2009. *Kek Üretiminde Ekzopolisakkaritlerin Kullanımı*. (yüksek lisans tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Akbulut, M., Bilgiçli, N. 2010. Effects of different pekmez (fruit molasses) types used as a natural sugar source on the batter rheology and physical properties of cakes. *Journal of Food Process Engineering*, **33**: 272–286.
- Alp, H., Bilgiçli, N. 2008. Effect of Transglutaminase on some properties of cake enriched with various protein sources. *Journal Of Food Science*, **73** (5): 209–214.
- Anonim, 1982. Wheat gluten contributes to nutrition, functionality to meat, baked goods and other foods. *Food Development*, **16**: 22–23.
- Anonim, 1995. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, 9th Ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Anonim, 2008. Gluten enteropatisi (Çölyak hastalığı) <http://www.doktorsitesi.com>  
Erişim tarihi: 27.10.2008
- Anton, A.A., Artfield, S.D. 2008. Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **59**(1): 11–23.
- Arendt, E.K., Bello, F.D., 2008. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. Food Science and Technology International Series. Erişim 07.01.2009. [www.books.google.com](http://www.books.google.com).
- Arendt, E.K., O'Brien, C.M., Schober, T., Gormley, T.R., Gallagher, E., 2002. Development of gluten-free cereal products. *Farm and Food*, **12**: 21–27.
- Bárcenas, M.E., Benedito, C., Rosell, C.M., 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids*, **18**: 769–774.
- Bárcenas, M.E., Rosell, C.M., 2006. Effect of frozen storage time on the quality and aging of parbaked bread. *Food Chemistry*, **95**: 438–445.

- Başman, A., Köksel, H., Ng, P.K.W., 2001. Examining of polymer formation of wheat, soy and barley proteins with transglutaminase enzyme. *2001 AACC Annual Meeting*.
- Başman, A., Köksel, H., Ng, P.K.W., 2002. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. *European Food Research and Technology*, **215**: 419–424.
- Başman, A., Köksel, H., Ng, P.K.W., 2003. Transglutaminaz enziminin gıda endüstrisindeki bazı uygulamaları. *3. Gıda Mühendisliği Kongresi*, 2-4 Ekim 2003, Ankara. 209–399.
- Bath, D. E., Shelke, K., Hosney, R. C., 1992. Fat replacers in high ratio cake layer cakes. *Cereal Foods World*, **37**(7): 495–500.
- Bhattacharya, M., Langstaff, T.M., Berzonsky, W.A., 2003. Effect of frozen storage and freeze-thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs. *Food Research International*, **36**: 365–372.
- Carr, L.G., Tadini, C.C., 2003. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked french bread. *LWT-Food Science and Technology*, **36**: 609–614.
- Chartrand, L.J., Russo, P.A., Dulhaime, A.G., Seidman, E.G., 1997. Wheat starch intolerance in patients with coeliac disease. *Journal of the American Dietetic Association*, **97**: 612–618.
- CoHort, 2004. *Costat Userik Guide*. CoHort software, Monterey, CA.
- Ciacchi, C., Maiuri, L., Caporaso, N., Bucci, C., Giudice, L.D., Massardo, D.R., Pontieri, P., Fonzo, N.D., Bean, S.R., Ioerger, B., Londei, M., 2007. Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. *Clinical Nutrition*, **26**: 799–805.
- Crowley, P., O'Brien, C., Slattery, H., Chapman, D., Arendt, E., Stanton, C. 2002. Functional properties of casein hydrolysates in bakery applications. *European Food Research and Technology*, **215**: 131–137.
- Çelik, İ., Kotancılar, H. G., 1998. Farklı bileşimdeki kabartma tozlarının kek kalitesi üzerine etkisi. *Un Mamülleri Dünyası*, **6**: 5–13.
- Doğan, İ.S., Küçüköner, E. 1997. Süt ürünlerinin unlu mamullerde kullanımı. *Gıda*, **23**(1): 43–47.

- Doğan, İ.S., 2001. Gıda sanayinde hızlı viskozite test (HVT) cihazının kullanımı. *Gıda*, **25**(6): 429–434.
- Doğan, İ.S., 2002. Bisküvi üretiminde kalite kriteri olarak renk ölçümüne yeni bir yaklaşım. *Türkiye 7. Gıda Kongresi*, 22–24 Mayıs 2002. Ankara. 462.
- Doğan, İ.S., 2006. Biscuit characteristics from refrigerated and frozen doughs. *Food Technology and Biotechnology*, **44**(1): 117–122.
- Doğan, İ.S., Javidipour, I., Akan, T., 2007. Effects of interesterified palm and cottonseed oil blends on cake quality. *International Journal of Food Science and Technology*, **42**: 157–164.
- Doğan, İ.S., Küçüköner, E., 2003. Yeni ürün geliştirmede gıda bileşenlerinin ve fonksiyonlarının rolü. *SEYES 2003-Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 22–23 Mayıs 2003, İzmir, 195–200.
- Doğan, İ.S., Yıldız, Ö. 2010. Multiple response optimization for the development of reduced fat cake proceedings. *Food Manufacturing Efficiency*, **3**(1): 35–40.
- Doğan, İ.S., Yıldız, Ö., 2004. Düşük kalorili kek üretimi: I. Formül optimizasyonu. *Gıda*, **29**: 17–25.
- Eliasson, A., Larsson, K., 1993. A Molecular Colloidal Approach. *Cereals in Breadmaking*. Marcel Dekker, New York. Erişim tarihi: 07.01.2009. www.books.google.com.
- Engleson, J.A., Lendon, C.A., Atwell, W.A., 2008. System for gluten replacement in food products. *United States Patent Application Publication*. Pub. No.: US 2008/0038434 A1.
- Esselink, E.F.J., Van Aalst, H., Maliepaard, M., Van Duynhoven, J.P.M., 2003. Long-term storage effect in frozen dough spectroscopy and microscopy. *Cereal Chemistry*, **80**: 396–403.
- Farahnaky, A., Majzoobi, M. 2008. Physicochemical properties of partbaked Breads. *International Journal of Food Properties*, **11**: 186–195.
- Fik, M.; Surowka, K. 2002. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **82**: 1268–1275.

- Fukumori, K., 2005. Rice flour cakes and process for producing the same. *United States Patent Application Publication*. Pub. No.: US 2005/0037122 A1.
- Gambus, H., Gambus, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, r., Mickowska, B., Nowotna, A., Sikora, M. 2009. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60**(4): 31–50.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2003a. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, **56**: 153–161.
- Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T.R., Arendt, E., 2003b. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology*, **218**: 44–48.
- Gerrard, J.A., Newberry, M.P., Ross, M., Wilson, A.J., Fayle, S.E., Kavale, S., 2000. Pastry lift and croissant volume as affected by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, **65**(2): 312–314.
- Go´mez, M., Oliete, B., Rosell, C.M, Pando, V., Ferna´ndez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheatechickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, **41**: 1701–1709.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., Rosell, C.M., 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, **21**: 167–173.
- Gujral, H.S., Rosell, C.M., 2004. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, **39**: 225–230.
- Guttieri, M.J., Souza, E., 2003. Sources of variation in the solvent retention capacity test of wheat flour. *Crop Science*, **43**: 5.
- Guy, E. J., Vettel, H. E., 1973. Effects of Mixing Time and Emulsifiers on Yellow Layer Cakes Containing Butter. *The Bakers Digest*, **2**: 43–48.
- Hambraeus, L., Lonnerdal, B., 2003. Nutritional aspects of milk proteins, 1. *Advanced Dairy Chemistry*. (editors: Fox, P.F. ve McSweeney, P.L.H.) New York. Kluwer Academic. Erişim tarihi: 07.01.2009. www. books.google. com
- Hamdami, N., Monteau, J.Y., Le Bail, A. 2004. Heat and mass transfer in par-baked bread during freezing. *Food Research International*, **37**: 477–488.



- Hausch, F., Gary, G., Shan, L., Khosla, C., Alto, P., 2008. Enzyme treatment of foodstuffs for celiac sprue. *United States Patent Application Publication*. Pub. No.: US 2008/0213427 A1.
- Hlynka, I., 1964. *Wheat Chemistry and Technology*. Vol:3. American Association of Cereal Chemists. Paul, MN, ABD.
- Horvath, K., Mehta, D.I., 2000. Celiac disease: a worldwide problem. *Indian Journal of Pediatrics*, **67**: 757–763.
- Ji, Y., Zhu, K., Zhou, H., Qian, H. 2010. Study of the retrogradation behaviour of rice cake using rapid visco analyser, Fourier transform infrared spectroscopy and X-ray analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, **45**: 871–876.
- Ji, Y., Zhu, K., Qian, H., Zhou, H., 2007. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chemistry*, **104**: 53–58.
- Kadan, R.S., Robinson, M.G., Thibodeaux, D.P., Pepperman, A.B.Jr., 2001. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. *Journal of Food Science*, **66**: 940–944.
- Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E., 2008. The effect of par-baking and frozen storage time on the quality of cup cake. *International Journal of Food Science and Technology*, **43**: 1778–1785.
- Keskin, S.O., Öztürk, S., Şahin, S., Köksel, H., Şumnu, G. 2005. Halogen-lamp microwave combination baking of cookies. *European Food Research and Technology*, **220**: 541–546.
- Kuraishi, C., Yamazaki, K., Susa, Y., 2001. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews Internationa*, **17**(2): 221–246.
- Kurt, S., Zorba, Ö. 2004. Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı. *Gıda*, **29**(5): 357–364.
- Larre, C., Donery-Papini, S., Popineau, Y., Deshasey, G., Desserne, C., Lefebure, J., 2000. Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. *Cereal Chemistry*, **77**: 32–38.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C.G., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, **79**: 1033–1047.

- Le Bail, A., Monteau, J.Y., Margerie, F., Lucas, T., Chargelegue, A., Reverdy, Y., 2005. Impact of selected process parameters on crust flaking of frozen part baked bread. *Journal of Food Engineering*, **69**: 503–509.
- Leuschner, R.G.K., O’Callaghan, M.J.A., Arendt, E.K., 1997. Optimization of baking parameters of part-baked and rebaked irish brown soda bread by evaluation of some quality characteristics. *International Journal of Food Science and Technology*, **32**: 487–493.
- Leuschner, R.G.K., O’Callaghan, M.J.A., Arendt, E.K., 1999. Moisture distribution and microbial quality of part baked breads as related to storage and rebaking conditions. *Journal of Food Science*, **64**: 543–546.
- Lohiniemi, S., Maki, M., Kaukinen, K., Laippala, P., Collin, P., 2000. Gastrointestinal symptoms rating scale in coeliac patients on wheat starch-based gluten-free diets. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, **35**: 947–949.
- Lopez, A.C.B., Pereira, A.J.G., Junqueira, R.G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **47**: 63–70.
- Lorenz, K J., Kulp, K., 1991. *Hand Book of Cereal Science and Technology*. Marcel Dekker, Inc., NJ, USA.
- Lu, W., Grant, L.A., 1999. Role of flour fractions in breadmaking quality of frozen dough. *Cereal Chemistry*, **76**: 663–667.
- Mercan, N., 1998. *Kek Kalitesi Üzerine Bazı Emülgatörlerin Etkilerinin Araştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İ T Ü, Gıda Müh. Böl.,İstanbul.
- Mercan, N., Boyacıoğlu, M.H., 1999. Kek üretiminde yaygın olarak kullanılan bileşenler ve fonksiyonları. *Dünya Gıda*, **47**: 36–42.
- Miyuki, F., 2005. Gluten-free dough composition. *European Patent Application*. Patent No: EP 1 561 380 A1.
- Moore M.M, Heinbockel, M., Dockery, P, Ulmer, H.M., Arendt E.K., 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*, **83**(1): 28–36.
- Moore, M.M., Schober, T. J., Dockery, P., Arendt, E.K., 2004. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry*, **81**: 567–575.

- Motoki, M., Seguro, K., 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Trends on Food Science and Technology*, **9**: 204–210.
- Nunes, M.H.B., Moore, M.M., Ryan, L.A.M., Arendt, E.K., 2009. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. *European Food Research and Technology*, **228**: 633–642.
- Payne, P. I., Law, C. N., Mudd, E. E. 1980. Control of homoelogenous group 1 chromosomes of the high-molecular-weight subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm. *Theoretical and Applied Genetics*, **58**: 113–120.
- Ram, S., Dawar, V., Singh, R.P., Shoran, J., 2005. Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*, **42**: 261–266.
- Ronda, F., Gómez, M., Caballero, P.A., Oliete, B., Blanco, C.A. 2009. Improvement of Quality of Gluten-free Layer Cakes. *Food Science and Technology International*, **15**: 193–202.
- Rosell, C.M., Gómez, M., 2007. Frozen dough and partially baked bread: An update. *Food Reviews International*, **23**(3): 303–319.
- Sae-Eaw, A., Chompreeda, P., Prinyawiwatkul, W., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, T., Saidu, J.E., Xu, Z., 2007. Acceptance and purchase intent of us consumers for nonwheat rice butter cakes. *Journal of Food Science*, **72**(2): 92–97.
- Sahi, S.S., Alava, J.M., 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **83**(14): 1419–1429.
- Sakiyan, O, Sumnu, G, Sahin, S, Meda, V, Koksel, H ve Chang, P. 2009. A Study on Degree of Starch Gelatinization in Cakes Baked in Three Different Ovens. *Food and Bioprocess Technology*, May, 2009 (DOI 10.1007/s11947-009-0210-2)
- Sanchez, H.D., Osella, C.A., Tela, T., 2002. Optimisation of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Journal of Food Science*, **67**: 416–419.
- Scanlin, L., Stone, M., 2007. Quinoa protein concentrate, production and functionality. *United States Patent Application Publication*. Pub. No.: US 2007/0092629.

- Schober, J.T., Messerschmidt, M., Bean, S.R., Park, S.H., Arendt, E.K. 2005. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, **82**: 394–404.
- Schober, T.J., Bean, S.R., Boyle, D.L., 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55**: 5137–5146.
- Schober, T.J., Bean, S.R., Boyle, D.L., Park, S.H., 2008. Improved viscoelastic zein–starch doughs for leavened gluten-free breads: Their rheology and microstructure. *Journal of Cereal Science*, **48**: 755–767.
- Schwarzlaff, S.S., Johnson, J.M., Barbeau, W.E., Duncan, S., 1996. Guar and locust bean gums as partial replacers of allpurpose flour in bread: an objective and sensory evaluation. *Journal of Food Quality*, **19**: 217–229.
- Shahidi, F., Wanansundara, U.N., 2002. Methods For Measuring Oxidative Rancidity in Fats and Oils. In: *Food Lipids-Chemistry, Nutrition, and Biotechnology* (Editors: Akoh, C.C., Min, D.B.) (2 nd ed), Marcel Dekker, Inc., New York. 465–487.
- Sharadanant, R., Khan, K., 2003a. Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: I. Dough quality. *Cereal Chemistry*, **80**: 764–772.
- Sharadanant, R., Khan, K., 2003b, Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough. II. Bread characteristics. *Cereal Chemistry*, **80**: 773–780.
- Shewry, P.R., Napier, J.A., Tatham, A.S. 1995. Seed storage proteins: structures and biosynthesis. *The Plant Cell*, **7**: 945–956.
- Shih, F.F., Truong, V.D., Daigle, K.W., 2006. Physicochemical properties of gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. *Journal of Food Quality*, **29**(1): 97–107.
- Singh-Meneghini, A., 2007. Flour formulations for making gluten-free food products. *International Application Published Under The Patent Cooperation Treaty*. International Publication Number WO 2007/062012 A2.
- Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., Indrani, D. 2009. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocolloids*, **23**: 1827–1836.

- StatGraphics, 2006. *StatGraphics Centrium Release 15.1*. Warrenton, Virginia: Statpoint Inc.
- Stathopoulos, C., O’Kennedy, B., 2008. A rheological evaluation of concentrated casein systems as replacement for gluten: Calcium effects. *International Journal of Dairy Technology*, **61**(4): 398–402.
- Suhaila, M., Norhasimah, A.H. 1998. Effects of ingredients on the characteristics of rice cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **76**: 464–468.
- Sunwoo, H., Sim, J.S., 2008. Anti-gluten egg yolk antibodies for the treatment of celiac disease. *United States Patent Application Publication*. Pub. No.: US 2008/0003263 A1.
- Tseng, C.S., Lai, H.M., 2002. Physicochemical properties of wheat flour dough modified by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, **67**(2): 750–755.
- Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S., 2008a. Optimization of baking of rice cakes in infrared–microwave combination oven by response surface methodology. *Food Bioprocess Technology*, **1**: 64–73.
- Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S., 2008b. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, **22**: 305–312.
- Varavinit, S., Shobsngob, S. 2000. Comparative properties of cakes prepared from rice flour and wheat flour. *European Food Research and Technology*, **211**: 117–120.
- Von Atzingen, M.C., Machado Pinta e Silva, M.E., 2005. Evaluation of texture and colour of starches and flours in preparations without gluten. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, **4**: 319–323.
- Williams, P.A., Phillips, G., 2000. Introduction to hydrocolloids. In: *Handbook of Hydrocolloids*. (editors: Phillips, G.O., Williams, P.A.) Cambridge:Woodhead Publishing, 1-19s.
- Woychik, J.H., Boundy, J.A., Dimler, R.J. 1961. Starch gel electrophoresis of wheat gluten proteins with concentrated urea. *Archival Biochemistry and Biophysics*, **94**(3): 477–482.
- Yenice, N., Gümrah, M., Kozan, A., 2005. Asemptomatik bireylerde gluten sensitif enteropati seroprevalansı. *Akademik Gastroenteroloji Dergisi*, **4**(2): 94–96.

- Yıldız, Ö. 2002. *Düşük Kalorili Kek Üretimi Üzerine Bir Araştırma*. (yüksek lisans tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yıldız, Ö., Doğan, İ.S. 2004. Düşük kalorili kek üretimi: II. Standart yağlı kek ile karşılaştırma. *Gıda*, **29**: 229–235.
- Yıldız, Ö., Doğan, İ.S. 2009b. Kimyasal kabartılan ürünlere kabartma asitlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda*, **34**(6): 395–401.
- Yıldız, Ö., Doğan, İ.S. 2009a. Kısmi pişirilmiş unlu mamullerin üretimi. **6. Gıda Mühendisliği Kongresi**, 6–8 Kasım 2009, Antalya. 501–505.
- Ylimaki, G., Hawrysh, Z.J., Hardin, R.T., Thomson, A.B.R., 1991. Response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: sensory measurements. *Journal of Food Science*, **56**: 751–759.
- Ylimaki, G., Hawrysh, Z.J., Hardin, R.T., Thomson, A.B.R., 1988. Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: Objective measurements. *Journal of Food Science*, **53**(6): 1800 – 1805.

## **EKLER**

**Ek 1. Kek özelliklerini puanlama çizelgesi**

<b>KEK DEĞERLENDİRME FORMU</b>				
H. YOĞUNLUĞU:	HACİM:	KIVAM:	pH:	
SİMETRİ: A	B	C	D	E
PIŞME KAYBI: SA...../BA.....		% ÇEKME:		
<b>KEK DIŞ ÖZELLİKLERİNİN PUANLAMASI</b>				
<b>A. KABUK RENGİ</b>			<b>PUAN</b>	
1. Parlak ve Açık K. Rengi			10	
2. Açık K. Rengi ve Mat			8	
3. Koyu K. Rengi ve Mat			6	
4. Şeker ve Yağ Halkası Mevcut			4	
<b>B. SİMETRİ</b>				
1. Simetrik			10	
2. Kenarları Yüksek			6	
3. Ortada Pik			6	
3. Ortada Pik ve Yanık			3	
<b>C. KABUK ÖZELLİKLERİ</b>				
1. İnce ve Nazik (Normal)			10	
2. Çok Nazik			7	
3. Kalın ve Elastiki			6	
4. Nemli veya ufalanan, kabarcıklı			4	
<b>KEK İÇ ÖZELLİKLERİNİN PUANLAMASI</b>				
<b>A. GÖZENEKLER</b>				
1. Yeknesaklık		Homojen, Düzgün (Normal)	10	
		Hafif Düzensiz	6	
		Düzensiz	2	
2. Büyüklük		Sıkı (Normal)	10	
		Çok Sıkı	8	
		Hafif Büyük	6	
		Büyük	4	
3. Gözenek duvarı kalınlığı		İnce (Normal)	10	
		Hafif Kalın	6	
		Kalın	2	
<b>B. TEKSTÜR</b>				
1. Nemlilik		Nemli (Normal)	10	
		Hafif Kuru	8	
		Yapışkan	6	
		Kuru	4	
2. Naziklik (Tenderness)		Çok Nazik (Normal)	10	
		Nazik	8	
		Hafif Katı	6	
<b>C. TAT ve AROMA</b>				
1. Tat		Hoş ve Memnun Edici	15	
		Herbiri -3 Yavan, Acı, Tuzlu, Sodalı, Ekşi, A.B.His		
2. Aroma		Tatlı ve Zengin	15	
		Herbiri -3 Yavan, küflü, keskin, yabancı, nahoş		



## Ek 2. Duyusal değerlendirme formu

KEK DUYUSAL TEST FORMU	
Görünüş	
Gözenek yapısı	
Nemlilik	
Tat ve aroma	
Ağızda bıraktığı his	
Genel Kabul	
Panelist	

**Ek 3. Çizelgeler**

Çizelge 1. Kontrol keki için hamur yoğunluğuna ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00379	0.00379	2.04
Emülgatör (B)	1	0.06737	0.06737	36.33 **
A*A	1	0.00447	0.00447	2.38
A*B	1	0.00081	0.00081	0.44
B*B	1	0.00995	0.00995	5.37
Toplam Hata	3	0.00556	0.00186	
Toplam	8	0.11105		
R <sup>2</sup> =94.99	VK (%)= 5.65			

Çizelge 2. Pirinç keki için hamur yoğunluğuna ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00249	0.00249	1.95
Emülgatör (B)	1	0.11753	0.11753	92.18 ***
Gam (C)	1	0.00003	0.00003	0.03
A*A	1	0.00072	0.00072	0.56
A*B	1	0.00245	0.00245	1.92
A*C	1	0.00000	0.00000	0.00
B*B	1	0.02393	0.02393	18.77 **
B*C	1	0.00245	0.00245	1.92
C*C	1	0.00108	0.00108	0.85
Toplam Hata	7	0.00892	0.00127	
Toplam	16	0.23585		
R <sup>2</sup> =96.22	VK (%)= 4.13			

Çizelge 3. Mısır formülü keki için hamur yoğunluğuna ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00007	0.00007	2.65
Mısır unu+patates nişastası (B)	1	0.01281	0.01281	512.80 ***
Gam karışımı (C)	1	0.00016	0.00016	6.43 *
A*A	1	0.00063	0.00063	25.10 **
A*B	1	0.00011	0.00011	4.510
A*C	1	0.00011	0.00011	4.510
B*B	1	0.00063	0.00063	25.10 **
B*C	1	0.00011	0.00011	4.510
C*C	1	0.00036	0.00036	14.60 **
Toplam Hata	7	0.00018	0.00003	
Toplam	16	0.01459		
R <sup>2</sup> =98.80	VK (%)= 0.82			

\* P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 4. Kestane formülü keki için hamur yoğunluğuna ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00534	0.00534	2.06
Kestane unu (B)	1	0.00605	0.00605	2.32
Gam (C)	1	0.00040	0.00040	0.15
A*A	1	0.00004	0.00004	0.02
A*B	1	0.00605	0.00605	2.32
A*C	1	0.00320	0.00320	1.23
B*B	1	0.00055	0.00055	0.21
B*C	1	0.00845	0.00845	3.24
C*C	1	1.26E-7	1.26E-7	0.00
Toplam Hata	7	0.01827	0.00261	
Toplam	16	0.04859		
$R^2=62.39$		VK (%)=4.64		

Çizelge 5. Kontrol keki için hamur kıvamına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	878.4990	878.4990	16.45 *
Emülgatör (B)	1	1748.0200	1748.0200	32.74 **
A*A	1	10.1174	10.1174	0.19
A*B	1	17.6400	17.6400	0.33
B*B	1	6.1238	6.1238	0.11
Toplam Hata	3	160.1830	53.3942	
Toplam	8	3034.5100		
$R^2=94.72$		VK (%)= 2.81		

Çizelge 6. Pirinç keki için hamur kıvamına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	3214.370	3214.370	9.34 ***
Emülgatör (B)	1	2635.780	2635.780	7.66 ***
Gam (C)	1	22.909	22.909	0.07
A*A	1	1441.210	1441.210	4.19
A*B	1	306.281	306.281	0.89
A*C	1	2.531	2.531	0.01
B*B	1	279.848	279.848	0.81
B*C	1	504.031	504.031	1.46
C*C	1	416.784	416.784	1.21
Toplam Hata	7	2410.100	344.300	
Toplam	16	13076.400		
$R^2=81.57$		VK (%)= 6.30		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 7. Mısır formülü keki için hamur kıvamına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	1472.340	1472.340	18.15 **
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	1268.270	1268.270	15.63 **
Gam karışımı (C)	1	37.021	37.021	0.46
A*A	1	0.225	0.225	0.00
A*B	1	2.000	2.000	0.02
A*C	1	24.500	24.500	0.30
B*B	1	20.897	20.897	0.26
B*C	1	5.445	5.445	0.07
C*C	1	5.123	5.123	0.06
Toplam Hata	7	567.916	81.131	
Toplam	16	3413.560		
$R^2=81.57$		VK (%)= 3.24		

Çizelge 8. Kestane formülü keki için hamur kıvamına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	2816.060	2816.060	23.56 ***
Kestane unu (B)	1	4022.940	4022.940	33.66 ***
Gam (C)	1	70.736	70.736	0.59
A*A	1	607.843	607.843	5.09
A*B	1	120.125	120.125	1.01
A*C	1	180.500	180.500	1.51
B*B	1	41.795	41.795	0.35
B*C	1	112.500	112.500	0.94
C*C	1	0.0122	0.012	0.00
Toplam Hata	7	836.531	119.504	
Toplam	16	8825.500		
$R^2=90.52$		VK (%)= 4.52		

Çizelge 9. Kontrol keki için hamur pH' sına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.01782	0.01782	1.21
Emülgatör (B)	1	0.00327	0.00327	0.22
A*A	1	0.00489	0.00489	0.33
A*B	1	0.02560	0.02560	1.74
B*B	1	0.04572	0.04572	3.11
Toplam Hata	3	0.04415	0.01472	
Toplam	8	0.16096		
$R^2=72.57$		VK (%)= 1.59		

\* P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 10. Pirinç keki için hamur pH' sına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.02385	0.02385	6.34 *
Emülgatör (B)	1	0.00185	0.00185	0.49
Gam karışımı (C)	1	0.00480	0.00480	1.28
A*A	1	0.18918	0.18918	50.25 ***
A*B	1	0.00000	0.00000	0.00
A*C	1	0.00020	0.00020	0.05
B*B	1	0.01468	0.01468	3.90
B*C	1	0.00005	0.00005	0.01
C*C	1	0.00407	0.00407	1.08
Toplam Hata	7	0.02635	0.00376	
Toplam	16	0.29575		
R <sup>2</sup> =91.09		VK (%)= 0.80		

Çizelge 11. Mısır formülü keki için hamur pH' sına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00010	0.00010	0.00
Mısır unu+ patates nişastası (B)	1	0.97517	0.97517	25.39 **
Gam karışımı (C)	1	0.00003	0.00003	0.00
A*A	1	0.00001	0.00001	0.00
A*B	1	0.00101	0.00101	0.03
A*C	1	0.00451	0.00451	0.12
B*B	1	0.00252	0.00252	0.07
B*C	1	0.01201	0.01201	0.31
C*C	1	0.02133	0.02133	0.56
Toplam Hata	7	0.26888	0.03841	
Toplam	16	1.28565		
R <sup>2</sup> =79.09		VK (%)= 2.50		

Çizelge 12. Kestane formülü keki için hamur pH' sına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00043	0.00043	0.00
Kestane unu+patates nişastası (B)	1	0.02260	0.02260	0.12
Gam karışımı (C)	1	0.02605	0.02605	0.13
A*A	1	0.71169	0.71169	3.64
A*B	1	0.02311	0.02311	0.12
A*C	1	0.02761	0.02761	0.14
B*B	1	0.24182	0.24182	1.24
B*C	1	0.02101	0.02101	0.11
C*C	1	0.26628	0.26628	1.36
Toplam Hata	7	1.36954	0.19565	
Toplam	16	2.32309		
R <sup>2</sup> =41.05		VK (%)= 5.91		

Çizelge 13. Kontrol keki için özgül hacmine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.07538	0.07538	1.59
Emülgatör (B)	1	0.73284	0.73284	15.47 *
A*A	1	0.00005	0.00005	0.00
A*B	1	0.00221	0.00221	0.05
B*B	1	0.06328	0.06328	1.34
Toplam Hata	3	0.14213	0.04738	
Toplam	8	1.04426		
R <sup>2</sup> =86.39		VK (%)= 7.87		

Çizelge 14. Pirinç keki için özgül hacmine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.07738	0.07738	11.81 *
Emülgatör (B)	1	1.64830	1.64830	251.49 ***
Gam (C)	1	0.00984	0.00984	1.50
A*A	1	0.01258	0.01258	1.92
A*B	1	0.00192	0.00192	0.29
A*C	1	0.00026	0.00026	0.04
B*B	1	0.36237	0.36237	55.29 ***
B*C	1	0.00034	0.00034	0.05
C*C	1	0.02255	0.02255	3.44
Toplam Hata	7	0.04588	0.00655	
Toplam	16	3.30657		
R <sup>2</sup> =98.61		VK (%)= 3.39		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 15. Mısır formülü keki için özgül hacmine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.07175	0.07175	6.98 *
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	1.20738	1.20738	117.44 ***
Gam karışımı (C)	1	0.13647	0.13647	13.27 **
A*A	1	0.00054	0.00054	0.05
A*B	1	0.04961	0.04961	4.83
A*C	1	0.00022	0.00022	0.02
B*B	1	0.01971	0.01971	1.92
B*C	1	0.00151	0.00151	0.15
C*C	1	0.00015	0.00015	0.02
Toplam Hata	7	0.07196	0.01028	
Toplam	16	1.56479		
R <sup>2</sup> =95.40		VK (%)= 3.76		

Çizelge 16. Kestane formülü keki için özgül hacmine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00165	0.00165	0.14
Kestane unu (B)	1	0.38776	0.38776	32.90 ***
Gam (C)	1	0.02446	0.02446	2.08
A*A	1	0.03687	0.03687	3.13
A*B	1	0.05281	0.05281	4.48
A*C	1	0.01233	0.01233	1.05
B*B	1	0.00099	0.00099	0.08
B*C	1	0.05314	0.05314	4.51
C*C	1	0.00461	0.00461	0.39
Toplam Hata	7	0.08251	0.01179	
Toplam	16	0.65251		
R <sup>2</sup> =87.35		VK (%)= 5.75		

Çizelge 17. Kontrol keki için dış özellik puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.46064	0.46064	1.35
Emülgatör (B)	1	5.35311	5.35311	15.64 *
A*A	1	1.58533	1.58533	4.63
A*B	1	0.25000	0.25000	0.73
B*B	1	2.83899	2.83899	8.29
Toplam Hata	3	1.02708	0.34236	
Toplam	8	14.22222		
R <sup>2</sup> =92.78		VK (%)= 2.38		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 18. Pirinç keki için dış özellik puanına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	1.63174	1.63174	1.24
Emülgatör (B)	1	25.57290	25.57290	19.47 **
Gam (C)	1	0.00658	0.00658	0.01
A*A	1	0.05425	0.05425	0.04
A*B	1	0.50000	0.50000	0.38
A*C	1	0.00000	0.00000	0.00
B*B	1	16.19780	16.19780	12.33 **
B*C	1	0.00000	0.00000	0.00
C*C	1	0.72017	0.72017	0.55
Toplam Hata	7	9.19479	1.31354	
Toplam	16	79.76470		
R <sup>2</sup> =88.47	VK (%)= 4.61			

Çizelge 19. Mısır formülü keki için dış özellikler puanına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00000	0.00000	0.00
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	2.36610	2.36610	1.30
Gam karışımı (C)	1	0.03208	0.03208	0.02
A*A	1	5.31369	5.31369	2.91
A*B	1	0.00000	0.00000	0.00
A*C	1	0.00000	0.00000	0.00
B*B	1	27.83310	27.83310	15.24 **
B*C	1	2.00000	2.00000	1.10
C*C	1	34.60910	34.60910	18.95 **
Toplam Hata	7	12.78330	1.82619	
Toplam	16	65.76470		
R <sup>2</sup> =80.56	VK (%)= 5.43			

Çizelge 20. Kestane formülü keki için dış özellik puanına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.40328	0.4033	0.40
Kestane unu (B)	1	32.5414	32.5414	32.31 ***
Gam (C)	1	2.6647	2.6647	2.65
A*A	1	4.0792	4.0792	4.05
A*B	1	21.1250	21.1250	20.97 **
A*C	1	1.1250	1.1250	1.12
B*B	1	0.6838	0.6838	0.68
B*C	1	6.1250	6.1250	6.08 *
C*C	1	2.0190	2.0190	2.00
Toplam Hata	7	7.0507	1.0072	
Toplam	16	75.8824		
R <sup>2</sup> =90.71	VK (%)= 4.49			

P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.001



Çizelge 21. Kontrol keki için iç özellik puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	7.18232	7.18232	6.48
Emülgatör (B)	1	2.58875	2.58875	2.34
A*A	1	11.86900	11.86900	10.71 *
A*B	1	9.00000	9.00000	8.12
B*B	1	20.83310	20.83310	18.81 *
Toplam Hata	3	3.32321	1.10774	
Toplam	8	42.88890		
$R^2=92.25$		VK (%)= 1.46		

Çizelge 22. Pirinç keki için iç özellik puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.02339	0.02339	0.00
Emülgatör (B)	1	97.22390	97.22390	20.40 **
Gam (C)	1	12.50470	12.50470	2.62
A*A	1	0.08397	0.08397	0.02
A*B	1	2.00000	2.00000	0.42
A*C	1	0.50000	0.50000	0.10
B*B	1	73.41680	73.41680	15.41 **
B*C	1	0.50000	0.50000	0.10
C*C	1	49.88190	49.88190	10.47 *
Toplam Hata	7	33.35520	4.76502	
Toplam	16	401.52900		
$R^2=91.69$		VK (%)= 6.55		

Çizelge 23. Mısır formülü keki için iç özellik puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.13028	0.13028	0.04
Mısır unu+patates nişastası (B)	1	8.97070	8.97070	2.47
Gam karışımı (C)	1	0.07365	0.07365	0.02
A*A	1	7.88833	7.88833	2.17
A*B	1	0.12500	0.12500	0.03
A*C	1	1.12500	1.12500	0.31
B*B	1	48.58970	48.58970	13.37 **
B*C	1	6.12500	6.12500	1.69
C*C	1	11.59350	11.59350	3.19
Toplam Hata	7	25.43840	3.63406	
Toplam	16	92.94120		
$R^2=72.63$		VK (%)= 2.61		

\* P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 24. Kestane formülü keki için iç özellik puanlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	37.81730	37.81730	2.81
Kestane unu (B)	1	179.58600	179.58600	13.33 **
Gam (C)	1	10.65880	10.65880	0.79
A*A	1	14.43810	14.43810	1.07
A*B	1	8.00000	8.00000	0.59
A*C	1	2.00000	2.00000	0.15
B*B	1	14.43810	14.43810	1.07
B*C	1	2.00000	2.00000	0.15
C*C	1	14.37160	14.37160	1.07
Toplam Hata	7	94.29460	13.47070	
Toplam	16	361.76500		
$R^2=73.93$		VK (%)= 5.55		

Çizelge 25. Kontrol keki için hacim indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	453.078	453.078	2.58
Emülgatör (B)	1	603.142	603.142	3.43
A*A	1	19.079	19.079	0.11
A*B	1	12.250	12.250	0.07
B*B	1	0.8450	0.8450	0.00
Toplam Hata	3	527.756	453.078	
Toplam	8	1709.560		
$R^2=69.13$		VK (%)= 10.18		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 26. Pirinç keki için hacim indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	59.942	59.942	0.59
Emülgatör (B)	1	1939.640	1939.640	19.16 **
Gam (C)	1	0.777	0.777	0.01
A*A	1	46.703	46.703	0.46
A*B	1	0.500	0.500	0.00
A*C	1	50.000	50.000	0.49
B*B	1	2313.110	2313.110	22.85 **
B*C	1	8.000	8.000	0.08
C*C	1	39.016	39.016	0.39
Toplam Hata	7	708.475	101.211	
Toplam	16	7874.120		
$R^2=91.00$		VK (%)= 9.63		

Çizelge 27. Mısır formülü keki için hacim indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	85.139	85.139	0.56
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	6383.860	6383.860	41.66 ***
Gam karışımı (C)	1	1930.24	1930.24	12.60 **
A*A	1	0.025	0.025	0.00
A*B	1	4.500	4.500	0.03
A*C	1	24.500	24.500	0.16
B*B	1	2.649	2.649	0.02
B*C	1	84.500	84.500	0.55
C*C	1	776.606	776.606	5.07
Toplam Hata	7	1072.740	153.249	
Toplam	16	10459.900		
R <sup>2</sup> =89.74		VK (%)= 9.87		

Çizelge 28. Kestane formülü keki için hacim indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	199.225	199.225	4.79
Kestane unu + patates nişastası(B)	1	871.342	871.342	20.97 **
Gam (C)	1	0.836	0.836	0.02
A*A	1	21.589	21.589	0.52
A*B	1	28.125	28.125	0.68
A*C	1	1.125	1.125	0.03
B*B	1	112.610	112.610	2.71
B*C	1	153.125	153.125	3.68
C*C	1	88.712	88.712	2.14
Toplam Hata	7	291.001	41.572	
Toplam	16	17.015		
R <sup>2</sup> =82.90		VK (%)= 7.99		

Çizelge 29. Kontrol keki için simetri indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.01842	0.01842	0.06
Emülgatör (B)	1	2.00968	2.00968	6.69
A*A	1	0.01131	0.01131	0.04
A*B	1	0.04000	0.04000	0.13
B*B	1	0.95937	0.95937	3.19
Toplam Hata	3	0.90106	0.30035	
Toplam	8	4.55556		
R <sup>2</sup> =80.22		VK (%)= 3.98		

Çizelge 30. Pirinç keki için simetri indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.40920	0.40920	2.84
Emülgatör (B)	1	0.32121	0.32121	2.23
Gam (C)	1	0.04195	0.04195	0.29
A*A	1	0.00007	0.00007	0.00
A*B	1	0.12500	0.12500	0.87
A*C	1	0.00500	0.00500	0.03
B*B	1	3.61858	3.61858	25.12 **
B*C	1	0.02000	0.02000	0.14
C*C	1	0.01314	0.01314	0.09
Toplam Hata	7	1.00819	0.14403	
Toplam	16	6.94118		
$R^2=85.47$	VK (%)= 3.33			

Çizelge 31. Mısır formülü keki için simetri indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.46142	0.46142	2.08
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	6.60962	6.60962	29.73 ***
Gam karışımı (C)	1	0.51292	0.51292	2.31
A*A	1	0.01015	0.01015	0.05
A*B	1	0.18000	0.18000	0.81
A*C	1	0.08000	0.08000	0.36
B*B	1	0.07874	0.07874	0.35
B*C	1	0.08000	0.08000	0.36
C*C	1	1.11266	1.11266	5.00
Toplam Hata	7	1.55632	0.22233	
Toplam	16	10.6388		
$R^2=85.37$	VK (%)= 3.53			

Çizelge 32. Kestane formülü keki için simetri indeksine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.32510	0.32510	3.38
Kestane unu (B)	1	0.05523	0.05523	0.57
Gam (C)	1	0.72435	0.72435	7.54 *
A*A	1	0.00975	0.00975	0.10
A*B	1	0.04500	0.04500	0.47
A*C	1	0.00000	0.00000	0.00
B*B	1	0.31054	0.31054	3.23
B*C	1	0.08000	0.08000	0.83
C*C	1	0.45767	0.45767	4.76
Toplam Hata	7	0.67282	0.09612	
Toplam	16	2.66471		
R <sup>2</sup> =74.75	VK (%)= 7.42			

Çizelge 33. Kontrol keki için faktörlerin çekme miktarına (mm) etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.02677	0.02677	19.02 *
Emülgatör (B)	1	0.00001	0.00001	0.01
A*A	1	0.00031	0.00031	0.22
A*B	1	0.00000	0.00000	0.00
B*B	1	0.00198	0.00198	1.41
Toplam Hata	3	0.00422	0.00141	
Toplam	8	0.03556		
R <sup>2</sup> =88.12	VK (%)= 3.07			

Çizelge 34. Piriç keki için faktörlerin çekme oranına olan etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.03909	0.03909	1.88
Piriç unu (B)	1	0.00081	0.00081	0.04
Gam (C)	1	0.01984	0.01984	0.95
A*A	1	0.00024	0.00024	0.01
A*B	1	0.02000	0.02000	0.96
A*C	1	0.02000	0.02000	0.96
B*B	1	0.00347	0.00347	0.17
B*C	1	0.00000	0.00000	0.00
C*C	1	0.01922	0.01922	0.92
Toplam Hata	7	0.14590	0.02084	
Toplam	16	0.26118		
R <sup>2</sup> =44.14	VK (%)= 5.99			

Çizelge 35. Mısır formülü keki için çekme oranına (mm) ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00074	0.00074	0.62
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	0.00073	0.00073	0.62
Gam karışımı (C)	1	0.00033	0.00033	0.28
A*A	1	0.00002	0.00002	0.01
A*B	1	0.00125	0.00125	1.06
A*C	1	0.00125	0.00125	1.06
B*B	1	0.00002	0.00002	0.01
B*C	1	0.00125	0.00125	1.06
C*C	1	0.00308	0.00308	2.60
Toplam Hata	7	0.00829	0.00118	
Toplam	16	0.01765		
R <sup>2</sup> =53.02		VK (%)= 3.07		

Çizelge 36. Kestane formülü keki için çekme oranına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.01387	0.01387	2.46
Kestane unu* (B)	1	0.07380	0.07380	13.09 **
Gam (C)	1	0.06909	0.06909	12.25 **
A*A	1	0.00115	0.00115	0.20
A*B	1	0.03125	0.03125	5.54
A*C	1	0.00125	0.00125	0.22
B*B	1	0.00876	0.00876	1.55
B*C	1	0.00125	0.00125	0.22
C*C	1	0.00114	0.00114	0.20
Toplam Hata	7	0.03947	0.00564	
Toplam	16	0.23882		
R <sup>2</sup> =83.47		VK (%)= 4.55		

Çizelge 37. Kontrol keki için sertlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	65.47	65.47	0.01
Emülgatör (B)	1	28460.40	28460.40	4.75 *
A*A	1	14020.00	14020.00	2.34
A*B	1	3570.55	3570.55	0.60
B*B	1	4746.02	4746.02	0.79
Toplam Hata	12	71925.60	5993.80	
Toplam	17	137755.00		
R <sup>2</sup> =47.79		VK (%)=16.71		

Çizelge 38. Pirinç keki için sertlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	912.999	912.999	0.13
Emülgatör (B)	1	1.6E6	1.6E6	223.99 ***
Gam (C)	1	22840.200	22840.200	3.14
A*A	1	11569.700	11569.700	1.59
A*B	1	69375.100	69375.100	9.54 **
A*C	1	816.131	816.131	0.11
B*B	1	2.0E6	2.0E6	278.95 ***
B*C	1	2454.060	2454.060	0.34
C*C	1	19964.400	19964.4	2.75
Toplam Hata	24	174492.000	7270.49	
Toplam	33	6.25744E6		
R <sup>2</sup> =97.21	VK (%)= 11.75			

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 39. Mısır formülü keki için sertlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	35092.60	35092.60	1.29
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	8622.87	8622.87	0.32
Gam karışımı (C)	1	283.69	283.69	0.01
A*A	1	32498.90	32498.90	1.20
A*B	1	141579.00	141579.00	5.21 *
A*C	1	16822.50	16822.50	0.62
B*B	1	41.24	41.24	0.00
B*C	1	114770.00	114770.00	4.23 *
C*C	1	5624.08	5624.08	0.21
Toplam Hata	24	651737.00	27155.70	
Toplam	33	1.E6		
R <sup>2</sup> =35.14	VK (%)= 25.32			

Çizelge 40. Kestane formülü keki için sertlik değerine (g) ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	22905.60	22905.60	3.47
Kestane unu* (B)	1	247571.00	247571.00	37.46 ***
Gam (C)	1	57607.30	57607.30	8.72 **
A*A	1	6.09	6.09	0.00
A*B	1	38290.70	38290.70	5.79 *
A*C	1	1312.58	1312.58	0.20
B*B	1	27251.80	27251.80	4.12
B*C	1	5170.54	5170.54	0.78
C*C	1	835.71	835.71	0.13
Toplam Hata	24	158603.00	6608.45	
Toplam	33	561552.00		
R <sup>2</sup> =71.75		VK (%)= 10.80		

Çizelge 41. Kontrol keki için yapışkanlık değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00016	0.00018	0.25
Emülgatör (B)	1	0.00289	0.00289	4.05
A*A	1	0.00009	0.00009	0.13
A*B	1	0.00374	0.00374	5.26 *
B*B	1	0.00909	0.00909	12.77 **
Toplam Hata	12	0.00854	0.00071	
Toplam	17	0.02435		
R <sup>2</sup> =64.92		VK (%)= 5.33		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 42. Pirinç keki için yapışkanlık değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00710	0.00710	23.88 ***
Emülgatör (B)	1	0.00900	0.00900	30.26 ***
Gam (C)	1	0.00073	0.00073	2.47
A*A	1	0.00074	0.00074	2.49
A*B	1	6.25E-8	6.25E-8	0.00
A*C	1	0.00086	0.00086	2.88
B*B	1	0.00008	0.00008	0.26
B*C	1	0.00238	0.00238	7.99 **
C*C	1	0.00000	0.00000	0.01
Toplam Hata	24	0.00714	0.00030	
Toplam	33	0.03057		
R <sup>2</sup> =76.65		VK (%)= 3.68		



Çizelge 44. Mısır formülü keki için yapışkanlık değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00617	0.00617	5.50 *
Mısır unu+patates nişastası (B)	1	0.00198	0.00198	1.77
Gam (C)	1	0.00253	0.00253	2.25
A*A	1	0.00056	0.00056	0.50
A*B	1	0.00493	0.00493	4.40 *
A*C	1	0.00001	0.00001	0.01
B*B	1	0.00080	0.00080	0.71
B*C	1	0.00544	0.00544	4.84 *
C*C	1	0.00215	0.00215	1.92
Toplam Hata	24	0.02695	0.00112	
Toplam	33	0.05047		
R <sup>2</sup> =46.60		VK (%)= 7.65		

Çizelge 44. Kestane formülü keki için yapışkanlık değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00004	0.00004	0.04
Kestane unu* (B)	1	0.00073	0.00073	0.68
Gam (C)	1	0.00241	0.00241	2.24
A*A	1	0.00015	0.00015	0.14
A*B	1	0.00216	0.00216	2.01
A*C	1	0.00308	0.00308	2.86
B*B	1	0.00026	0.00026	0.24
B*C	1	0.00004	0.00004	0.03
C*C	1	0.00006	0.00006	0.06
Toplam Hata	24	0.02582	0.00108	
Toplam	33	0.03484		
R <sup>2</sup> =25.88		VK (%)= 8.51		

Çizelge 45. Kontrol keki için çiğnenabilirlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	11.49	11.49	0.01
Emülgatör (B)	1	3687.55	3687.55	3.70
A*A	1	3598.92	3598.92	3.61
A*B	1	2706.05	2706.05	2.71
B*B	1	3170.02	3170.02	3.18
Toplam Hata	12	11974.20	997.85	
Toplam	17	27545.60		
R <sup>2</sup> =56.53		VK (%)= 15.64		

Çizelge 46. Pirinç keki için çiğnenebilirlik değerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	4020.24	4020.24	2.50
Emülgatör (B)	1	411624.00	411624.00	255.97 ***
Gam (C)	1	5206.29	5206.29	3.24
A*A	1	1138.08	1138.08	0.71
A*B	1	29074.30	29074.30	18.08 **
A*C	1	2480.74	2480.74	1.54
B*B	1	444810.00	444810.00	276.60 ***
B*C	1	111.22	111.22	0.07
C*C	1	4619.37	4619.37	2.87
Toplam Hata	24	38594.60	1608.11	
Toplam	33	1.4911E6		
R <sup>2</sup> =97.41	VK (%)= 12.48			

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 47. Mısır formülü keki için çiğnenebilirlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	13473.30	13473.30	3.72
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	5111.27	5111.27	1.41
Gam karışımı (C)	1	2.01	2.01	0.00
A*A	1	777.30	777.30	0.21
A*B	1	33087.80	33087.80	9.15 **
A*C	1	9069.42	9069.42	2.51
B*B	1	691.61	691.61	0.19
B*C	1	29291.10	29291.10	8.10 **
C*C	1	253.94	253.94	0.07
Toplam Hata	24	86814.10	3617.25	
Toplam	33	179220.00		
R <sup>2</sup> =51.56	VK (%)= 23.52			

Çizelge 48. Kestane formülü keki için çığnenebilirlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Gam (A)	1	16946.70	16946.70	5.88 *
Kestane unu (B)	1	25190.40	25190.40	8.74 **
Su (C)	1	11296.10	11296.10	3.92
A*A	1	1674.42	1674.42	0.58
A*B	1	9877.88	9877.88	3.43
A*C	1	3308.78	3308.78	1.15
B*B	1	3755.80	3755.80	1.30
B*C	1	3343.50	3343.50	1.16
C*C	1	750.07	750.07	0.26
Toplam Hata	24	69144.20	2881.01	
Toplam	33	147225.00		
R <sup>2</sup> =53.03		VK (%)= 19.47		

Çizelge 49. Kontrol keki için esneklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00046	0.00046	2.55
Emülgatör (B)	1	0.00054	0.00054	2.96
A*A	1	0.00011	0.00011	0.63
A*B	1	0.00115	0.00115	6.35 *
B*B	1	0.00432	0.00432	23.84 ***
Toplam Hata	12	0.00218	0.00018	
Toplam	17	0.00994		
R <sup>2</sup> =78.11		VK (%)= 9.07		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 50. Pirinç keki için esneklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00203	0.00203	20.53 ***
Emülgatör (B)	1	0.00614	0.00614	62.27 ***
Gam (C)	1	0.00024	0.00024	2.48
A*A	1	0.00016	0.00016	1.58
A*B	1	0.00000	0.00000	0.02
A*C	1	0.00040	0.00040	4.05
B*B	1	0.00095	0.00095	9.61 **
B*C	1	0.00075	0.00075	7.67 **
C*C	1	0.00000	0.00000	0.02
Toplam Hata	24	0.00237	0.00010	
Toplam	33	0.01643		
R <sup>2</sup> =85.59		VK (%)= 6.1		

Çizelge 51. Mısır formülü keki için esneklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.002992	0.002992	3.00
Mısır unu + patates nişastası (B)	1	0.001526	0.001526	1.53
Gam karışımı (C)	1	0.000654	0.000654	0.66
A*A	1	0.000047	0.000047	0.05
A*B	1	0.001040	0.001040	1.04
A*C	1	5.625E-7	5.625E-7	0.00
B*B	1	0.000136	0.000136	0.14
B*C	1	0.003221	0.003221	3.23
C*C	1	0.000039	0.000039	0.04
Toplam Hata	24	0.023965	0.000998	
Toplam	33	0.033671		
R <sup>2</sup> =28.82		VK (%)= 20.25		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

Çizelge 52. Kestane formülü keki için esneklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Su (A)	1	0.00048	0.00048	4.35 *
Kestane unu (B)	1	0.00046	0.00046	4.25
Gam (C)	1	0.00016	0.00016	1.51
A*A	1	0.00035	0.00035	3.23
A*B	1	0.00009	0.00009	0.78
A*C	1	0.00061	0.00061	5.59 *
B*B	1	0.00017	0.00017	1.52
B*C	1	0.00033	0.00033	3.04
C*C	1	0.00001	0.00001	0.07
Toplam Hata	24	0.00263	0.00011	
Toplam	33	0.00521		
R <sup>2</sup> =49.46		VK (%)= 9.44		

\*P &lt; 0.05, \*\* P &lt; 0.01, \*\*\* P &lt; 0.001

## ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Kars ilinin Sarıkamış ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sarıkamış'ta tamamladı. 1996 yılında İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1997 yılında YYÜ Özalp Meslek Yüksekokuluna, 2009 yılında ise Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'ne öğretim görevlisi olarak atandı. 2002 yılında YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Gıda Teknolojileri Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 2007 yılında aynı kurum da doktora eğitimine başladı. Halen doktora çalışmaları devam etmektedir. Evli ve üç çocuk babasıdır.