

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

**UNLARIN EKMEKLİK KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE
OTOMATİK EKMEK MAKİNELERİNİN KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burhan TAŞAN

DANIŞMAN : Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN

VAN-2008

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

**UNLARIN EKMEKLİK KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE
OTOMATİK EKMEK MAKİNELERİNİN KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burhan TAŞAN

VAN-2008

KABUL VE ONAY SAYFASI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN danışmanlığında, Burhan TAŞAN tarafından sunulan **“Unların ekmeçlik kalitesinin belirlenmesinde otomatik ekmeç makinelerinin kullanımı”** isimli bu çalışma “Lisansüstü Eđitim ve Öğretim Yönetmeliđi” ve “Fen Bilimleri Enstitüsü Yönergesi”nin ilgili hükümleri gereğince 13/10/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

İmza:

Prof. Dr İsmail Sait DOĞAN

Üye:

İmza:

Prof. Dr. Nafi ÇOKSÖYLER

Üye:

İmza:

Prof. Dr. Yakup Can SANCAK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/10/2008 tarih ve 2008./23-XII/sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Yardıđoç. Dr. M. Fatih CELEN
Enstitü Müdürü

ÖZET

UNLARIN EKMEKLİK KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE OTOMATİK EKMEK MAKİNELERİNİN KULLANIMI

TAŞAN, Burhan

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN

Ekim 2008, 50 sayfa

Bu çalışmada yoğurma, fermentasyon ve pişirmeyi birlikte yapan otomatik ekmek makinelerinin kalite kontrolü için kullanılma imkanı araştırılmıştır. Çalışmada üç adet ekmeklik un ile bu unlara %12 nişasta ve %2 vital (aktif) glüten ilave edilerek her un için üç kombinasyon oluşturulmuştur. Fizikokimyasal ve reolojik özellikleri belirlenen un örnekleriyle serbest tipte (Francala) ve üç farklı ekmek makinesinde pişirme denemeleri yapılmış, ekmeklerin özgül hacmi, yüksekliği, gözenek, kabuk ve iç renk değerleri ile ekmek içi sıkıştırılabilirlik değerleri karşılaştırılmıştır. Serbest tip ekmeklerin ortalama özgül hacimleri 5.22–6.69 cm³/g, ekmek makinelerinde ise 4.87–6.29 cm³/g arasında değişmiştir. U₁ ve U₃ unlarının özellikleri birbirine benzediği için, her iki ekmek üretim yönteminde de ekmek özellikleri birbirine yakın bulunmuştur. Serbest tip ekmeklerde U₁, U₂ ve U₃ unlarıyla elde edilen ekmek içi sertlik değerleri sırasıyla 174.2, 259.4 ve 180.3, makine ile üretilen ekmeklerde ise sırasıyla 91.2, 157.6 ve 155.0 g olarak bulunmuştur. Değerlendirilen özellikler bakımından her iki ekmek yapım yönteminde U₂ unu genellikle en kötü performans göstermiştir. Ekmek makinelerinin performansı da farklı bulunmuş; fakat un özelliklerinin değişmesiyle benzer tepki vermişlerdir. Serbest tipte üretimde protein miktarının değişiminin etkisi gözlenemez iken; ekmek makinesinde üretimin daha kontrollü yapıldığından, bu etki doğrudan ekmek hacmine ve gözenek özelliklerine yansımıştır. Bu çalışma ekmek üretiminde kullanılacak olan unların kalitelerinin belirlenmesinde, optimize edilmiş formülle ekmek makinelerinin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekmek kalitesi, Ekmek makinesi, Francala, Un kalitesi

ABSTRACT

DETERMINATION OF BREADMAKING QUALITY OF FLOURS USING HOUSEHOLD BREAD MACHINE

TAŞAN, Burhan

Msc Thesis, Department of Food Engineering

Supervisor: Prof.Dr. İsmail Sait DOĞAN

October 2008, 50 pages

In this study, the possibility of bread machine use was investigated as a quality control tool that includes mixing, fermentation and baking in the same unit. Three flour samples having different protein contents were obtained and then to these flours 12% wheat starch and 2% vital gluten were added to divert protein ratios and 3 flour combinations for each flour sample. Physicochemical and rheological properties of these flour combinations were obtained. Hearth bread (Francala) and bread machine baking procedures using three brands with these flour samples. Specific volume, bread height, crumb grain attributes, crust and crumb color and firmness value as compressibility (g) were measured. Specific volumes changed between 5.22–6.69 cm³/g and 4.87–6.29 cm³/g for hearth and machine bread, respectively. Similarity between U₁ and U₃ flours yielded similar bread attributes in both baking methods. Crumb compressibility of hearth bread made of U₁, U₂ and U₃ flours were 174.2, 259.4 and 91.2, 157.6 and 155.0 g for machine breads made of those flours, respectively. U₂ flour had the poorest performance in both baking methods with regard to evaluated attributes. At the same time bread machine performances were not the same, but displayed similar response with changing flour quality. The effects of protein content were not observed in hearth bread. But these changes reflected on volume and crumb attributes in bread machine baking. Bread machine with optimized formula will be successfully employed for flour quality in bread making.

Key words: Bread quality, Bread machine, Francala, Flour quality

ÖN SÖZ

Çoğu zaman unların ekmek kalitesi hakkında hızlı karar verilmesi, değirmenci ve fırıncı açısından oldukça önemlidir. Çoğu değirmenlerde fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik mevcut alet ve donanımların elementel seviyede oldukları göz önünde bulundurulduğunda, hammadde olarak kullanılacak unun özelliklerinin makul bir sürede belirlenmesi açısından ekmek makinesinden elde edilecek sonuçlar oldukça önemlidir. Un ve ekmek sanayisi ile doğrudan bağlantılı olan, ekmek kusur ve hatalarını telafi etmek için katkı maddeleri üreten ve pazarlayan firmalarda uygun katkı kombinasyonunun oluşturulmasında ekmek makineleri kullanılabilir. Bu çalışmada yoğurma, fermentasyon ve pişirmeyi birlikte yapan otomatik ekmek makinelerinin kalite kontrolü için kullanılma imkanı araştırılmıştır. Ülkemizde ekmek makineleri ile ekmek üretiminin yapılması ve sonuçların standart yöntemle elde edilen ekmeklerle karşılaştırılmasıyla ilgili bilimsel çalışmaya rastlanmamış olması bu çalışmanın daha da önemli kılmaktadır.

Bu projenin hazırlanmasında en büyük katkıya sahip Sayın Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN hocama, Öğretim Görevlisi Önder YILDIZ'a, Gıda Yüksek Mühendisi Muzaffer BAYKAL ve Araş. Gör. Raciye MERAL'e; ayrıca projemize destek sağlayan TÜBİTAK (TOVAG-107061) ve YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına (YYÜ-BAP-2007-FBE-YL94) teşekkür ederim.

Burhan TAŞAN

13/10/2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE/VEYA KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	4
2.1. Otomatik Ekmek Makinesiyle Ekmek Üretimi	5
2.2. Serbest Ekmek Üretimi	5
2.3. Un ve Ekmek Analizleri	6
2.4. İstatistiksel Analizler	7
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	8
3.1. Hamur Yayılma Testi	9
3.1.1. Yayılma oranı	9
3.2. İki Metotla Üretilen Ekmeklerin Karşılaştırılması	12
3.2.1. Özgül hacim	12
3.2.1.1. Serbest ekmek	12
3.2.1.2. Ekmek makinesi	15
3.2.2. Yükseklik	18
3.2.3. Pişme kaybı	21
3.2.3.1. Serbest ekmek	21
3.2.3.2. Ekmek makinesi	22
3.2.4. Gözenek şekil faktörü	23
3.2.4.1. Serbest ekmek	23
3.2.4.2. Ekmek makinesi	24
3.2.5. Oran sayısı	26

İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sayfa
3.2.5.1. Serbest ekmek	26
3.2.5.2. Ekmek makinesi	28
3.2.6. Ekmek içi sertlik değeri	30
3.2.6.1. Serbest ekmek	30
3.2.6.2. Ekmek makinesi	31
3.2.7. Kabuk renk değeri	33
3.2.7.1. Serbest ekmek	33
3.2.7.2. Ekmek makinesi	35
3.2.8. Gözenek renk değeri	39
3.2.8.1. Serbest ekmek	39
3.2.8.2. Ekmek makinesi	41
4. SONUÇ	45
KAYNAKLAR	48
ÖZ GEÇMİŞ	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Farklı un kombinasyonları ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranı (W/H) üzerine etkisi	12
Şekil 3.2. Farklı un kombinasyonu ile üretilen serbest tip ekmekler	14
Şekil 3.3. Farklı un kombinasyonu ile üretilen üç farklı makinede üretilen ekmekler	17

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Ekmek makinelerinin çalışma program süreleri (dak)	4
Çizelge 2.2. Otomatik ekmek makinesinde kullanılan bileşenlerin oranı (g)	5
Çizelge 2.3. Serbest ekmek (Francala) için bileşenlerin oranı (g)	6
Çizelge 3.1. Deneme unların kimyasal özellikleri	8
Çizelge 3.2. Deneme unların Farinograf değerleri	8
Çizelge 3.3. Deneme unların Ekstensograf değerleri	9
Çizelge 3.4. Farklı un kombinasyonlarının ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranına etkisine (W/H) ait varyans analiz sonuçları	10
Çizelge 3.5. Farklı un kombinasyonlarının ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranına ait ortalamalar ve karşılaştırılması	11
Çizelge 3.6. Farklı un kombinasyonlarının serbest ekmek özgül hacim üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	13
Çizelge 3.7. Farklı un kombinasyonlarının serbest özgül hacim değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	13
Çizelge 3.8. Farklı un kombinasyonlarının ve makinelerin özgül hacim (cm ³ /g) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	15
Çizelge 3.9. Farklı un kombinasyonlarının ve makinelerin özgül hacim değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	16
Çizelge 3.10. A makinesinde farklı un kombinasyonlarının üretilen ekmeklerin yükseklik değerine ait varyans analiz sonuçları	19
Çizelge 3.11. B makinesinde farklı un kombinasyonlarının üretilen ekmeklerin yükseklik değerine ait varyans analiz sonuçları	19
Çizelge 3.12. C makinesinde farklı un kombinasyonlarının üretilen ekmeklerin yükseklik değerine ait varyans analiz sonuçları	19
Çizelge 3.13. Farklı un kombinasyonları ve farklı makineler ile üretilen ekmeklerin yükseklik değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	20

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

	Sayfa
Çizelge 3.14. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmeklerde pişme kaybına ait varyans analiz sonuçları	21
Çizelge 3.15. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmeklerde pişme kaybına ait ortalamalar ve karşılaştırılması	21
Çizelge 3.16. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmeklerin pişme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	22
Çizelge 3.17. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin pişme kaybı değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	23
Çizelge 3.18. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmeklerin gözenek şekil faktörü değerlerine ait varyans analiz sonuçları	24
Çizelge 3.19. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmeklerin gözenek şekil faktörüne ait ortalamalar ve karşılaştırılması	24
Çizelge 3.20. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin şekil faktörü değerlerine ait varyans analiz sonuçları	25
Çizelge 3.21. Çizelge 3.21. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin şekil faktörü değerleri ve karşılaştırılması	26
Çizelge 3.22. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmeklerin oran sayısına etkilerine ait varyans analiz sonuçları	27
Çizelge 3.23. Farklı un kombinasyonlarının gözenek oran sayısına ait ortalamalar ve karşılaştırılması	27
Çizelge 3.24. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin oran sayısına etkilerine ait varyans analiz sonuçları	28
Çizelge 3.25. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin oran sayıları ve karşılaştırılması	29
Çizelge 3.26. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest ekmek içi sertlik değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 3.27. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek içi sertlik değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	31

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

	Sayfa
Çizelge 3.28. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmek içi sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	31
Çizelge 3.29. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmek içi sertlik değerleri ve karşılaştırılması	32
Çizelge 3.30. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek kabuk L renk değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 3.31. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek kabuk L değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	34
Çizelge 3.32. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek kabuk hue (renk tonu) değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 3.33. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek kabuk hue (renk tonu) değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	35
Çizelge 3.34. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin kabuk L değerlerine ait varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 3.35. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen serbest ekmek kabuk L değerleri ve karşılaştırılması	36
Çizelge 3.36. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin kabuk hue değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 3.37. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen serbest ekmek kabuk hue (renk tonu) değerleri ve karşılaştırılması	37
Çizelge 3.38. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek gözenek L renk değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 3.39. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek gözenek renk L değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	39
Çizelge 3.40. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek gözenek hue renk değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 3.41. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek gözenek renk hue değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması	40

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

	Sayfa
Çizelge 3.42. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin gözenek L değeri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	41
Çizelge 3.43. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen ekmeklerin gözenek L değerleri ve karşılaştırılması	42
Çizelge 3.44. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin gözenek hue değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 3.45. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen ekmeklerin gözenek hue değerleri ve karşılaştırılması	43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a	Yeşil-kırmızı renk boyutu
b	Sarı-mavi renk boyutu
F	Fermentasyon
g	Gram
G	Glüten
H	Yükseklik
L	Siyah-beyaz renk boyutu
M	Makine
mm	Milimetre
ml	Mililitre
N	Nişasta
P	Protein
s	Saniye
W	Genişlik
dak	dakika

Kısaltmalar

A, B, C	Ekmek makine kodlar
hue	Renk tonu
KO	Kareler ortalaması
KT	Kareler toplamı
LSD	En küçük önemli fark
SS	Standart sapma
SH	Standart hata
U ₁ , U ₂ , U ₃	Un kodları

1. GİRİŞ

Mayalama, formülasyon, şekil ve büyüklük, özgül hacim, kabuk ve ekmek içi özellikleri gibi faktörlerden dolayı, dünyada çok sayıda ekmek tipi ve çeşidi mevcuttur. Ancak, en çok bilinen tipleri, beyaz tava ekmeği, küçük ekmekler, tam buğday ekmeği, kepekli ekmek, çavdar ekmeği ve klasik kalın kabuklu ekmeklerdir (Elgün ve Ertugay, 2000).

Normal buğday ekmeğinde ortalama %35–37 civarında su, %50 karbonhidrat, %9 protein, %1.5–2 yağ, %2 kadar kül, çeşitli vitaminler ve %0.5' e yakın besinsel lif bulunur. Ekmek bir enerji kaynağıdır ve 100g beyaz ekmek 270 Kalori enerji verir. Ekmek sadece bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda küçümsenemeyecek düzeyde proteinin yanında yağ, mineral maddeler, vitaminler ve besinsel lif içermektedir (Dağlıoğlu, 1998). Ekmeğin besin değeri yapıldığı unun kimyasal bileşimine ve formül girdilerinin cins ve miktarına bağlıdır.

Üretim sırasında ortaya çıkacak herhangi bir ekmek hatasının düzeltilmesi, eksikliğin veya fazlalığın nereden kaynaklandığının saptanması için bileşenlerin ve işlem aşamalarının rolleri iyi bilinmelidir. Ancak bilgili, tecrübeli usta ve elemanlarla kaliteli ekmek üretmek mümkündür (Doğan, 1997).

Kaliteli ekmek üretimi öncelikle ekmeklik buğdayın glüten miktarı ve kalitesi ile ilgilidir. Bitki ıslahı ve agronomik çalışmalar ile buğdayda arzu edilen standart kalitenin sağlanamadığı durumlarda, kaliteli buğdayların paçala eklenmesi, çoğu zaman da ekmek formülünde izin verilen katkı maddelerin kullanımı önerilmektedir. Bunun yanı sıra, ekmeğin besin değerini artırmak, bayatlamayı geciktirmek ve bozulmayı önlemek amacı ile de çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Özellikle de büyük ölçekli ekmek üretim tesislerinde un kalitesindeki değişimleri dengelemek amacıyla kullanılan katkı maddeleri hamurun reolojik ve ekmeklik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yaygın olarak kullanılan ekmek katkı maddeleri arasında oksidantlar, indirgeyici maddeler, emülgatörler (Stauffer, 1983) ve enzimler sayılabilir.

Ekmeğin tat ve aromasının oluşmasında; buğdayın tabii özellikleri, unların kalitatif özellikleri, un randımanı, katkı maddeleri, hamurun fermentasyon koşulları, ekmek yapım yöntemleri, ekmeğin kabuk oranı, ekmeğin büyüklüğü, ambalajlama, bayatlama, fırın yakıt maddesi, işçilik ve ekmeğin pişirilmesi sırasında oluşan karbonil bileşiklerin miktarı gibi faktörler etkilidir (Elgün ve Ertugay, 2000).

Ekmeğin tüketiminin yüksek olmasından dolayı, ekmekçilik sektörü gıda sanayimizin en önemli kolunu oluşturmaktadır. Unlu mamuller üretiminde temel madde olarak un kalitesinde meydana gelen değişimler, sonuçta ekmeğin kalitesini yansıtmakta, bu da bu sanayi kolunun gelişmesini engellemekte ve çoğu zaman tüketicilerin hoşnutsuzluklarına neden olmaktadır. Tüketici istekleri, üretimdeki gelişme ve ilerlemeyi teşvik eden en önemli faktörlerden birisidir. Bu nedenle ekmek sanayimizin gelişmesi ve kaliteyi yükseltici teknolojik çalışmaların yapılması, ekmek kalitesinin düzeltilmesi ve ekmek israfının azaltılması bakımından son derece önemlidir (Göçmen, 2001).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ekmek kalitesinin belirlenmesi için araştırma enstitülerinde ve üniversitelerimizde standart ekmek üretim yöntemi kontrollü ortamda yapılmakta, bu da profesyonel eleman ve yeterli donanımla mümkün olmaktadır. Kaliteli un üretiminde kaliteli buğday ve karışımı kullanılsa da, sonuçta üretilen unun ekmeklik kalitesinin mutlaka pişirme testleriyle doğrulanması gerekmektedir. Ticari uygulama olarak çoğu zaman başarılı ekmek fabrikalarına un örnekleri gönderilerek üretilen ekmeklerin özellikleri değerlendirilerek karar verilir.

Üretiminde kullanılan unun, diğer bileşenlerin ve katkı maddelerinin ekmek kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla alternatif pişirme testleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Hansen ve Hansen (1992), otomatik ekmek makinelerinden elde edilen verilerin tekrar edilebilirliğini belirledikleri çalışmada, unlardan elde edilecek ekmek hacminin belirlenmesinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Czuchajawska ve Pomeranz (1993), ekmek makinesi ve reofermentometreden oluşan bir düzeneği hamurda gaz oluşumu ve gaz

tutulumunu belirlemek amacıyla kullanmışlardır. Faa ve ark. (1994) tarafından yapılan bir çalışmada ise otomatik ekmek makinesini formül optimize etmede ve unların kalite analizinde kullanmışlar ve ümit verici sonuç aldıklarını ifade etmişlerdir. Unların ekmeklik kalitesinin belirlenmesinde pratik ve uygulaması kolay bir metoda ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu amaçla ev tipi ekmek makinelerinin kullanımı az da olsa bazı değirmenlerde gözlenmektedir. Bazı işletmeler ise ekmek makinelerini başarılı bulmadıkları için tercih etmemektedirler. Kullanılan ekmek makinelerinin tipi, üretim sırasında kullanılan suyun sıcaklığının ayarlanması, ilave edilen bileşenlerin sırası ve ilave zamanı gibi faktörler yapılacak ekmeğin kalitesini belirler.

Biyolojik materyal olan buğdayın glüten kalitesi yıldan yıla değişmekte olduğundan yapılacak olan analizlerin sürekli tekrar edilmesi ve uygulanan farklı test sonuçlarının birbiri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Çoğu değirmenlerde fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik mevcut alet ve donanımların elementel seviyede oldukları göz önünde bulundurulduğunda, hammadde olarak kullanılacak unun özelliklerinin makul bir sürede belirlenmesi açısından ekmek makinesinden elde edilecek sonuçlar oldukça önemlidir. Un ve ekmek sanayisi ile doğrudan bağlantılı olan, ekmek kusur ve hatalarını telafi etmek için katkı maddeleri üreten ve pazarlayan firmalarda uygun katkı kombinasyonunun oluşturulmasında ekmek makineleri kullanılabilir. Ülkemizde ekmek makineleri ile ekmek üretiminin yapılması ve sonuçların standart yöntemle elde edilen ekmeklerle karşılaştırılmasıyla ilgili bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu projede otomatik ekmek makinelerinin kalite kontrol amaçlı kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmış, üç farklı una %2 glüten ve %12 nişasta ilavesi ile elde edilen unlardan ekmek makinesi kullanılarak elde edilen ekmek özellikleri, standart serbest tip (Francala) ekmek metodu ile üretilen ekmeklerle karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada ekmek yapımına uygun U₁, U₂ ve U₃ olarak kodlanan üç farklı un (Akova Un ve Yem San. Tic. A.Ş., Sakarya, Toprakcan Un ve Gıda San. Tic. A.Ş., Van ve Başer Gıda San. ve Tic. A.Ş., Sakarya), instant aktif maya (Pak Gıda Üretim ve Paz. A.Ş., İstanbul), Puratos Pantera marka ekmek katkı maddesi (Puratos Gıda San. ve Tic. A.Ş., İstanbul), buğday nişastası (Tate and Lyle Europe N.V., Belgium), vital gluten (Meelunie America, Inc., ABD) ve piyasadan temin edilen kristal şeker ve tuz kullanılmıştır. Unlara %12 oranında buğday nişastası ve % 2 oranında vital (aktif) gluten ilave edilerek protein oranı % 9.0-14.0 arasında ayarlanmıştır. Böylece her bir una ait farklı üç protein seviyesi oluşturulmuştur.

Ekmek pişirme denemelerinde A, B ve C olarak kodlanan Moulinex Home Bread (Groupe SEB İstanbul Ev Aletleri Tic. A.Ş., İstanbul), Ekmatik Inox 033 modeli (Art Mutfak Ev Araçları San. Tic. Ltd. Şti., İstanbul) ve Sinbo SBM-4701 modeli (DEPA Elektronik San. ve Tic. A.Ş) ekmek makineleri kullanılmıştır. A ve C makinelerinde 2. pişirme programı (Fransız ekmeği), 750 g ve orta renk ayarı; B makinesinde ise 3. pişirme programı (Fransız ekmeği), 750 g ve koyu renk ayarı kullanılarak ekmek üretimi yapılmıştır. Renk ayarları ön denemelerle belirlenmiştir. A, B ve C makinelerinde uygulanan otomatik programların yoğurma, mayalama ve pişirme süreleri Çizelge 2.1. de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ekmek makinelerinin çalışma program süreleri (dak)

A ve C Makinesi		B Makinesi	
<i>Program</i>	<i>Süre (dak)</i>	<i>Program</i>	<i>Süre (dak)</i>
Yoğurma - 1	16	Yoğurma - 1	5
Kabartma - 1	40	Bekleme	5
Yoğurma - 2	19	Yoğurma - 2	20
Kabartma - 2	30	Kabartma - 1	39
Kabartma - 3	50	Yoğurma - 3	1/6
Pişirme	65	Kabartma - 2	31
		Yoğurma - 4	1/6
		Kabartma - 3	60
		Pişirme	50
Toplam süre	220	Toplam süre	210.33

2.1. Otomatik Ekmek Makinesi ile Ekmek Üretimi

Çizelge 2.2. de verilen formüller kullanılarak ekmekler üretildi. İlave edilecek su miktarı her bir unun farklı protein seviyelerine ait Extensograf su absorpsiyonu göz önünde bulundurularak hesaplandı. Hava sirkülasyonunun olmadığı aynı ortamdaki ekmek makinelerine önce su, sonra un, tuz, şeker ve katkı maddesi eklendi. Makine çalıştırıldıktan 1–2 dakika sonra instant aktif maya ilave edilerek her bir makine için Çizelge 2.1. de belirtilen otomatik pişirme programı kullanılarak ekmek üretildi.

Çizelge 2.2. Otomatik ekmek makinesinde kullanılan bileşenlerinin oranı (g)*

Bileşenler	U ₁			U ₂			U ₃		
	<i>Katkısız</i>	<i>%2G</i>	<i>%12N</i>	<i>Katkısız</i>	<i>%2G</i>	<i>%12N</i>	<i>Katkısız</i>	<i>%2G</i>	<i>%12N</i>
Un	300.0	294.0	264.0	300.0	294.0	264.0	300.0	294.0	264.0
Su	202.2	203.1	195.3	189.6	192.0	184.2	171.6	172.8	167.4
Nişasta	-	-	36.0	-	-	36.0	-	-	36.0
Glüten	-	6.0	-	-	6.0	-	-	6.0	-
Tuz	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Maya	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Katkı	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Şeker	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0

*Her bir un için farklı protein seviyeleri %14 nem içeriğine göre hazırlanmıştır.

2.2. Serbest Ekmek Üretimi

Yoğurma işleminde yoğurucuya (Öm20, Öztiryakiler, İstanbul) önce un ve katkı maddeleri konulup, dağılımın homojen olması için 10–15 s karıştırıldıktan sonra su ilave edilmiştir. Deneme için hazırlanan her bir un için Ekstensograf su kaldırma kapasitesi (%) ve Farinograf yoğurma süreleri göz önünde bulundurularak ön deneme ile tespit edilen süre kadar yoğrulan hamura tuz ilavesi yoğurma bitiş zamanından 5 dak, maya ilavesi ise 3 dak önce gerçekleştirilmiştir. Yoğrulan hamur 30 °C ve % 85–90 nispi nemde 30 dak kitle fermentasyonuna tabi tutulmuştur. Daha sonra kesme–yuvarlama işlemi yapılarak hamur 10 dak

dinlendirildi. Şekil verilen hamur 30 °C ve % 90–95 nispi nemde 60 dak boyunca son fermentasyona bırakıldı. Fermentasyon dolabından çıkarılan hamur 5 dak dinlendirip bıçak atıldı. Bıçak atılan hamurlar katlanma noktaları dışarıya bakacak şekilde tepsilere bırakıldıktan sonra sıcaklığı 200 °C ye ayarlanan fırına (PS5, Köseoğlu Isı A.Ş, İstanbul) yerleştirilip 2 defa buhar verilen fırında pişme işlemi 20 dakikada tamamlandı. Oda sıcaklığına soğuyan ekmekler analiz edildi.

Çizelge 2.3. Serbest ekme (francala) için bileşenlerin oranı (g)*

Bileşenler	U ₁			U ₂			U ₃		
	Katkısız	%2G	%12N	Katkısız	%2G	%12N	Katkısız	%2G	%12N
Un	2000	1960	1760	2000	1960	1760	2000	1960	1760
Su	1250	1280	1224	1190	1200	1160	1120	1134	1090
Nişasta	-	-	240	-	-	240	-	-	240
Glüten	-	40	-	-	40	-	-	40	-
Tuz	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Maya	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Katkı	40	40	40	40	40	40	40	40	40

*Her bir un için farklı protein seviyeleri hazırlanırken %14 nem içeriği göz önünde bulundurulmuştur.

2.3. Un ve Ekmek Analizleri

Unların nem, kül, toplam protein, sedimentasyon değeri, yaş ve kuru glüten miktarı, glüten indeksi, düşme sayısı, Farinograf ve Ekstensograf testleri Anonim (1995) tarafından belirtildiği şekilde yapılmıştır. Hamurların fermentasyon sırasındaki yayılma oranları Doğan ve ark. (1996)'a göre 30, 60 ve 90. dakikalarda yapıldı. Ölçüm sırasında hamurların enine yayılması (W) oluşturulan şablon ile iki doğrultuda ve yüksekliği (H) ise kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülerek belirlendi. Ayrıca ekme ağırlığı belirlendikten sonra, ekme hacimleri kolza tohumuyla yer değiştirme prensibine göre çalışan hacim ölçer (Şimşek Labortek, Ankara) ile ölçüldü ve ekme ağırlıkları göz önünde bulundurularak özgül hacim değerleri hesaplandı.

Yatay tarayıcı ile taranan ekmeklerin kabuk ve gözeneklerine ait renk parametrelerinden L, a ve b değeri Doğan'a (2002) göre belirlendi. Hue (renk tonu) değeri ise "hue=arctan (b/a)" formülü kullanılarak hesaplandı. Taranan ekmeklerin gözeneklerinin şekil faktörü ve oran sayısı ise MCID 7.0 Dijital Görüntü Programı (Interfocus Imaging Ltd., Cambridge, İngiltere) yardımıyla gerçekleştirildi. Ekmek içi sertlik değerleri ise 25 mm kalınlığında olan dilimlerde Anonim, 1995'e göre Tekstür Analiz cihazı (TA.TX2, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) ile belirlendi, % 25 sıkıştırma değeri için gerekli olan güç (g) sertlik değeri olarak ifade edildi.

2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışma üç tekerrürlü olarak faktöriyel deneme desenine göre yapıldı. Elde edilen veriler CoStat 6.3 ve StatGraphics Centurion 15.1 programları kullanılarak varyans analizine tabi tutuldu (Cohort, 2004 ve Statpoint Inc., 2006). Farklı unlardan otomatik makinelerde üretilen ekmekler ve serbest tipte üretilen ekmekler kendi aralarında karşılaştırıldı. Çoklu karşılaştırma testi olarak LSD kullanılarak aralarındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde belirlendi.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kullanılan un örneklerinin kül, protein, sedimentasyon, düşme sayısı ve gluten değerleri Çizelge 3.1. de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi seçilen unların protein, sedimentasyon değerleri ile gluten indeks değerleri birbirinden farklıdır. Deneme unlarına nişasta ve vital (aktif) gluten ilave edilmesiyle protein aralığı daha da açılmış ve ekmek makinelerinin performansının belirlenmesinde un seçimi açısından isabetli tercih yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Deneme unlarının kimyasal özellikleri

Un	Rutubet (%)	Kül (%)	Protein (%)	Sedimentasyon (ml)	Gecikmeli Sedimentasyon (ml)	Düşme Sayısı (s)	Gluten (g)	Gluten İndeks (%)
U ₁	14.3	0.58	12.09	45	50	436	30.0	87
U ₂	14.2	0.60	12.50	44	60	380	31.0	93
U ₃	13.4	0.64	10.50	24	26	367	26.0	73

Un kombinasyonlarının Farinograf ve Ekstensograf özellikleri ise Çizelge 3.2. ve 3.3. de verilmiştir. Denemede kullanılan üç farklı una % 12 nişasta ilave edilmesiyle beklenildiği gibi stabilite süresinde azalma, % 2 gluten ilavesiyle ise artma gözlenmiştir (Çizelge 3.2). Benzer durum Ekstensograf özelliklerinde, özellikle enerji (cm²) değerlerinde gözlenmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.2. Deneme unlarının Farinograf değerleri

Un	Bileşenler	Su Absorpsiyonu (%)*	Gelişme Süresi (dak)	Stabilite (dak)	Yumuşama Derecesi (FU)**	Farinograf Kalite Sayısı
U ₁	Katkısız	67.4	7.0	11.9	46	133
	Nişasta (%12)	65.1	1.8	8.6	48	34
	Gluten (%2)	67.7	6.8	16.9	32	173
U ₂	Katkısız	63.2	6.5	18.5	25	200
	Nişasta (%12)	61.4	1.9	13.3	31	135
	Gluten (%2)	64.0	7.2	18.5	30	193
U ₃	Katkısız	57.2	1.7	6.8	72	76
	Nişasta (%12)	55.8	1.3	2.0	104	21
	Gluten (%2)	57.6	1.8	8.7	52	98

* %14 absorpsiyona göre hesaplanmıştır; ** Pik değerinden 12 dak sonraki değer göz önünde bulundurulmuştur

Çizelge 3.3. Deneme unlarının Ekstensogram değerleri

Un	Bileşenler	Dinlendirme (dak)	Enerji (cm ²)	Uzamaya Karşı Direnç (BU)	Uzayabilirlilik (mm)	Maksimum (BU)	Oran Sayısı	Oran Sayısı (Maks.)
U ₁	Katkısız	45	70	212	168	305	1.3	1.8
		90	74	222	172	309	1.3	1.8
		135	61	217	152	293	1.4	1.9
	Nişasta (%12)	45	63	242	144	322	1.7	2.2
		90	64	254	142	331	1.8	2.3
		135	62	264	137	330	1.9	2.4
	Glüten (%2)	45	100	286	171	435	1.7	2.5
		90	102	330	162	475	2.0	2.9
		135	83	292	152	414	1.9	2.7
U ₂	Katkısız	45	114	258	194	454	1.3	2.3
		90	122	331	172	552	1.9	3.2
		135	118	332	167	564	2.0	3.4
	Nişasta (%12)	45	96	277	168	438	1.7	2.6
		90	102	368	146	544	2.5	3.7
		135	106	351	153	546	2.3	3.6
	Glüten (%2)	45	133	335	180	574	1.9	3.2
		90	142	374	175	641	2.1	3.7
		135	137	406	163	673	2.5	4.1
U ₃	Katkısız	45	62	246	139	331	1.8	2.4
		90	71	318	135	387	2.4	2.9
		135	65	326	126	388	2.6	3.1
	Nişasta (%12)	45	52	242	128	298	1.9	2.3
		90	61	354	114	398	3.1	3.5
		135	55	358	109	383	3.3	3.5
	Glüten (%2)	45	82	306	143	438	2.1	3.1
		90	88	422	126	537	3.4	4.3
		135	79	396	122	511	3.3	4.2

3.1. Hamur Yayılma Testi

3.1.1. Yayılma oranı

Çalışmada üç farklı un ve bu unlara nişasta veya vital glüten ilave edilerek hazırlanan hamurlar 30 °C ve % 90 nispi nemde 30, 60 ve 90 dakika fermente edildikten sonra yayılma oranları (Genişlik-W/Yükseklik-H) ölçülmüştür. Farklı un, protein seviyesi ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranı (W/H) üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 3.4. te, ortalama

değerler ile bunların karşılaştırılması ise Çizelge 3.5. te verilmiştir. Un, protein ve fermentasyon süresinin yayılma oranına etkisi önemli bulunmuştur. Farklı unlar, fermentasyon süreleri ve protein seviyeleri ile hazırlanan hamurların ortalama yayılma oranları 1.319–1.797 arasında değişmiştir.

Çizelge 3.4. Farklı un kombinasyonlarının ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranına etkisine (W/H) ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	0.58444	0.29222	11.51526	0.0001 ***
Protein (P)	4	0.42908	0.10727	4.22708	0.0055 **
Fermentasyon (F)	2	0.85021	0.42510	16.75171	0.0000 ***
U*P	8	0.38883	0.04854	1.91283	0.0814
U*F	4	0.21224	0.05306	2.09092	0.0977
P*F	8	0.05253	0.00656	0.25875	0.9759
U*P*F	16	0.23774	0.01485	0.58552	0.8781
Hata	45	1.14196	0.02538		
Toplam	89	3.89653			

P<0.01, *P<0.001

Yayılma oranı daha fazla olan U_1 ve U_2 unları arasında fark görülmezken, U_3 unu istatistiksel olarak diğerlerinden farklı bulunmuştur. Kullanılan unların ve farkı fermentasyon sürelerinin hamurun yayılma oranına etkisi çok önemli iken ($P<0.001$), protein seviyeleri arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Fakat faktörler arasındaki interaksiyonlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Fermentasyon süresinin uzaması (90 dak) ve protein seviyesinin azalması (% 12 nişasta ilavesi) hamurun viskoelastik özelliğini değiştirdiği için yayılma oranını arttırmıştır (Şekil 3.1).

Hamur yayılma testi ile ilgili ilk çalışma fermente olan hamur üzerine farklı bileşenlerin etkilerini araştırmak için Hosney ve ark. (1979) tarafından yapılmıştır. Basit bir test olup fermente olan hamurun viskoelastik özelliği hakkında önemli fikir verir.

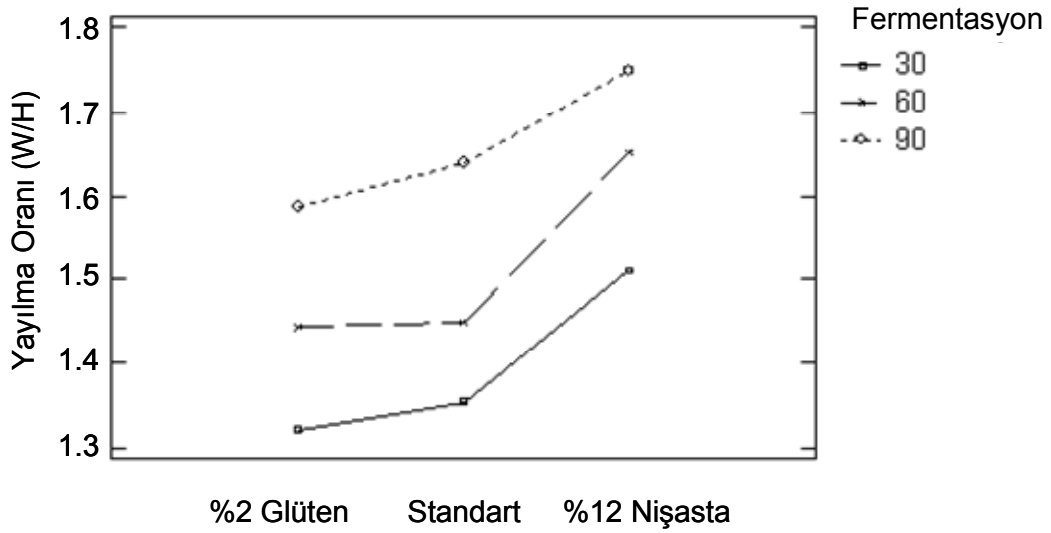
Çizelge 3.5. Farklı un kombinasyonlarının ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranına ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD
Un				Un *Fermen.(Dak)			
1	1.603	0.04	a	1,30	1.497	0.072	
2	1.556	0.04	a	1,60	1.642	0.072	
3	1.409	0.04	b	1,90	1.670	0.072	
				2,30	1.368	0.072	
Protein				2,60	1.503	0.072	
1-%2G	1.450	0.04	b	2,90	1.797	0.072	
2- Standart	1.480	0.04	b	3,30	1.319	0.072	
3-%12N	1.637	0.04	a	3,60	1.398	0.072	
				3,90	1.508	0.072	
Fermen.(Dak)				Protein* Fermen.			
30	1.395	0.04	b	1,30	1.321	0.072	
60	1.514	0.04	b	1,60	1.443	0.072	
90	1.659	0.04	a	1,90	1.588	0.072	
				2,30	1.353	0.072	
Un*Protein				2,60	1.449	0.072	
1,1	1.517	0.07		2,90	1.638	0.072	
1,2	1.674	0.07		3,30	1.510	0.072	
1,3	1.618	0.07		3,60	1.651	0.072	
2,1	1.481	0.07		3,90	1.750	0.072	
2,2	1.403	0.07					
2,3	1.784	0.07					
3,1	1.353	0.07					
3,2	1.364	0.07					
3,3	1.509	0.07					

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P<0.05), SH: Standart Hata

Doğan (2002) hamur yayılma testini, farklı kaynaklardan elde edilen alfa amilazların mayalı hamurun viskoelastik özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için kullanmış ve serbest tip ekmek üretiminde karakteristik ekmek özellikleri için yayılmanın belirli sınırlar içerisinde olması gerektiğini ifade etmiştir. Yayılma oranı hamur ağırlığından bağımsız olduğu için hamurun viskoelastik özelliklerinin belirlenmesinde bir kalite ölçütü olarak kullanılabilir.



Şekil 3.1. Farklı un kombinasyonları ve fermentasyon sürelerinin hamur yayılma oranı (W/H) üzerine etkisi

3.2. İki Metotla Üretilen Ekmeklerin Karşılaştırılması

3.2.1. Özgül hacim

3.2.1.1. Serbest ekmek

Buğdayın veya unun ekmeklik kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli kriterlerden birisi ekmek hacminin belirlenmesidir. Üretilen serbest ekmeklerin ortalama özgül hacimleri 5.22 ile 6.69 cm³/g arasında değişmiştir. Üretilen ekmeklerin özgül hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.6. da verilmiştir. Farklı unlar ile üretilen ekmeklerin özgül hacimleri arasındaki fark çok önemli bulunmuştur (P<0.001). Ancak protein seviyeleri ile un ve protein arasındaki interaksiyon ise önemsiz bulunmuştur. Ortalama ekmek özgül hacimleri sırasıyla U₃ (6.43 cm³/g), U₁ (6.27 cm³/g) ve U₂ (5.48 cm³/g) unları ile üretilmiş (Çizelge 3.7) ve ekmeklerin dış görünüşü ve gözenek yapısı Şekil 3.2. de verilmiştir. U₁ ve U₃ unları ile üretilen ekmeklerin ortalama özgül hacimleri

arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz iken, U₂ ye ait ekmek hacmi ise önemli seviyede daha düşüktür. Protein seviyesinin değişmesiyle elde edilen ortalama ekmek hacimleri 5.91 ile 6.21 cm³/g arasında değişmiş; fakat aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 3.6. Farklı un kombinasyonlarının serbest ekmek özgül hacim üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	4.61354	2.30677	11.38271	0.0006 ***
Protein (P)	2	0.42658	0.21329	1.05248	0.3696
U*P	4	0.26608	0.06652	0.32824	0.8553
Hata	18	3.64780	0.20265		
Toplam	26	8.95401			

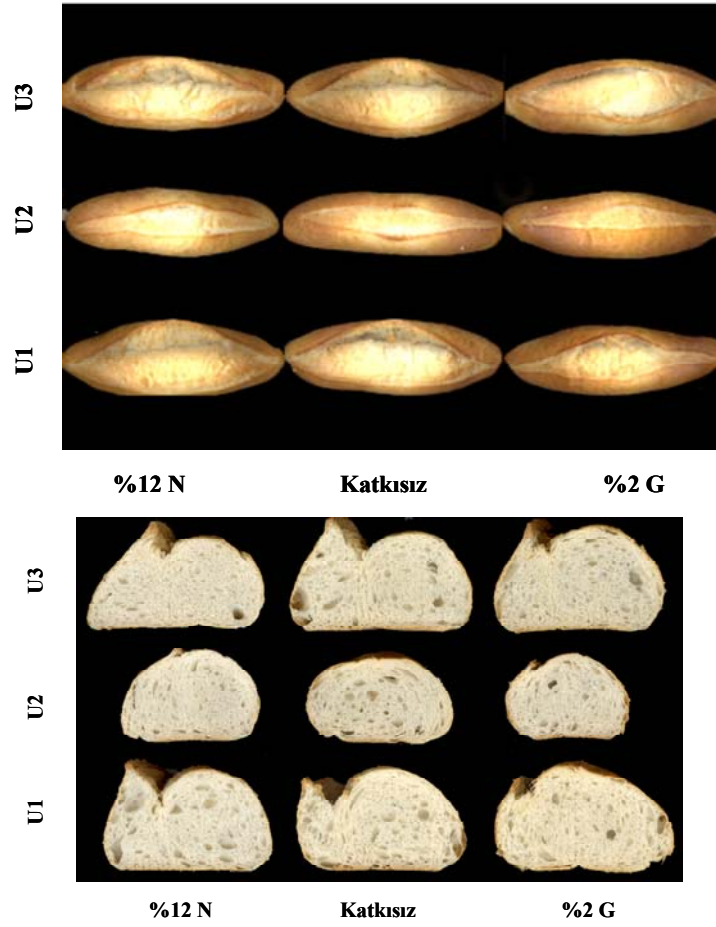
*P< 0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 3.7. Farklı un kombinasyonlarının serbest özgül hacim değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	6.266	0.150	a	1,1	6.260	0.260	
2	5.481	0.150	b	1,2	6.157	0.260	
3	6.428	0.150	a	1,3	6.380	0.260	
				2,1	5.643	0.260	
Protein				2,2	5.223	0.260	
1-%2G	6.053	0.150		2,3	5.577	0.260	
2- Standart	5.907	0.150		3,1	6.257	0.260	
3-%12N	6.214	0.150		3,2	6.340	0.260	
				3,3	6.687	0.260	

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P<0.05), SH: Standart Hata



Şekil 3.2. Farklı un kombinasyonu ile üretilen serbest tip ekmekler.

Unların protein içeriği ile ekmek hacmi arasındaki ilişkinin varlığı uzun yıllardan beri bilinmektedir. Protein içeriği ile ekmek hacmi arasındaki ilişkiden dolayı yeni buğday çeşitlerinin ekmek yapım kalitesi kolaylıkla belirlenebilir (Ünal ve Boyacıoğlu, 1984). Færgestad ve ark. (1999) dört farklı undan hazırlanan ve protein seviyeleri % 10.2–14.3 arasında değişen 12 un karışımı kullanarak yaptıkları bir çalışmada, unun protein seviyesi ile ekmek hacmi arasında oldukça önemli bir ilişki bulmuşlardır. Aynı çalışmada toplam protein seviyesinden daha çok protein, özellikle ekmek hacmi üzerinde glutenin kalitesinin önemli rolü olduğu vurgulanmıştır.

Serbest tip, tava veya kepekli ekmek gibi farklı ekmek üretiminde arzu edilen protein (glüten) miktarı ve kalitesi aynı değildir. Ekmek yapımında pişen

hamurun yeteri kadar kabarması ile birlikte arzu edilen gözenek yapısı, tekstür gibi ekmek içi özelliklerinin oluşması istenir. Bu çalışmada gözlediğimiz gibi serbest tip ekmek üretiminde protein kalitesinin yüksek olması ile sıkı bir hamur elde edilmiştir. İstenen kabarma meydana gelmediği için de bıçak açmayan ve düşük hacimli kötü gözenek yapısına sahip ekmek elde edilmiştir. Çizelge 3.3. te gösterildiği gibi U₂ nin enerji ve maksimum direnç değeri diğerlerine nazaran daha yüksek bulunmuştur.

Protein kalitesinin yanı sıra yoğurma metodu ile yoğurma süresi ve fermentasyonun uzunluğunun üretilcek ekmek hacmini etkileyeceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

3.2.1.2 Ekmek makinesi

Kullanılan makinelere bağlı olarak üretilen ekmeklerin ortalama özgül hacimleri 4.87-6.29 cm³/g arasında değişmiştir. Üretilen ekmeklerin özgül hacimleri kullanılan makine ve unlara bağlı olarak önemli derecede etkilenirken (P<0.001), protein seviyeleri arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Ekmeklerin özgül hacmi üzerine makine-un ve un-protein interaksiyonlarının etkisi ise P<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Farklı un kombinasyonlarının ve makinelerin özgül hacim (cm³/g) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	2.08849	1.04425	19.55882	0.0000 ***
Un (U)	2	15.28380	7.64190	143.13320	0.0000 ***
Protein (P)	2	0.30805	0.15402	2.88491	0.0645
M*U	4	0.71419	0.17855	3.34421	0.0162 *
M*P	4	0.46180	0.11545	2.16241	0.0856
U*P	4	0.63037	0.15759	2.95171	0.0281 *
M*U*P	8	0.69603	0.08700	1.62960	0.1381
Hata	54	2.88306	0.05339		
Toplam	80	23.06582			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Ortalama özgül hacimleri en yüksek olan ekmekler sırasıyla C (5.71 cm³/g), B (5.44 cm³/g) ve A (5.33 cm³/g) makineleri ile U₁ (5.99 cm³/g), U₃ (5.54 cm³/g) ve U₂ (4.94 cm³/g) unları kullanılarak üretilmiştir (Çizelge 3.9).

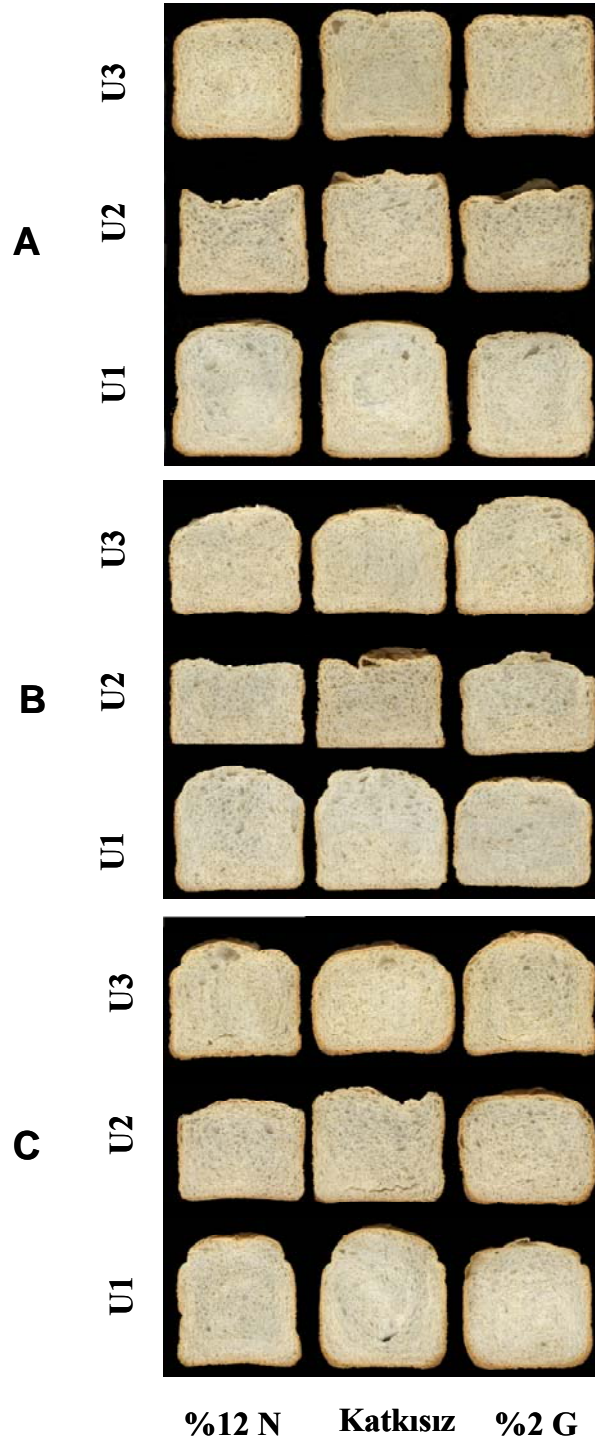
Çizelge 3.9. Farklı un kombinasyonlarının ve makinelerin özgül hacim değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	5.328	0.045	b	A,1	5.270	0.077	
B	5.437	0.045	b	A,2	5.260	0.077	
C	5.710	0.045	a	A,3	5.454	0.077	
				B,1	5.429	0.077	
Un				B,2	5.452	0.077	
1	5.995	0.045	a	B,3	5.431	0.077	
2	4.935	0.045	b	C,1	5.518	0.077	
3	5.545	0.045	c	C,2	5.860	0.077	
				C,3	5.752	0.077	
Protein				Un*Protein			
1-%2G	5.406	0.045		1,1	5.959	0.077	ab
2- Standart	5.524	0.045		1,2	5.886	0.077	b
3-%12N	5.546	0.045		1,3	6.141	0.077	a
Makine*Un				2,1	4.903	0.077	e
A,1	5.928	0.077	b	2,2	5.032	0.077	e
A,2	4.677	0.077	e	2,3	4.870	0.077	e
A,3	5.380	0.077	c	3,1	5.354	0.077	d
B,1	5.769	0.077	b	3,2	5.654	0.077	c
B,2	5.029	0.077	d	3,3	5.627	0.077	c
B,3	5.514	0.077	c				
C,1	6.289	0.077	a				
C,2	5.100	0.077	d				
C,3	5.741	0.077	b				

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P<0.05), SH: Standart Hata

A ve B makinelerinde üretilen ekmeklerin özgül hacimleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Nişasta ilave edilen ekmeklerde ortalama özgül hacim değeri 5.55 cm³/g iken, % 2 glüten ilave edilen ekmeklerde ise 5.41 cm³/g ortalama özgül hacim değeri elde edilmiştir Ekmek makinelerinde üretilen ekmek örneklerine ait taranmış görüntüler ise Şekil 3.3. de karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.3. Farklı un kombinasyonu ile üç farklı makinede üretilen ekmekler

Farklı un kombinasyonları kullanılarak ekmek makinelerinde üretilen ekmekler ile serbest tipte üretilen ekmeklerin özgül hacim değerleri paralellik göstermektedir. Her iki yöntemle üretilen ekmeklerin özgül hacimleri kullanılan un kombinasyonlarına bağlı olarak önemli seviyede etkilenmiştir ($P<0.001$). Serbest ekmeklerin en yüksek özgül hacimleri sırasıyla U_3 , U_1 ve U_2 unları ile üretilmiş, U_3 ve U_1 unları arasında fark gözlenememiştir. Öte yandan ekmek makinesi kullanıldığında ekmeklerin özgül hacmi üzerine farklı makineler ($P<0.001$), makine-un ve un-protein interaksiyonlarının etkisi ($P<0.05$) önemli bulunmuştur. Serbest ekmek üretiminde prosesin kontrol edilmesi çok zor olduğundan belirli bir protein aralığına kadar fark gözlenemeyebilir. Bu çalışmada bu durum ortaya çıkmıştır. Ekmek makinesi kullanıldığında ise proses daha iyi kontrol edildiği için üç unun spesifik hacim değerleri birbirinden farklı bulunmuştur. Un ve protein interaksiyonunun farklı çıkması da bunu ortaya koymaktadır. Farklı makineler kullanılarak üretilen ekmeklerin özgül hacimleri de önemli seviyede kullanılan undan etkilenmiştir.

Çalışmada kullanılan makinelerin programlarının ve performansları farklı olsa da ekmek yapımında kullanılan unların özelliklerinin değişmesine bağlı olarak benzer tepkiyi göstermişlerdir.

3.2.2. Yükseklik

Çalışmada kullanılan makinelerin pişirme tavelarının büyüklüğü ve şekli farklı olduğundan ekmek makineleri birbirleri ile karşılaştırılmamış, makineler bireysel olarak ele alınıp farklı unların ve protein seviyelerinin ekmek yüksekliğine etkileri değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.10–3.12.de görüldüğü gibi farklı unlar kullanılarak üç makine ile üretilen ekmeklerde çok önemli derecede farklılık gözlenmiştir ($P<0.001$). Test edilen protein seviyesinin azalması ile ekmek yüksekliği artmasına rağmen, bu etki istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$). Makinelerden sadece A makinesinde

un-protein interaksyonu $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Elde edilen ekmek yükseklikleri sırasıyla A makinesinde 11.11–15.84 cm, B makinesinde 10.14–12.51 cm ve C makinesinde ise 10.02–13.34 arasında değişmiştir.

Farklı un ve makine kombinasyonları ile üretilen ekmeklere ait değerler Çizelge 3.13. de verilmiş ve karşılaştırılmıştır. B ve C makinelerinde test edilen unların ortalama yükseklik değerleri birbirinden farklı iken, A makinesinde sadece U_1 nin yüksekliği diğerlerinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 3.10. A makinesinde farklı un kombinasyonlarının üretilen ekmeklerin yükseklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	111.1340	55.5670	37.1547	0.0000 ***
Protein (P)	2	6.8718	3.4359	2.2974	0.1292
U*P	4	20.9992	5.2498	3.5103	0.0276 *
Hata	18	26.9200	1.4955		
Toplam	26	165.9251			

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

Çizelge 3.11. B makinesinde farklı un kombinasyonlarının üretilen ekmeklerin yükseklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	25.3829	12.6914	28.1800	0.000 ***
Protein (P)	2	1.4985	0.7492	1.6636	0.217
U*P	4	41.8281	0.4570	1.0148	0.426
Hata	18	8.1066	0.4503		
Toplam	26				

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

Çizelge 3.12. C makinesinde farklı un kombinasyonlarının üretilen ekmeklerin yükseklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	49.9785	24.9892	112.2645	0.0000 ***
Protein (P)	2	1.1563	0.5781	2.5973	0.1021
U*P	4	1.9570	0.4892	2.1980	0.1102
Hata	18	4.0066	0.2226		
Toplam	26	57.0985			

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

Çizelge 3.13. Farklı un kombinasyonları ve farklı makineler ile üretilen ekmeklerin yükseklik değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Makine A		Makine B		Makine C	
	Ortalama	SH LSD **	Ortalama	SH LSD **	Ortalama	SH LSD **
Un						
1	15.844	0.408 a	12.511	0.224 a	13.344	0.157 a
2	11.111	0.408 b	10.144	0.224 c	10.022	0.157 c
3	12.167	0.408 b	11.156	0.224 b	11.456	0.157 b
Protein						
1-%2G	12.356	0.408	11.333	0.224	11.456	0.157
2-Standart	13.211	0.408	11.522	0.224	11.900	0.157
3-%12N	13.556	0.408	10.956	0.224	11.467	0.157
Un*Protein						
1,1	14.400	0.706 b	12.233	0.387	13.533	0.272
1,2	15.067	0.706 b	12.800	0.387	13.800	0.272
1,3	18.067	0.706 a	12.500	0.387	12.700	0.272
2,1	10.700	0.706 d	10.500	0.387	9.733	0.272
2,2	11.500	0.706 cd	10.567	0.387	10.333	0.272
2,3	11.133	0.706 cd	9.367	0.387	10.000	0.272
3,1	11.967	0.706 cd	11.267	0.387	11.100	0.272
3,2	13.067	0.706 bc	11.200	0.387	11.567	0.272
3,3	11.467	0.706 cd	11.000	0.387	11.700	0.272

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P<0.05), SH: Standart Hata

Çalışmada kullanılan üç makinenin performansı üretilen ekmeklerin yüksekliği açısından karşılaştırıldığında her üç makinede de unlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Her üç makinede de yüksekliği en fazla olan ekmekler U₁ unu ile elde edilmiştir. Ekmek yükseklik değerleri ile özgül hacim değerleri arasındaki ilişki önemli bulunmuştur (r=0.68, P<0.001).

Ekmek makinesi ile ekmek üretimde bazen yüzey düzgün olmadığı için yükseklik ölçümü ancak yaklaşık olarak yapılır. Bu yüzden çalışmadan elde edilen veriler değerlendirildiğinde ekmek hacminin belirlenmesi ve kalite kriteri olarak kullanılması daha doğru olacaktır.

3.2.3. Pişme kaybı

3.2.3.1. Serbest ekme

Farklı un kombinasyonları ile üretilen serbest tip ekmeklerin pişme kayıpları arasında $P < 0.01$ seviyesinde fark bulunmuştur (Çizelge 3.14). Pişme kaybı % 21.78–23.62 arasında değişmiştir. U_1 ve U_3 unlarından yapılan ekmeklerde pişme kayıpları arasında istatistiksel fark bulunamazken, U_2 unundan yapılan ekmeğin pişme kaybı önemli seviyede azdır. Ekmek bıçak açmadığı ve daha az kabardığı için U_2 ile yapılan ekmeğin pişme kaybı daha az bulunmuştur.

Çizelge 3.14. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmeklerde pişme kaybına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	18.24335	9.12168	7.77617	0.0037 **
Protein (P)	2	1.63749	0.81874	0.69797	0.5106
U*P	4	2.93262	0.73315	0.62501	0.6507
Hata	18	21.11454	1.17303		
Toplam	26	43.92800			

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

Çizelge 3.15. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmeklerde pişme kaybına ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	23.414	0.361	a	1,1	22.803	0.625	
2	21.780	0.361	b	1,2	23.220	0.625	
3	23.616	0.361	a	1,3	24.220	0.625	
				2,1	22.163	0.625	
Protein				2,2	21.560	0.625	
1-%2G	22.846	0.361		2,3	21.617	0.625	
2- Standart	22.691	0.361		3,1	23.570	0.625	
3-%12N	23.273	0.361		3,2	23.293	0.625	
				3,3	23.983	0.625	

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD ($P < 0.05$), SH: Standart Hata

3.2.3.2. Ekmek makinesi

Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmek pişme kaybına etkileri Çizelge 3.16. de gösterilmiştir. Farklı makineler, unlar ve bu unların farklı protein seviyeleriyle üretilen ekmeklerin pişme kaybı % 15.39–17.93 arasında değişmiştir (Çizelge 3.17). Makine ve unların pişme kaybına etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Çalışmada kullanılan makinelerin pişirme tavalarının özellikleri farklılık gösterdiği için, makineler arasında istatistiksel olarak çok önemli fark bulunmuştur ($P<0.001$).

Çizelge 3.16. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmeklerin pişme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	21.2909	10.6454	14.1235	0.0000 ***
Un (U)	2	15.4473	7.7236	10.2471	0.0020 ***
Protein (P)	2	1.8806	0.9403	1.2475	0.2954
M*U	4	2.2514	0.5628	0.7467	0.5645
M*P	4	6.0953	1.5238	2.0217	0.1043
U*P	4	0.7078	0.1769	0.2347	0.9176
M*U*P	8	7.2840	0.9105	1.2079	0.3120
Hata	54	40.7019	0.7537		
Toplam	80	95.6596			

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

Ekmek makinelerinde pişirme kontrollü yapıldığından ve dış ortamla temas etmeğinden değişim aralığı çok az olmuş (%1-2) ve aradaki farkta bu yüzden önemli bulunmuştur. Ekmek makinesi ekmeğinde pişme kaybı serbest tip ekmekle karşılaştırıldığında yaklaşık % 5–7 daha azdır.

Çizelge 3.17. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin pişme kaybı değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	17.363	0.167	a	A,1	17.670	0.289	
B	16.133	0.167	b	A,2	17.200	0.289	
C	16.968	0.167	a	A,3	17.220	0.289	
Un				B,1	15.514	0.289	
1	17.107	0.167	a	B,2	16.389	0.289	
2	17.153	0.167	a	B,3	16.497	0.289	
3	16.204	0.167	b	C,1	16.637	0.289	
Protein				C,2	17.142	0.289	
1-%2G	16.607	0.167		C,3	17.124	0.289	
2- Standart	16.910	0.167		Un*Protein			
3-%12N	16.947	0.167		1,1	16.802	0.289	
Makine*Un				1,2	17.183	0.289	
A,1	17.374	0.289		1,3	17.337	0.289	
A,2	17.936	0.289		2,1	17.112	0.289	
A,3	16.780	0.289		2,2	17.191	0.289	
B,1	16.552	0.289		2,3	17.154	0.289	
B,2	16.456	0.289		3,1	15.907	0.289	
B,3	15.392	0.289		3,2	16.357	0.289	
C,1	17.396	0.289		3,3	16.350	0.289	
C,2	17.067	0.289					
C,3	16.441	0.289					

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

3.2.4. Gözenek şekil faktörü

3.2.4.1. Serbest ekmek

Üretilen serbest ekmeklerde şekil faktörü değerleri kullanılan una bağlı olarak 0.49-0.52 arasında değişmiş, farklı un ve protein seviyelerinin şekil faktörü üzerine etkileri istatistiksel olarak $P > 0.05$ seviyesinde önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.18). Şekil faktörü 0 ile 1 arasında değişmekte olup, 1 sayısı gözeneklerin mükemmel yuvarlak olduğunu gösterir. Sayının küçülmesi gözeneğin bir eksen doğrultusunda uzadığını, yani ovalleştiğini ifade eder. Daha

önce de ifade edildiği gibi serbest ekmek üretiminde proses aşamalarının kontrolü daha zordur. Bu yüzden çalışmada un kombinasyonlarının serbest ekmek gözenek şekil faktörü üzerine önemli etkisi görülmemiştir (Çizelge 3.19)

Çizelge 3.18. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmeklerin gözenek şekil faktörü değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	0.00532	0.0026	2.49469	0.1106
Protein (P)	2	0.00140	7.0433	0.65949	0.5292
U*P	4	0.00228	5.7067	0.53433	0.7123
Hata	18	0.01922	0.0011		
Toplam	26	0.02824			

Çizelge 3.19. Farklı un kombinasyonlarının gözenek şekil faktörüne ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	0.522	0.011		1,1	0.495	0.019	
2	0.511	0.011		1,2	0.542	0.019	
3	0.488	0.011		1,3	0.529	0.019	
				2,1	0.511	0.019	
Protein				2,2	0.517	0.019	
1-%2G	0.499	0.011		2,3	0.506	0.019	
2- Standart	0.516	0.011		3,1	0.490	0.019	
3-%12N	0.507	0.011		3,2	0.491	0.019	
				3,3	0.485	0.019	

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P < 0.05), SH: Standart Hata

3.2.4.2. Ekmek makinesi

Farklı un kombinasyonları ve makineler kullanılarak üretilen ekmeklerde şekil faktörü üzerine etkileri Çizelge 3.20. de gösterilmiştir. Üç farklı unun şekil faktörü üzerine etkileri P<0.001 seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek şekil faktörü sırasıyla U₁, U₃ ve U₂ unları ile üretilen ekmeklere aittir (Çizelge 3.21). Fakat istatistiksel olarak sadece U₁ ununa ait değer diğerlerinden yüksek

bulunmuştur. Farklı makine ve protein seviyeleri ile analize tabii tutulan tüm faktörlere ait interaksiyonların şekil faktörü üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Çizelge 3.20. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin şekil faktörü değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	0.00585	0.0029	2.85599	0.0662
Un (U)	2	0.03080	0.0154	15.02375	0.0000 ***
Protein (P)	2	3.00765	1.5038	0.14670	0.8639
M*U	4	0.00385	9.6635	0.94269	0.4465
M*P	4	0.00644	0.0016	1.56981	0.1956
U*P	4	0.00356	8.9092	0.86911	0.4885
M*U*P	8	0.00804	0.0010	0.98112	0.4608
Hata	54	0.05535	0.0010		
Toplam	80	0.11422			

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

Hem serbest yöntem ve hem de ekmek makinesi kullanımı ile üretilen ekmeklerde en yüksek şekil faktörü değeri U_1 unu ile üretilen ekmeklerde gözlenmiştir. Fakat serbest tipte ekmek üretiminde hamurun elle şekillendirilmesinden dolayı değişkenler arasında önemli bir fark görülememiştir. Her iki ekmek yapım yönteminde de ekmekler gözenek şekil faktörüne ait sonuçlar değerlendirildiğinde, şekil faktörünün kalite kriteri olarak kullanımının zor olduğunu göstermektedir.

Hamur veya ekmek kalitesi açısından hamur yapısı ve gözenek sayısı son derece önemlidir. Az sayıda gözenek, gözenek cidarlarının kalınlaşmasına, yetersiz bir ekmek içi yumuşaklığı yanında iri taneli sıkı ve koyu bir ekmek içi rengi ile sert veya kayış gibi bir kabuk oluşmasına neden olur. Gözenek sayısı ne kadar çok artarsa, hamur hacmi de artar. Gözenek cidarlarının incilmesi ile yumuşak ve açık renkli bir ekmek içi oluşur (Ünal, 1981).

Çizelge 3.21. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin şekil faktörü değerleri ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	0.452	0.006		A,1	0.451	0.011	
B	0.467	0.006		A,2	0.451	0.011	
C	0.472	0.006		A,3	0.454	0.011	
Un				B,1	0.454	0.011	
1	0.490	0.006	a	B,2	0.476	0.011	
2	0.445	0.006	b	B,3	0.470	0.011	
3	0.456	0.006	b	C,1	0.489	0.011	
Protein				C,2	0.469	0.011	
1-%2G	0.465	0.006		C,3	0.459	0.011	
2- Standart	0.465	0.006		Un*Protein			
3-%12N	0.461	0.006		1,1	0.503	0.011	
Makine*Un				1,2	0.438	0.011	
A,1	0.479	0.011		1,3	0.453	0.011	
A,2	0.430	0.011		2,1	0.488	0.011	
A,3	0.448	0.011		2,2	0.444	0.011	
B,1	0.482	0.011		2,3	0.464	0.011	
B,2	0.456	0.011		3,1	0.481	0.011	
B,3	0.462	0.011		3,2	0.451	0.011	
C,1	0.510	0.011		3,3	0.451	0.011	
C,2	0.448	0.011					
C,3	0.458	0.011					

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P < 0.05), SH: Standart Hata

3.2.5. Oran sayısı

3.2.5.1. Serbest ekmek

Farklı un ve protein seviyeleri kullanılarak serbest yöntemle üretilen ekmeklerin oran sayısı değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.22. de verilmiştir. Oran sayısı farklı un ve protein seviyelerinden önemli derecede

etkilenmiştir ($P<0.01$). Oran sayısının artması gözenek alanının toplam değerlendirilen alana oranının arttığını ifade eder. Üretilen serbest ekmeklerde en yüksek oran sayısı (0.164) U₂ unu ile elde edilmiştir (Çizelge 3.23). Bu durum U₂ unu ile yapılan ekmeklerin gözeneklerin küçük, yuvarlak ve sayısının fazla olduğundan kaynaklanmaktadır. Diğer unlar arasında önemli fark görülmemiştir. Protein seviyesinin azalması oran sayısını önemli ölçüde değiştirmiştir ($P<0.05$). Un-protein interaksiyonları arasında fark görülmemiştir. Burada her bir kombinasyon arasındaki varyasyonun büyük olması etkili olmuştur.

Çizelge 3.22. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmeklerin oran sayısına etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	0.00779	0.0039	7.74269	0.0037 **
Protein (P)	2	0.00951	0.0047	9.44488	0.0016 **
U*P	4	0.00244	6.1028	1.21272	0.3399
Hata	18	0.00906	5.0323		
Toplam	26	0.02879			

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

Çizelge 3.23. Farklı un kombinasyonlarının gözenek oran sayısına ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	0.124	0.007	b	1,1	0.112	0.013	
2	0.164	0.007	a	1,2	0.134	0.013	
3	0.132	0.007	b	1,3	0.128	0.013	
				2,1	0.124	0.013	
Protein				2,2	0.188	0.013	
1-%2G	0.113	0.007	b	2,3	0.179	0.013	
2- Standart	0.152	0.007	a	3,1	0.105	0.013	
3-%12N	0.154	0.007	a	3,2	0.136	0.013	
				3,3	0.156	0.013	

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD ($P<0.05$), SH: Standart Hata

3.2.5.2. Ekmek makinesi

Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin oran sayısına etkilerine ait varyans analiz sonuçları ve oran sayıları Çizelge 3.24. ve 3.25. de verilmiştir. Üretilen ekmeklerde en yüksek oran sayısı sırasıyla U₂, U₃ ve U₁ unları ile elde edilmiştir. Protein seviyesinin artırılması (% 2G) veya azaltılması (% 12N) ve A makinesinin kullanılması oran sayısı değerini arttırmıştır. Kullanılan üç farklı unun oran sayısı üzerine etkileri P<0.001 seviyesinde ve makineler arasındaki fark ile un-makine interaksyonu P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Protein seviyelerinin oran sayısına etkileri ise istatistiksel olarak önemsizdir (P>0.05).

Çizelge 3.24. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin oran sayısına etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	0.03848	0.01924	5.3653	0.0075 **
Un (U)	2	0.38442	0.19221	53.5961	0.0000 ***
Protein (P)	2	0.01985	0.00992	2.7676	0.0717
M*U	4	0.06012	0.01503	4.1914	0.0050 **
M*P	4	0.00480	0.00120	0.3349	0.8532
U*P	4	0.01254	0.00313	0.8743	0.4854
M*U*P	8	0.04955	0.00619	1.7273	0.1131
Hata	54	0.19365	0.00358		
Toplam	80	0.76345			

*P< 0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Hem serbest yöntem ve hem de ekmek makinesi kullanımı ile üretilen ekmeklerde en yüksek oran sayısı U₂, U₃ ve U₁ unlarında bulunmuştur. Üç farklı unun oran sayısı üzerine etkileri serbest yöntemle ekmek üretiminde P<0.01, ekmek makinesi kullanımında ise P<0.001 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.25. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin oran sayıları ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	0.356	0.012	a	A,1	0.362	0.020	
B	0.333	0.012	ab	A,2	0.329	0.020	
C	0.303	0.012	b	A,3	0.376	0.020	
Un				B,1	0.329	0.020	
1	0.249	0.012	c	B,2	0.320	0.020	
2	0.417	0.012	a	B,3	0.350	0.020	
3	0.326	0.012	b	C,1	0.285	0.020	
Protein				C,2	0.294	0.020	
1-%2G	0.325	0.012		C,3	0.329	0.020	
2- Standart	0.314	0.012		Un*Protein			
3-%12N	0.352	0.012		1,1	0.234	0.020	
Makine*Un				1,2	0.223	0.020	
A,1	0.221	0.020	f	1,3	0.289	0.020	
A,2	0.478	0.020	a	2,1	0.426	0.020	
A,3	0.369	0.020	bc	2,2	0.410	0.020	
B,1	0.280	0.020	de	2,3	0.415	0.020	
B,2	0.405	0.020	b	3,1	0.317	0.020	
B,3	0.314	0.020	cd	3,2	0.310	0.020	
C,1	0.245	0.020	ef	3,3	0.351	0.020	
C,2	0.369	0.020	bc				
C,3	0.294	0.020	de				

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P < 0.05), SH: Standart Hata

Ekmek gibi tahıl ürünlerinin gözenek yapısı ve gözeneklerin dağılımı ekmeğin duyuşal özelliklerinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Gözenek büyüklüğü ve dağılımı iki boyutlu görüntü analizi, manyetik rezonans görüntüsü ve Monte Carlo simülasyonu gibi diğer yöntemlerle de belirlenebilir (Regier ve ark., 2007).

3.2.6. Ekmek içi sertlik değerleri

3.2.6.1. Serbest ekmek

Farklı un ve protein seviyelerinin ekmek içi sertlik değeri üzerine etkileri Çizelge 3.26. da gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi farklı unların ekmek içi sertlik değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. U_1 ve U_3 unlarına ait sıkıştırılabilirlik değerleri 174.2 ve 180.3 g olarak bulunmuş, U_2 unundan üretilen ekmeğin sıkıştırılabilirlik değeri ise, ekmek pişirme esnasında yeterince kabarmadığından dolayı 259.4 g olarak bulunmuştur (Çizelge 3.27). Bu da üretilen ekmek içinin daha sert olduğunu göstermektedir. Farklı protein seviyeleri kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmek içi sıkıştırılabilirlik değerleri 191.1–223.2 g arasında değişmiş ve aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. En sert ekmek içi istatistiksel olarak da diğerlerinden farklı olan U_2 unu ile üretilirken, en yumuşak ekmek içi U_1 unundan üretilen ekmeklere aittir.

Çizelge 3.26. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest ekmek içi sertlik değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	40734.13	20367.06	6.01354	0.0100 **
Protein (P)	2	4991.30	2495.65	0.73686	0.4925
U*P	4	9245.24	2311.31	0.68243	0.6132
Hata	18	60963.65	3386.87		
Toplam	26	115934.33			

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

Çizelge 3.27. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek içi sertlik değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	174.160	19.399 b		1,1	184.43	33.6	
2	259.444	19.399 a		1,2	182.489	33.6	
3	180.276	19.399 b		1,3	155.56	33.6	
				2,1	226.023	33.6	
Protein				2,2	311.183	33.6	
1-%2G	199.563	19.399		2,3	241.127	33.6	
2- Standart	223.223	19.399		3,1	188.237	33.6	
3-%12N	191.093	19.399		3,2	175.997	33.6	
				3,3	176.593	33.6	

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P < 0.05), SH: Standart Hata

3.2.6.2. Ekmek makinesi

Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmek içi sertlik üzerine etkileri Çizelge 3.28. de gösterilmiştir.

Çizelge 3.28. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmek içi sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	15131.14	7565.57	1.30690	0.2791
Un (U)	2	110399.92	55199.96	9.53544	0.0003 ***
Protein (P)	2	10163.75	5081.88	0.87786	0.4215
M*U	4	28549.46	7137.37	1.23294	0.3079
M*P	4	11669.35	2917.34	0.50395	0.7329
U*P	4	17427.58	4356.89	0.75262	0.5607
M*U*P	8	34395.74	4299.47	0.74270	0.6536
Hata	54	312602.13	5788.93		
Toplam	80	540339.10			

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

Farklı makineler kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmek içi ortalama sıkıştırılabilirlik değerleri 129.3–138.1 g arasında değişmiş, fakat aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 3.29). En yumuşak ekmek içi

istatistiksel olarak da diğerlerinden farklı olan U_1 unu ile üretilirken (91.2 g), diğer iki undan elde edilen ekmeklerin sıkıştırılabilirlik değerleri 154.98-157.58 arasında değişmiş ve aralarında önemli fark görülmemiştir.

Çizelge 3.29. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin ekmek içi sertlik değerleri ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	138.149	6.326		A,1	128.890	10.956	
B	129.263	6.326		A,2	139.000	10.956	
C	136.376	6.326		A,3	146.558	10.956	
Un				Un*Protein			
1	91.223	6.326	b	B,1	128.061	10.956	
2	157.581	6.326	a	B,2	121.713	10.956	
3	154.984	6.326	a	B,3	138.016	10.956	
Protein				C,1			
1-%2G	133.367	6.326		C,2	117.608	10.956	
2- Standart	126.107	6.326		C,3	148.369	10.956	
3-%12N	144.314	6.326					
Makine*Un				Un*Protein			
A,1	95.184	10.956		1,1	91.594	10.956	
A,2	166.922	10.956		1,2	89.995	10.956	
A,3	152.341	10.956		1,3	92.081	10.956	
B,1	93.047	10.956		2,1	154.785	10.956	
B,2	143.710	10.956		2,2	151.258	10.956	
B,3	151.032	10.956		2,3	166.700	10.956	
C,1	85.439	10.956		3,1	153.722	10.956	
C,2	162.111	10.956		3,2	137.067	10.956	
C,3	161.577	10.956		3,3	174.161	10.956	

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

Hem serbest ekmeklerin ve hem de ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerin ekmek içi sertlik değerlerine farklı protein seviyelerinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Her iki yöntemde de en sert ekmek içi U_2 unu ile üretilirken en yumuşak ekmek içi U_1 unu kullanılarak elde edilmiştir. Farklı unların ekmek içi sertlik değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak serbest ekmeklerde P<0.01, ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerde ise P<0.001 seviyesinde önemli bulunmuştur. Serbest tip ekmeklerin sıkıştırılabilirlik

değerleri, beklenildiği gibi makine ekmeklerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu da ekmeklerin pişirme ortamlarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

3.2.7. Kabuk renk değerleri

Ekmeğin satın alınmasında dış renk değeri tercihi etkileyen bir kriterdir. Ekmeğin kabuk rengi unlu mamullerde pişmenin bir göstergesi olarak değerlendirilen bir parametredir (Zanoni ve ark., 1995).

3.2.7.1. Serbest ekmek

Farklı un ve protein seviyelerinin kabuk L renk değeri üzerine etkileri Çizelge 3.30. da verilmiştir. Ortalama L değerleri ve karşılaştırması ise Çizelge 3.31. de yapılmıştır. Kabuk L değerleri 33.6–48.4 arasında değişmiştir. En yüksek kabuk L değeri 48.4 ile U₂ unu ile üretilen ekmeklerde elde edilmiştir, bu değer diğer iki undan farklı bulunmuştur. Undaki protein seviyesinin kabuk L değerine etkisi istatistiksel olarak önemsizdir (P>0.05).

Çizelge 3.30. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek kabuk L renk değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	1218.975	609.487	9.3215	0.0017 **
Protein (P)	2	218.917	109.458	1.6740	0.2154
U*P	4	208.478	52.119	0.7971	0.5425
Hata	18	1176.929	65.384		
Toplam	26	2723.299			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Farklı un ve protein seviyelerinin kabuk hue değerleri üzerine etkileri ise önemsiz bulunmuş, kabuk renk parametreleri Çizelge 3.32. de verilmiştir. Her ne kadar U₂ unu kullanılarak üretilen ekmeklerin kabuk hue değerleri yüksek bulunsa da kullanılan unlar arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir (Çizelge 3.33). Benzer şekilde protein seviyesinin artması ile bu değerler yükselmiş, fakat aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3.31. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek kabuk L değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	33.561	2.695	b	1,1	36.503	4.669	
2	48.444	2.695	a	1,2	36.383	4.669	
3	34.918	2.695	b	1,3	27.797	4.669	
				2,1	55.913	4.669	
Protein				2,2	43.643	4.669	
1-%2G	42.933	2.695		2,3	45.777	4.669	
2- Standart	37.633	2.695		3,1	36.383	4.669	
3-%12N	36.357	2.695		3,2	32.873	4.669	
				3,3	35.497	4.669	

Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir
 ** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

Çizelge 3.32. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek kabuk hue değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	0.058541	0.0292704	2.63	0.0995
Protein (P)	2	0.012496	0.0062482	0.56	0.5801
U*P	4	0.061037	0.0152593	1.37	0.2832
Hata	18	0.200333	0.0111296		
Toplam	26	0.332407			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 3.33. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek kabuk hue değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	1.058	0.035		1,1	1.110	0.061	
2	1.171	0.035		1,2	1.123	0.061	
3	1.126	0.035		1,3	0.940	0.061	
				2,1	1.203	0.061	
Protein				2,2	1.143	0.061	
1-%2G	1.140	0.035		2,3	1.167	0.061	
2- Standart	1.126	0.035		3,1	1.107	0.061	
3-%12N	1.089	0.035		3,2	1.110	0.061	
				3,3	1.160	0.061	

Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

3.2.7.2. Ekmek makinesi

Farklı un, protein seviyesi, makine ve makine-un interaksiyonunun üretilen ekmeklerin kabuk L ve hue değerleri üzerine etkileri $P < 0.001$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.34 ve 3.35). Ekmek makineler ile üretilen ekmeklerin kabuk L değerleri 75.16 ile 80.93 arasında değişmiştir. İstatistiksel olarak en yüksek kabuk L değeri, diğer bir ifade ile en açık kabuk rengi B makinesi ile üretilen ekmeklerde tespit edilmiştir. A ve C makineleri ile elde edilen ekmeklerin kabuk L değerleri arasında fark görülmemiştir ($P > 0.05$). U_1 ve U_3 unları kullanılarak üretilen ekmeklerin daha koyu bulunan kabuk L değerleri birbirinden farksız iken ($P > 0.05$), U_2 unu ile üretilen ekmeklerin L değeri 75.16 ile daha düşüktür ($P < 0.05$).

Üretilen ekmeklerin kabuk hue değeri üzerine kullanılan farklı unların, protein seviyelerinin, makinelerin ve makine-un interaksiyonunun etkileri $P < 0.001$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 36). Çalışmada en yüksek kabuk hue değerleri (1.32–1.42) sırasıyla B, A, C makineleri kullanılarak ve yine sırasıyla U_2 , U_3 ve U_1 unları (1.33–1.40) ile elde edilmiş ve aralarında önemli fark bulunmuştur (Çizelge 37).

Çizelge 3.34. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin kabuk L değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	570.9675	285.4838	24.4804	0.0000 ***
Un (U)	2	201.3380	100.6690	8.6324	0.0006 ***
Protein (P)	2	502.7754	251.3877	21.5567	0.0000 ***
M*U	4	588.0374	147.0094	12.6061	0.0000 ***
M*P	4	50.2679	12.5670	1.0776	0.3767
U*P	4	106.9739	26.7435	2.2933	0.0712
M*U*P	8	142.1045	17.7631	1.5232	0.1710
Hata	54	629.7325	11.6617		
Toplam	80	2792.1972			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 3.35. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen serbest ekmekek kabuk L değerleri ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	75.441	0.657	b	A,1	78.188	1.138	
B	80.928	0.657	a	A,2	74.826	1.138	
C	75.161	0.657	b	A,3	73.310	1.138	
				B,1	85.363	1.138	
Un				B,2	77.683	1.138	
1	77.943	0.657	a	B,3	79.737	1.138	
2	74.980	0.657	b	C,1	78.509	1.138	
3	78.606	0.657	a	C,2	72.962	1.138	
				C,3	74.011	1.138	
Protein				Un*Protein			
1-%2G	80.687	0.657	a	1,1	80.494	1.138	
2- Standart	75.157	0.657	b	1,2	78.502	1.138	
3-%12N	75.686	0.657	b	1,3	83.063	1.138	
Makine*Un				2,1	78.036	1.138	
A,1	77.434	1.138		2,2	71.598	1.138	
A,2	68.660	1.138		2,3	75.838	1.138	
A,3	80.229	1.138		3,1	75.300	1.138	
B,1	82.976	1.138		3,2	74.840	1.138	
B,2	79.092	1.138		3,3	76.918	1.138	
B,3	80.716	1.138					
C,1	73.420	1.138					
C,2	77.188	1.138					
C,3	74.874	1.138					

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

Çizelge 3.36. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin kabuk hue değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P	
Makine (M)	2	0.13103	0.06551	28.3781	0.0000	***
Un (U)	2	0.06325	0.03162	13.6989	0.0000	***
Protein (P)	2	0.07005	0.03502	15.1716	0.0000	***
M*U	4	0.05798	0.01449	6.2791	0.0003	***
M*P	4	0.01981	0.00495	2.1449	0.0877	
U*P	4	0.01685	0.00421	1.8248	0.1374	
M*U*P	8	0.00724	9.05556	0.3922	0.9201	
Hata	54	0.12467	0.00231			
Toplam	80	0.49089				

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 3.37. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen serbest ekmek kabuk hue değerleri ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD
Makine				Makine*Protein			
A	1.378	0.009	b	A,1	1.398	0.016	
B	1.415	0.009	a	A,2	1.359	0.016	
C	1.317	0.009	c	A,3	1.379	0.016	
				B,1	1.482	0.016	
Un				B,2	1.394	0.016	
1	1.338	0.009	c	B,3	1.369	0.016	
2	1.406	0.009	a	C,1	1.355	0.016	
3	1.366	0.009	b	C,2	1.301	0.016	
				C,3	1.294	0.016	
Protein				Un*Protein			
1-%2G	1.411	0.009	a	1,1	1.377	0.016	
2-	1.351	0.009	b	1,2	1.331	0.016	
3-%12N	1.347	0.009	b	1,3	1.305	0.016	
				2,1	1.428	0.016	
Makine*Un				2,2	1.395	0.016	
A,1	1.319	0.016	c	2,3	1.394	0.016	
A,2	1.455	0.016	a	3,1	1.429	0.016	
A,3	1.360	0.016	c	3,2	1.328	0.016	
B,1	1.424	0.016	ab	3,3	1.342	0.016	
B,2	1.410	0.016	b				
B,3	1.411	0.016	ab				
C,1	1.269	0.016	d				
C,2	1.353	0.016	c				
C,3	1.328	0.016	c				

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

Her iki ekmek yapım yönteminde unların L değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Serbest tip ekmek ve ekmek makineleri ile üretilen ekmekler karşılaştırıldığında, özellikle kabuk üst renk değerleri arasında ciddi bir fark gözlenmiştir.

Ekmek makinesi tavalarna temas eden kabuk kısmın L değerleri serbest tip kabuk değerlerine yakın olmasına rağmen, tüketici tercihini belirlediğinden, renk açık olsa da ekmeklerin üst kısmının L değeri değerlendirmeye alınmıştır. Bu yüzden ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerin kabuk L değeri serbest tipte üretilen ekmeklerden daha yüksek, yani renk daha açık bulunmuştur. Bu durumun makinede pişme sıcaklığının daha düşük olmasından (yaklaşık 70 °C) kaynakladığı düşünülmektedir.

Ekmeğin kabuk renginin oluşması doğrudan pişirme sıcaklığı ile alakalıdır. Pişme esnasında kabukta renk oluşumu, kabuk sıcaklığının 150 °C nin üzerine çıkmasıyla başlar. Çalışmada renk oluşumu ile pişme kaybı arasında da bir ilişkinin olduğu gözlenmiştir.

Serbest tip ekmek üretiminde kullanılan kombinasyonların hue değeri üzerine etkisi önemli bulunmaz iken, makinelerde üretimde makine, un, protein ve makine-un interaksyonu önemli bulunmuştur. En yüksek hue değeri makinelerden B makinesi ile unlardan U₂ unu ile protein seviyelerinden glüten ilavesiyle elde edilmiştir. Serbest tipte değerler arasında fark görülmesi de elde edilen ortalama veriler makine kombinasyonları ile paralellik göstermektedir.

Ekmek makineleri ile üretim sırasında özellikle fırın sıcaklığı tam kontrol altında olduğundan, renk değerlendirmesinde daha küçük değişim aralıklarındaki fark görülebilmektedir. Ekmek makinelerinde ait kabuk L ve hue değerlerine ait SH değerlerinin serbest tip ekmek değerlerinden daha küçük olması bu değerlendirmemizi doğrulamaktadır (Çizelge 3.31, 3.32, 3.35 ve 3.37).

3.2.8. Gözenek renk değerleri

3.2.8.1. Serbest ekmek

Farklı un ve protein seviyeleri kullanılarak üretilen serbest tip ekmeklerin gözenek L renk değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.38. da verilmiştir. En yüksek L değeri 84.50–86.70 arasında değişmiş ve sırasıyla U₁, U₃ ve U₂ unları ile üretilen ekmeklere aittir. Kullanılan unların ve protein seviyelerinin gözenek L değerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). En yüksek gözenek L değeri (daha açık gözenek rengi) diğerlerinden farklı olan düşük protein seviyesi nişasta ile azaltılan ekmeklere aittir (Çizelge 3.39). Vital gluten krem renkli olduğundan ekmek için rengini biraz koyulaştırdığı, diğer taraftan nişasta ilavesinin ekmek içi rengini açtığı söylenebilir.

Çizelge 3.38. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek gözenek L renk değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	21.6835	10.8417	10.1351	0.0011 **
Protein (P)	2	16.3006	8.1503	7.6190	0.0040 **
U*P	4	7.7359	1.9339	1.8079	0.1713
Hata	18	19.2551	1.0697		
Toplam	26	64.9751			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 3.39. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek gözenek renk L değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	86.697	0.345	a	1,1	86.397	0.597	
2	84.502	0.345	c	1,2	86.990	0.597	
3	85.647	0.345	b	1,3	86.703	0.597	
				2,1	83.403	0.597	
Protein				2,2	84.147	0.597	
1-%2G	84.821	0.345	b	2,3	85.957	0.597	
2- Standart	85.354	0.345	b	3,1	84.663	0.597	
3-%12N	86.670	0.345	a	3,2	84.927	0.597	
				3,3	87.350	0.597	

Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir. ** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

Çizelge 3.40. da kullanılan farklı un ve protein seviyelerinin üretilen ekmeklerin gözenek hue değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Sadece kullanılan unların gözenek hue değerine etkileri $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek gözenek hue değeri sırasıyla U_2 , U_3 ve U_1 unları kullanılarak üretilen ekmeklerde hesaplanmıştır. U_2 ve U_3 unları kullanılarak üretilen ekmeklerin gözenek hue değerleri arasında fark görülmezken ($P > 0.05$), U_1 unu diğer iki undan farklıdır (Çizelge 3.41).

Çizelge 3.40. Farklı un ve protein seviyelerinin serbest tip ekmek gözenek hue renk değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Un (U)	2	27.76912	13.88456	9.6271	0.0014 **
Protein (P)	2	7.40741	3.70370	2.5680	1.0000
U*P	4	4.26504	1.06626	0.7393	0.5774
Hata	18	25.96027	1.44224		
Toplam	26	57.99442			

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

Çizelge 3.41. Farklı un kombinasyonlarının serbest tip ekmek gözenek renk hue değerlerine ait ortalamalar ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Un				Un*Protein			
1	-0.864	0.400	b	1,1	-0.523	0.693	
2	1.547	0.400	a	1,2	-0.517	0.693	
3	0.859	0.400	a	1,3	-1.553	0.693	
				2,1	1.557	0.693	
Protein				2,2	1.537	0.693	
1-%2G	0.514	0.400		2,3	1.547	0.693	
2- Standart	0.513	0.400		3,1	0.510	0.693	
3-%12N	0.513	0.400		3,2	0.520	0.693	
				3,3	1.547	0.693	

Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD ($P < 0.05$), SH: Standart Hata

3.2.8.2. Ekmek makinesi

Çalışmada kullanılan protein seviyeleri arasındaki fark ile makine-un ve makine-un- protein interaksiyonlarının gözenek L değeri üzerine etkileri $P < 0.05$ seviyesinde önemli, makineler arasındaki fark $P < 0.01$ ve unlar arasındaki fark ise $P < 0.001$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.42). Farklı unların kullanımı gözenek L değerini çok önemli düzeyde etkilemiş, en yüksek gözenek L değerleri sırasıyla U_1 , U_3 ve U_2 (82.61, 80.51 ve 77.82) unları kullanılarak üretilen ekmeklere aittir (Çizelge 3.43). Protein seviyesinin azalması ile gözenek L değerlerindeki değişim aralığı oldukça azdır. Öte yandan makinelerin gözenek L değerleri incelendiğinde en yüksek değer istatistiksel olarak da diğerlerinden farklı olan C makinesi ile elde edilmiştir.

Çizelge 3.42. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin gözenek L değeri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	30.5350	15.2675	6.2674	0.0036 **
Un (U)	2	311.0800	155.5400	63.8499	0.0000 ***
Protein (P)	2	16.7307	8.3653	3.4340	0.0395 *
M*U	4	33.5008	8.3752	3.4380	0.0142 *
M*P	4	5.6882	1.4220	0.5837	0.6757
U*P	4	11.1549	2.7887	1.1447	0.3455
M*U*P	8	44.6707	5.5835	2.2921	0.0342 *
Hata	54	131.5452	2.4360		
Toplam	80	584.9057			

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

Çizelge 3.43. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen ekmeklerin gözenek L değerleri ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD (**)
Makine				Makine*Protein			
A	79.643	0.300	b	A,1	79.877	0.520	
B	80.166	0.300	b	A,2	80.273	0.520	
C	81.126	0.300	a	A,3	78.779	0.520	
Un				B,1	80.814	0.520	
1	82.605	0.300	a	B,2	80.041	0.520	
2	77.817	0.300	c	B,3	79.641	0.520	
3	80.512	0.300	b	C,1	81.734	0.520	
Protein				C,2	80.932	0.520	
1-%2G	80.809	0.300	a	C,3	80.710	0.520	
2- Standart	80.416	0.300	ab	Un*Protein			
3-%12N	79.710	0.300	b	1,1	83.338	0.520	
Makine*Un				1,2	77.898	0.520	
A,1	82.942	0.520	a	1,3	81.190	0.520	
A,2	76.827	0.520	d	2,1	82.851	0.520	
A,3	79.160	0.520	c	2,2	77.599	0.520	
B,1	81.302	0.520	b	2,3	80.797	0.520	
B,2	78.032	0.520	cd	3,1	81.627	0.520	
B,3	81.162	0.520	b	3,2	77.956	0.520	
C,1	83.571	0.520	a	3,3	79.548	0.520	
C,2	78.593	0.520	c				
C,3	81.212	0.520	b				

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P <0.05), SH: Standart Hata

Gözenek hue değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.44. de verilmiştir. Ekmeklerin hue gözenek değeri üzerine kullanılan farklı unların ve un-protein interaksyonunun etkileri $P < 0.001$ seviyesinde önemli iken, makine-un-protein interaksyonunun etkisi $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Bunun yanında farklı protein seviyelerinin ve farklı makinelerin gözenek hue değerine etkileri önemsizdir ($P > 0.05$). Gözenek hue değerleri sırasıyla U_2 , U_3 ve U_1 unları kullanılarak üretilen ekmeklerde elde edilmiştir. En yüksek hue değeri U_2 ile üretilen ekmeklerin gözeneğine aittir (Çizelge 3.45).

Çizelge 3.44. Farklı un, protein seviyesi ve makinelerin gözenek hue değeri üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynakları	SS	KT	KO	F	P
Makine (M)	2	6.43425	3.21712	2.97182	0.0596
Un (U)	2	71.86401	35.93200	33.19214	0.0000 ***
Protein (P)	2	4.95592	2.47796	2.28901	0.1111
M*U	4	3.57804	0.89451	0.82630	0.5142
M*P	4	1.47461	0.36865	0.34054	0.8494
U*P	4	24.72094	6.18023	5.70898	0.0007 ***
M*U*P	8	20.86280	2.60785	2.40899	0.0266 *
Hata	54	58.45747	1.08254		
Toplam	80	192.34806			

*P< 0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Çizelge 3.45. Farklı un, protein seviyesi ve makineleri ile üretilen ekmeklerin gözenek hue değerleri ve karşılaştırılması

Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD	Seviye (*)	Ortalama	SH	LSD
Makine				Makine*Protein			
A	0.182	0.200		A,1	0.191	0.347	
B	-0.510	0.200		A,2	-0.173	0.347	
C	-0.164	0.200		A,3	0.528	0.347	
Un				B,1	-0.856	0.347	
1	-1.412	0.200	c	B,2	-0.510	0.347	
2	0.862	0.200	a	B,3	-0.165	0.347	
3	0.059	0.200	b	C,1	-0.162	0.347	
Protein				C,2	-0.504	0.347	
1-%2G	-0.276	0.200		C,3	0.174	0.347	
2-	-0.396	0.200		Un*Protein			
3-%12N	0.179	0.200		1,1	-1.518	0.347	c
Makine*Un				1,2	-1.180	0.347	c
A,1	-1.179	0.347		1,3	-1.539	0.347	c
A,2	1.553	0.347		2,1	0.516	0.347	ab
A,3	0.172	0.347		2,2	1.209	0.347	a
B,1	-1.529	0.347		2,3	0.860	0.347	ab
B,2	0.171	0.347		3,1	0.176	0.347	b
B,3	-0.172	0.347		3,2	-1.216	0.347	c
C,1	-1.530	0.347		3,3	1.216	0.347	a
C,2	0.861	0.347					
C,3	0.177	0.347					

* Her bir seviye kendi içerisinde değerlendirilmiştir

** LSD (P < 0.05), SH: Standart Hata

Hem serbest ekmeklerde ve hem de ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerde en yüksek gözenek L değeri sırasıyla U_1 , U_3 ve U_2 unları kullanılarak elde edilmiştir. Her iki yöntemde de kullanılan unların gözenek L değerine etkileri istatistiksel olarak $P<0.01$ seviyesinde farklı bulunmuştur. Farklı protein seviyelerinin gözenek L değerine etkileri serbest ekmekte $P<0.01$ seviyesinde ekmek makinesinde ise $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca makine-un ve makine-un-protein interaksiyonlarının gözenek L değeri üzerine etkileri $P<0.05$, makineler arasındaki fark ise $P<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur

Hem serbest ekmekte ve hem de ekmek makinesi kullanılarak üretilen ekmeklerde en yüksek gözenek hue değerleri sırasıyla U_2 , U_3 ve U_1 unları kullanılarak elde edilmiştir. Serbest yöntemde U_2 ve U_3 unları kullanılarak üretilen ekmeklerin gözenek hue değerleri arasında fark görülmezken ($P>0.05$), U_1 unundan yapılan ekmeklerde diğerlerinden farklıdır. Her iki yöntemde de farklı protein seviyelerinin gözenek hue değerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Ayrıca ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerin gözenek hue değeri üzerine un-protein interaksiyonunun ($P<0.001$) ve makine-un-protein interaksiyonunun ($P<0.05$) etkileri söz konusudur. Bunun yanında farklı makinelerin gözenek hue değerine etkileri önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Hue değeri rengin yoğunluğu hakkında bilgi verir, düşük hue değeri rengin daha koyu olduğunu ifade eder.

4. SONUÇ

Farklı unlar, fermentasyon süreleri ve protein seviyeleri kullanılarak hazırlanan hamurların hamur yayılma testinde yayılma oranı, şekil faktörü, oran sayısı ve özgül hacim değerleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

Hamur yayılma testinde kullanılan un kombinasyonları ve fermentasyon süreleri ile yayılma oranı, şekil faktörü, oran sayısı ve özgül hacim değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fermentasyon süresinin artması ve protein seviyesinin azalmasıyla hamurların yayılma oranı artmıştır. Bu durum hamurun viskoelastik özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmıştır.

Her iki yöntemle üretilen ekmeklerin özgül hacimleri kullanılan una bağlı olarak önemli seviyede değişmiştir. Serbest ekmeklerde U_1 ve U_3 unları ile üretilen ekmeklerin özgül hacimleri istatistiksel olarak birbirinden farksız iken, U_2 den farklı bulunmuştur. Aynı durum ekmek makineleri içinde geçerlidir. Ekmek makinelerinde üretilen ekmeklerin yükseklik değerleri ile hacim değerlerinin arasında ilişkinin olması yükseklik değerlerinin önemli bir değerlendirme kriteri olabileceğini, ancak ölçümün hassas bir şekilde yapılması gerektiğini göstermiştir. Ekmek makinelerinde üretilen ekmekler ile serbest tipte üretilen ekmeklerin özgül hacim sonuçları paralellik göstermiştir. Protein miktarının değişmesiyle serbest tipte üretilen ekmeklerin özgül hacimlerinde önemli bir farklılık gözlenemez iken, makinelerde %12 nişasta ve %2 glüten ilavesiyle üretilen ekmeklerin arasında farkın gözlenmesi ekmek makinesinde üretimin daha kontrollü yapılmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca makine ve un interaksyonunun da önemli olması ekmek makinelerinin de performansının aynı olmadığını ve bu farkın oluşmasında makinelerin programlarının ve performanslarının farklı olduğu düşünülmektedir.

Serbest tip ekmeklerde pişme kaybı %21.78-23.62, ekmek makinelerinde ise %15.39-17.93 arasında değişmesi ekmek makinesinde pişme daha kontrollü yapıldığından kaybın %5-7 daha az olduğunu göstermektedir.

Her iki yöntemde de en yüksek şekil faktörü ve en düşük oran sayısı değeri U_1 unu kullanılarak üretilen ekmeklerde elde edilmiştir. Burada kullanılan unun özellikleri etkili olmuştur. Serbest yöntemle ekmek üretiminde protein seviyelerinin oran sayısına etkileri arasında önemli derecede fark gözlenebilirken ($P < 0.01$), ekmek makinesi kullanıldığında ekmeklerin gözenek yapısı genelde yakın olduğundan istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Kullanılan üç farklı unun şekil faktörü üzerine etkileri serbest yöntemde gözlenemezken, ekmek makinesinde fark önemli bulunmuştur. Serbest tipte ekmek ile ekmek makinesi ekmeklerinin gözenek yapıları arasında fark ortaya çıkmıştır. Burada iki yöntem arasındaki temel farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Hem serbest tip ekmeklerin ve hem de ekmek makinesi kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmek içi sertlik değerlerine farklı protein seviyelerinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). Her iki yöntemde de en sert ekmek içi U_2 unu ve en yumuşak ekmek içi U_1 unu kullanılarak üretilen ekmeklerde elde edilmiştir. Özellikle U_2 unundan elde edilen ekmeklerin aşırı sert olması, hamurun aşırı derecede elastiki olmasından dolayı kabarmanın yeteri kadar olmaması ve istenen gözenek yapısının oluşmaması etkili olmuştur.

Hem serbest yöntemle ve hem de ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerde en yüksek kabuk L ve hue değerleri U_2 unu kullanılarak üretilen ekmeklerde elde edilmiştir. Öte yandan serbest ekmek üretiminde unun protein seviyelerinin kabuk L ve hue değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, ekmek makinesi kullanılarak üretilen ekmeklerde pişirme daha kontrollü yapıldığından bu değerler arasında fark bulunmaktadır. Hem serbest ekmeklerde ve hem de ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerde en yüksek gözenek L değeri sırasıyla U_1 , U_3 ve U_2 unları ile elde edilmiştir. Her iki yöntemde de protein seviyesinin azalması ile formülasyondaki nişasta oranı arttığından gözenek L değeri artmıştır. Farklı unlar kullanılarak üretilen serbest tip ekmeklerin ve ekmek makinesi ile üretilen ekmeklerin en yüksek gözenek hue değerleri sırasıyla U_2 , U_3 ve U_1 unları ile elde edilmiştir.

Sonuçta her iki yöntemle de üretilen ekmekler karşılaştırıldığında; özgül hacim, ekmek yüksekliği, ekmek içi sertlik değeri ve kabuk ve gözenek renk değerleri açısından un kombinasyonları arasındaki fark bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, hammadde olarak kullanılacak farklı un kombinasyonlarının, ekmeklik kalitesinin kısa sürede belirlenmesi için ekmek makinelerinin kullanılabilirliği ve sonuçların tekrar edilebilirliği çok ümit vericidir. Aynı zamanda un ve ekmek sanayisi ile doğrudan bağlantılı olan katkı maddeleri üreten firmaların da uygun katkı karışımını belirlemek amacıyla ekmek makinelerini kullanabilecekleri düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1995. *American Association of Cereal Chemists*. Approved Methods of the AACC. The Association: St. Paul, MN.
- Cohort, 2004. CoStat User's Guide. *CoHort Software*, Monterey, CA.
- Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y. 1993. Gas Formation and Gas Retention: I. The System and Methodology. *Cereal Foods World* 38:499-503.
- Dağlıoğlu, O. 1998. Ekmeğin Önemi ve Beslenmemizdeki Yeri. *Unlu Mamuller Teknolojisi*, 7(2):38-44.
- Dogan, I.S., Ponte, J.G., Walker, C.E., 1996. Effect of Formula and Process Variations on Turkish Francala Bread Production. *Cereal Foods World* 41(9):741-744.
- Doğan, İ.S., 1997. Van İlinde Serbest Tipte Ekmek Üreten Fabrikaların Genel Durumu ve Sorunları. *Unlu Mamuller Teknolojisi*, 6(5-6):22-31.
- Doğan, İ.S., 2002. Bisküvi Üretiminde Kalite Kriteri Olarak Renk Ölçümüne Yeni Bir Yaklaşım. *Türkiye 7. Gıda Kongresi*. 22-24 Mayıs 2002. Ankara. 462s.
- Elgün, A., Ertugay, Z., 2000. *Tahıl İşleme Teknolojisi*. A.Ü. Ziraat Fak., Yayın No: 297, Erzurum. 376s.
- Faa, P., Faubion, J.M., Ponte, J.G. Jr., 1994. Automatic Bread Machines: Formula Optimization and Use in Flour Quality Analysis. *AACC 79th Annual Meeting*. October 23-27. Nashville, TN, ABD.
- Færgestad, E.M., Magnus, E.M., Sahlström, S., Næs, T., 1999. Influence of Flour Quality and Baking Process on Hearth Bread Characteristics Using Gentle Mixing. *Journal of Cereal Science* 30 pp. 6, 1-70.
- Göçmen, D., 2001. Ekmekçilikte Teknolojik Uygulamalar ve Ekmekte Mikrobiyolojik Bozulmalar. *Dünya Gıda*, 4(3): 82-85.
- Hansen, B., Hansen, A., 1992. Test Baking of Bread by Household Baking Machine. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 26(2):585-587.

- Hoseney, R.C., Hsu, K.H., and Junge, R.C. 1979. A simple spread test to measure the rheological properties of fermenting dough. *Cereal Chemistry* 56: 141-143.
- MCID, 2007. *MCID 7.0 Digital Imaging Software*. Interfocus Imaging Ltd., Cambridge, İngiltere.
- Regier, M., Hardy, E.H., Knoerzer, K., Leeb, C.V., Schuchmann, H.P., 2007. Determination of Structural and Transport Properties of Cereal Products by Optical Scanning, Magnetic Resonance Imaging and Monte Carlo Simulations. *Journal of Food Engineering* 81 (2), 485–491.
- Statpoint, 2006. The user's guide to Statgraphics Centurion. Herndon, Virginia, ABD.
- Stauffer, C.E., 1983. Dough Conditioners. *Cereal Foods World* 28:729-730.
- Ünal, S., 1981. Bazı Faktörlerin Hamur ve Ekmek Yapımına Etkileri. *Ege Üni. Müh. Fak. Dergisi*. Atatürk Özel Sayısı, Sayı: 2.
- Ünal, S., Boyacıoğlu, M.H. 1984. Un Bileşenlerinin Ekmek Yapımındaki Etkileri. *Ege Üni. Müh. Fak. Dergisi*. Cilt: 2 Sayı: 2.
- Zanoni, B., Peri, C., Bruno, D., 1995. Modelling of Browning Kinetics of Bread Crust During Baking. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28 (6), 604–609.

ÖZ GEÇMİŞ

1981 yılında Batman' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Batman' da tamamladı. Yüksek öğrenimini 2003 yılında Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde bitirdi. Mezun olduktan sonra beş ay kadar özel sektörde Sorumlu Yönetici olarak çalıştı. 2004-2007 yılları arasında Hakkari İl Tarım Müdürlüğü Kontrol Şubesi Teknik Hizmetler sınıfında 3 yıl görev yaptı. Aralık 2007 den itibaren Batman İli Kozluk İlçesinde İlçe Tarım Müdürlüğünde göreve başladı. Aynı ilçede Ocak 2008'den itibaren İlçe Tarım Müdürlüğü görevini yürütmektedir.