

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞÜK PROTEİNLİ SÜT-BAZLI FERMENTE BİR ÜRÜN
GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem Betül CANIKLI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞÜK PROTEİNLİ SÜT-BAZLI FERMENTE BİR ÜRÜN
GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sinem Betül CANIKLI
(506141532)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506141532 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Sinem Betül CANİKLİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DÜŞÜK PROTEİNLİ SÜT-BAZLI FERMENTE BİR ÜRÜN GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Hatice Funda KARBANCIOĞLU GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Celale KIRKIN
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **14 Haziran 2019**





FKÜ Hastalarına,



ÖNSÖZ

Tez çalışmam esnasında bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Meral KILÇ AKYILMAZ’a, FKÜ hastalığının varlığı konusunda bizi bilgilendiren hocam Doç. Dr. Münir ANIL’a, madden ve manen destek olan aileme, ablalarım, laboratuvarımda çalışmalarım esnasında yardımcı olan arkadaşlarım Ezgi KOÇER ve Atefeh KARİMİ’ye ve bu süreçte destekleriyle yanımda olan doktorum Dr. Muhammet AKBOLAT’a canı gönülden teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2019

Sinem Betül CANIKLI
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.1.1 Fenilketonüri	2
1.1.2 Fenilketonüri diyeti	5
1.2 Yoğurt Bileşenleri ve Üretimi	8
1.2.1 Yoğurt üretiminde kullanılan bakteriler.....	8
1.2.2 Yoğurt üretimi sırasında meydana gelen temel değişiklikler.....	9
1.2.3 Yoğurt üretiminde kullanılan stabilizatörler	10
1.2.3.1 Yayıltı suyu tozu	11
1.2.3.2 Patates nişastası	13
1.2.3.4 Hidrokolloidler	17
2. MATERYAL METOD	21
2.1 Materyal	21
2.2 Yoğurt Üretimi	21
2.3 pH.....	22
2.4 Titrasyon Asitliği	22
2.5 Su Tutma Kapasitesi	23
2.6 Serum Ayrılması	23
2.7 Tekstürel Analizler.....	23
2.8 Reolojik Analizler	23
2.9 Duyusal Analizler.....	24
2.10 İstatistik Analizleri	24
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
3.1 Reolojik Analizler	27
3.2 Asitlik ve pH	33
3.3 Su Tutma Kapasitesi ve Serum Ayrılması	34
3.4 Tekstürel Analizler.....	34
3.4 Optimum Formülün belirlenmesi ve Doğrulanması.....	35
3.5 Duyusal Analizler.....	36
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	41
EKLER.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	63



KISALTMALAR

BH4	: Tetra Hidro Biopterin
FA	: Fenilalanin
FAH	: Fenilalanin Hidroksilaz
FKÜ	: Fenilketonüri
HPA	: Hiperfenilalaninemi
LA	: Laktik Asit
TYM	: Tepki Yüzey Metodu



SEMBOLLER

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı, 1/s

G' : Elastik modül, Pa

G'' : Viskoz modül, Pa

K : Kıvam katsayısı, Pa.sⁿ

n : Akış davranış indeksi, -

τ : Kayma gerilimi, Pa

τ_0 : Akma gerilimi, Pa



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: FKU hastalığının Dünya’da bazı ülkelerde görülme sıklığı.....	4
Çizelge 1.2: FKÜ hastalarının günlük alabilecekleri FA, protein ve enerji değerleri .	5
Çizelge 1.3: GMP kullanılarak üretilmiş bazı ürünlerin besin bileşenleri.....	6
Çizelge 1.4: Yoğurt üretiminde kullanılan katkı maddeleri.	10
Çizelge 1.5: Yoğurt üretiminde kullanılan süt kaynaklı tozların bileşimleri.....	11
Çizelge 1.6: MFGM'nin ortalama lipit kompozisyonu.....	12
Çizelge 1.7: Farklı bitkisel kaynaklardan elde edilmiş nişastaların fizyokimyasal özellikleri.	14
Çizelge 1.8: Farklı nişasta türlerinin çirşlenme özellikleri.....	16
Çizelge 1.9: Ksantan gamı özellikleri.....	19
Çizelge 1.10: Keçiboynuzu gamı özellikleri.....	20
Çizelge 2.1: Ön-merkezli kompozit tasarım deneme deseni.	25
Çizelge 3.1: Optimum formül için aralıklar	35
Çizelge 3.2: Program tarafından önerilen formülasyonlar	35
Çizelge 3.3: Doğrulama analizleri	36
Çizelge A.1: Akma gerilimi ANOVA tablosu.....	48
Çizelge A.2: Kıvam katsayısı ANOVA tablosu	48
Çizelge A.3: Akış indeksi ANOVA tablosu	48
Çizelge A.4: Elastik modül ANOVA tablosu.....	49
Çizelge A.5: Tikotropi ANOVA tablosu	49
Çizelge A.6: Geçme noktası ANOVA tablosu	49
Çizelge A.7: Asitlik ANOVA tablosu	50
Çizelge A.8: Su tutma kapasitesi ANOVA tablosu	50
Çizelge A.9: Yapışkanlık ANOVA tablosu.....	50
Çizelge A.10: Sertlik ANOVA tablosu	51
Çizelge A.11: Görünür viskozite ANOVA tablosu	51
Çizelge A.12: pH ANOVA tablosu	51
Çizelge A.13: Yapılan üretimlerden elde edilen sonuçlar	52
Çizelge C.1: Yapı özellikleri sonuçları	61
Çizelge C.2: Tat özellikleri sonuçları.....	61
Çizelge C.3: Kabul edilebilirlik sonuçları	61



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Fenilalanin metabolik dönüşümü	2
Şekil 1.2: Bazı nişastalarının hızlı viskozite analiz eğrileri.....	16
Şekil 2.1: Üretim akış şeması.	22
Şekil 3.1: Örneklerin akma geriliminin tahminlenen modele göre değişimi.....	28
Şekil 3.2: Örneklerin K değerinin tahminlenen modele göre değişimi	29
Şekil 3.3: Örneklerin G' değerinin tahminlenen modele göre değişimi	30
Şekil 3.4: Örneklerin tiksotropi değerinin tahminlenen modele göre değişimi.....	31
Şekil 3.5.a: Örneklerin görünür viskozite değerinin tahminlenen modele göre değişimi (nişasta ve ksantan gamı için)	32
Şekil 3.5.b: Örneklerin görünür viskozite değerinin tahminlenen modele göre değişimi (nişasta ve keçiyoynuzu gamı için).....	33
Şekil 3.6: Örneklerin asitlik değerinin tahminlenen modele göre değişimi	33
Şekil 3.7: Su tutma kapasitesi değerinin tahminlenen modele göre değişimi	34
Şekil 3.8: Optimizasyonda elde edilen üç formülün duyusal yapı özellikleri	36
Şekil 3.9: Optimizasyonda elde edilen üç formülün duyusal tat özellikleri.....	37
Şekil B.1: Akma gerilimi normal dağılım grafiği.....	53
Şekil B.2: Kıvam katsayısı normal dağılım grafiği	53
Şekil B.3: Akış indeksi normal dağılım grafiği	53
Şekil B.4: Elastik modül normal dağılım grafiği.....	54
Şekil B.5: Tiksotropi normal dağılım grafiği	54
Şekil B.6: Geçme noktası normal dağılım grafiği.	54
Şekil B.7: Asitlik normal dağılım grafiği	55
Şekil B.8: Su tutma kapasitesi normal dağılım grafiği	55
Şekil B.9: Sertlik normal dağılım grafiği.	55
Şekil B.10: Yapışkanlık normal dağılım grafiği.....	56
Şekil B.11: Görünür viskozite normal dağılım grafiği	56



DÜŞÜK PROTEİNLİ SÜT-BAZLI FERMENTE BİR ÜRÜN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Fermente süt ürünleri, laktik asit üreten kültürler tarafından fermente edilen ürünlerdir. Yoğurt gibi fermente süt ürünleri protein, kalsiyum, süt yağı, potasyum, magnezyum, B2, B6 ve B12 vitaminlerince zengindir. Laktik asit bakterileri ile fermente edilen ürünlerin sağlığa olumlu etkileri bilinmektedir. Bu çalışmada, başta fenilketonüri hastaları olmak üzere, diğer benzer metabolik rahatsızlıklar ve protein alerjisine sahip tüketicilere yönelik olarak süt-bazlı fermente bir ürün geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Fenilketonüri, fenilalanin hidroksilaz enzimini [EC 1.14.16.1] kodlayan gende meydana gelen mutasyonlardan kaynaklanan, otosomal resesif kalıtsal metabolik bir rahatsızlıktır. Bu enzim, fenilalaninin karaciğerde tirozine dönüşümünü gerçekleştirir. Enzim düzeyindeki azalma ve/veya enzim aktivitesindeki düşüş, kan ve doku fenilalanin konsantrasyonlarında kalıcı artışa neden olur ve bu artış özellikle beyin için toksik etkidir. Geç teşhis ve/veya uygun olmayan diyetle beslenen hastalarda zihinsel bozukluk, gelişimsel yavaşlama, ilerleyici düşünsel bozukluk, nöbetler, dikkat eksikliği/hiperaktivite, otonomide azalma, saldırganlık, endişe ve sosyal izolasyon gibi davranış problemleri görülebilir. Fenilketonüri hastalarına yönelik ürün geliştirirken fenilalanin miktarı dikkate alınmalı, ürün duyuşsal özellikleri açısından kabul edilebilir olmalı ve depolama süresinde dayanıklılığı sağlanmalıdır.

Geliştirilen üründe yoğurtta bulunan laktik asit miktarı ve fenilketonüri hastalarının tüketebileceği fenilalanin içeriği esas alınarak süt bazı olarak uygun oranda yağsız süttozu ve yayıkaltı suyu tozu kullanılmıştır. Üründe uygun yapının ve yapısal dayanıklılığının sağlanması için patates nişastası, ksantan gam ve keçiyoynuzu gamı kullanılmıştır. Öncelikle ürünün üretim yöntemi ön denemelerle belirlenmiştir. Üretimde ilk aşamada süt bazının laktik asit bakterileri ile fermentasyonu gerçekleştirilmiş, ikinci aşamada fermente süt bazı sıcak suda çözündürülen nişasta ve gam karışımı ile karıştırılmış ve son aşamada ürün 4°C'ye soğutulmuştur. Ürün için optimum formülün bulunması için patates nişastası, ksantan gam ve keçiyoynuzu gamı oranları faktör olacak şekilde tepki yüzey yöntemi uygulanarak üç seviyeli, merkezi kompozit deneme desenine göre üretimler yapılmıştır. Üretimden bir gün sonra örneklerin pH, titrasyon asitliği, serum ayrılması, su tutma kapasitesi, reolojik ve tekstürel özellikleri ölçülmüştür.

Örneklerin pH değerinin 1 gün depolama sonrasında formüle göre değişmediği saptanmıştır. Titrasyon asitliği patates nişastası arttıkça artmış, keçiyoynuzu gamı arttıkça azalmıştır. Örneklerde kendiliğinden serum ayrılması saptanmamıştır. Ürünün su tutma kapasitesinde nişasta ve keçiyoynuzu gamı ilavesi ile artış gözlenmiştir. Görünür viskozite değeri üzerinde her üç bileşenin etkisinin pozitif olduğu saptanmıştır. Nişasta ve keçiyoynuzu gamı artışı örneklerin kıvam katsayısını arttırmıştır. Örneklerin akma gerilimi nişasta ve ksantan gamı ilavesinden pozitif yönde etkilenmiştir. Elastik modül (G') değeri de görünür viskozite değeri gibi her üç bileşenden pozitif yönde etkilenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre optimum formülün bulunması için akma gerilimi, kıvam katsayısı ve su tutma kapasitesi hedef değerleri kullanılmıştır. Optimum hedef değerleri sağlayacak üç formül belirlenmiştir. Optimizasyondan elde edilen üç formül ile üretilen ürünlerin yapısal özellikleri ölçülerek tahminlenen değerlerin doğrulaması yapılmıştır. Ayrıca bu üç ürün duyuşal analize tabi tutularak yapı, tat ve tüketici kabul edilebilirliği belirlenmiştir. Üç ürünün de parçacık büyüklüğü hariç benzer özelliklere sahip olduğu ve kabul edilebilir oldukları tespit edilmiştir.



DEVELOPMENT OF MILK-BASED FERMENTED PRODUCT WITH LOW PROTEIN CONTENT

SUMMARY

Fermented milk products are produced by fermentation of milk with lactic acid bacteria. Fermented milk products such as yoghurt contain lots of health-beneficial components such as calcium, potassium, magnesium, protein, milk fat, vitamin B₂, B₆ and B₁₂. Besides these, it is also considered as a carrier of probiotic bacteria to human body. In this study, it is aimed to produce a milk-based fermented milk product for consumers with phenylketonuria, metabolic diseases and protein allergy.

An impaired activity of phenylalanine hydroxylase (PAH; EC 1.14.16.1) leads to phenylketonuria (PKU). PAH is an enzyme that is in charge of conversion of phenylalanine (PA) to tyrosine. While doing that it needs BH₄ and dioxygen presence. This enzyme activity disorder is caused by the mutation in the gene that is responsible for the secretion of the enzyme. The conversion of PA is important because it is helpful for the formation of neurotransmitters such as serotonin and dopamin, which may affect the happiness of humankind and prevention the accumulation of metabolites such as phenylpyruvic acid.

When the blood level of PA is high, it leads to other amino acids to become limited from the rate point of view because it competes with the other large amino acids which are part of transportation system to traverse the blood-brain barrier. Untreated PKU negatively affects the normal brain development and causes some symptoms such as epilepsy. More severe neurological disorders, mental retardation, slow growth, seizures, attention deficit/hyperactivity, aggression, anxiety and social isolation could result in patients that are late-diagnosed or fed with unsuitable diet. These risks of the disorder are prevented by neonatal screening programs and early treatment. The prevalence of the illness all around the world can be vary by the genetical factors. For example this ratio is 1:4500 in Ireland while the ratio is 1:2600 in Turkey. The high possibility of the occurrence of PKU in Turkey is due to the consanguineous marriages.

PKU patients need to consume PA-restricted diet throughout their life. When a food product is developed for PKU patients, the amount of phenylalanine should be considered. In addition, the product should have acceptable sensory properties and it should be stable during storage time.

In this study, a milk-based fermented milk product was developed for consumers with PKU. Required amounts of nonfat milk powder and buttermilk powder were determined by considering the amount of lactic acid and the amount of phenylalanine that could be consumed by the patients. For obtaining a suitable structure and stability, potato starch, xanthan gum and locust bean gum were used. Production method was determined by preliminary experiments. In the first stage of production, milk base was fermented by using lactic acid bacteria and in the second stage, resulting fermented base was mixed with starch and gum mixture. At the last stage, product was cooled to 4°C. For determining optimum formula, a face-centered central composite design with

three levels and blocks was used in response surface method by taking the proportion of potato starch, xanthan gum and locust bean gum as factors. The samples were prepared according to the experimental design with seventeen runs with production time as the blocks. pH, titratable acidity, serum separation, water holding capacity, rheological and textural properties of the samples were measured after one day of storage at 4°C.

Rheological properties of the samples were determined by fitting flow curve data to the Herschel-Bulkley model. Yield stress, consistency coefficient and flow behavior index were calculated from the model by nonlinear regression. Thixotropy of the samples was determined by calculating the area between up and down flow curve. In addition, elastic (G') and viscous (G'') modulus of the samples were measured by a oscillatory stress sweep. Stress at which the G'' becomes higher than G' was determined as crossover stress.

All three components, potato starch, xanthan gum and locust bean gum, were found to be influential on the physicochemical and structural properties of the fermented product except pH and spontaneous serum separation.

Apparent viscosity of the product was positively affected by all components of the formula. Consistency coefficient of the samples was increased by levels of starch and locust bean gum.

Yield stress was positively affected by starch and xanthan gum. Values of G' increased by the increase in all components of the formula similar to apparent viscosity.

pH values of the samples measured after one day of storage were not changed according to the formula. Titratable acidity was increased by the increase in level of starch and decrease in level of locust bean gum.

Spontaneous serum separation was measured in samples stored in graduated tubes at 4°C. Water holding capacity was determined by centrifuging a certain volume of the samples. There was no spontaneous serum separation in all samples. Water holding capacity of the product was enhanced by increase in the levels of starch and locust bean gum.

At the second stage of statistical analysis, optimization of the formula that would yield the best structural properties for fermented product was performed. Optimum formula was sought based on the obtained results and taking yield stress, consistency coefficient and water holding capacity as the targeted properties. Target values of consistency coefficient and yield stress were determined according to the values measured in stirred yoghurt. Target water holding capacity was chosen to be maximized in the optimization. Three formula were chosen among twenty formulas that were estimated to have targeted values for selected properties provided by the statistical program.

For validation of the results of the optimization, samples were produced according to the three optimum formulas. Targeted properties including yield stress, consistency coefficient and water holding capacity of them were measured for validation of the estimations. Measured values of the samples were found to be close to the estimated values by the program confirming the optimum formulas.

Sensory properties of the three optimum formulas were determined according to the descriptive sensory analysis method. Texture (color, particulated structure, particle size, consistency, spoonability, adhesiveness and sliminess) and flavor (sourness, milk

fat flavor, foreign flavor, leftover flavor) properties were judged by panelists on a five-point scale. Samples were found to be similar in terms of textural and taste attributes. Only particle size was found to be different among the samples. All the samples were found to be acceptable by the panelists in terms of sensory properties.





1. GİRİŞ

Fermente gıdalar geleneksel ürünlerden olup insan diyetinin önemli bir parçasını oluşturmaktadırlar. Yoğurt ise farklı formları ve ismiyle en çok bilinen fermente gıdalardandır. Yoğurt, laktik asit bakterileri ile fermente edilen bir süt ürünüdür (Routray ve Mishra, 2011). Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünleri Orta Asya ve Hindistan çevresinde yıllardır tüketilse de kaynağı tam olarak bilinmemektedir (Furuquay ve diğ., 2011). Ortaçağ Türkleri tarafından yoğurdun tüketildiği, 11. yy 'da yazılan Kaşgarlı Mahmut'un Divan-ı Lügati't-Türk ve Yusuf Has Hacib'in Kutatgu Bilig eserlerinin farklı kısımlarında geçmektedir. Bu iki eser yoğurt hakkında bilgilerin olduğu ilk eserlerdir (Yildiz, 2010a).

Yoğurtta kuru madde oranı artırıldıysa protein miktarı süttekinden daha fazladır ve laktoz miktarı ise laktik asit fermentasyonu dolayısı ile daha azdır (Köse ve Ocak, 2014). Ayrıca kalsiyum, süt yağı, potasyum, magnezyum, B2, B6 ve B12 vitaminlerince zengindir. Yüksek biyolojik değerde proteinler sağlarken insan sağlığı için gerekli olan esansiyel aminoasitlerin neredeyse çoğunu karşılamaktadır. Probiyotik yoğurt ise probiotik bakterileri vücuda ulaştıran en iyi taşıyıcıdır ve vücuda ek fayda sağlamaktadır (Shah, 2017a). Homojenize tam yağlı bir yoğurdun protein, laktoz, kül, su ve fenilalanin içeriği sırası ile 4,53 g/100g, , 4,24 g/100g, 1,04 g/100g, 86,39 g/100g ve 186 mg/100g'dır (Turkomp, 2017).

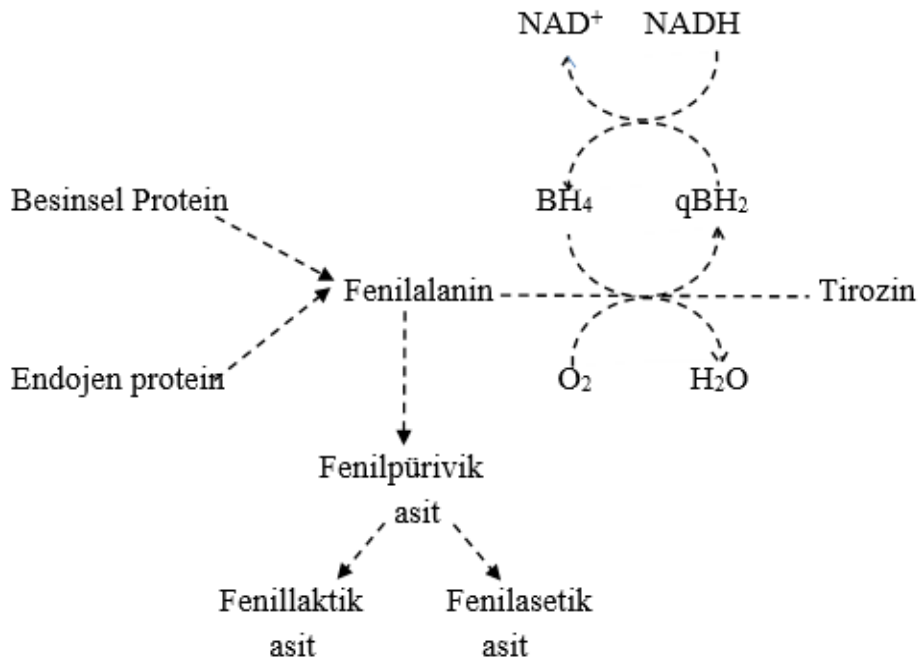
Yoğurt gibi besin değeri yüksek fermente ürünlerden yüksek oranda protein tüketemeyen tüketiciler faydalanamamaktadırlar. Fenilketonüri rahatsızlığı gibi amino asit metabolizmasında bozukluk olan bireyler ve protein alerjisine sahip tüketiciler bu tip ürünleri tüketememektedirler. Bu nedenle bu bireylere yönelik alternatif gıda ürünleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada, fenilketonüri ve benzer rahatsızlıklara sahip tüketicilere yönelik yogurt benzeri fermente bir süt ürünü geliştirilmesi araştırılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tezin amacı; fenilketonüri hastalarının tüketimine uygun düşük proteinli süt-bazlı yoğurt-benzeri fermente bir ürün üretilmesidir. Pıhtısı kırılmış yoğurdun asitlik, tekstürel, reolojik ve duyuşsal özelliklerine benzer özellikler sağlayan bir formülasyonun belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1.1 Fenilketonüri

Fenilketonüri (FKÜ), fenilalanin hidroksilaz (FAH) enzimini [EC 1.14.16.1] kodlayan gende meydana gelen mutasyonlardan kaynaklanan, otosomal resesif kalıtsal metabolik bir rahatsızlıktır (Blau ve diğ., 2010; Pimentel ve diğ., 2014). FAH, fenilalaninin (FA) karaciğerde tirozine dönüşümünü gerçekleştirir ve bunu yaparken Tetra Hidro Biopterin kofaktörü (BH_4), oksijen ve demire ihtiyaç duyar. Ayrıca hastalığın %1-2'sinin kaynağı, BH_4 biyosentezini veya rejenerasyonunu kodlayan gendeki mutasyonlar da olabilir (Blau ve diğ., 2010). Şekil 1.1'de FA'nın vücutta tirozine dönüşümü gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Fenilalanin metabolik dönüşümü (Strisciuglio ve Concolino, 2014).

FAH enzimini üreten gende meydana gelen mutasyon enzim aktivitesinde değişime neden olur (Soltanizadeh ve Mirmoghtadaie, 2014). FAH düzeyindeki azalma ve/veya enzim aktivitesindeki düşüş, kan ve doku FA konsantrasyonlarında kalıcı artışa neden olur ve bu artış özellikle beyin için toksik etkidir (Pimentel ve diğ., 2014).

Erken teşhis ve FKÜ'nün tedavi temelleri 3 önemli bulgu ile belirlenmiştir: (1) 1930'lu yıllarda Asbjorn Folling kanda artan FA miktarının (hiperfenilalaninemi, HPA) nöropsikolojik hasarların altında yatan neden olduğunu tanımlamış, (2) 1950'lerde Horst Bickel FKÜ tedavisinde düşük FA diyetini tanıtmış ve (3) 1600'lı yıllarda Robert Guthrie hiperfenilalaninemiye ölçe tanı yöntemini bulmuştur (Blau ve diğ., 2010). Doğumdan sonraki ilk dört haftada yapılan tarama programı ile hastalığın erken teşhisi ve hızlı bir şekilde başlanılmış diyet, ciddi zihinsel gerilemeyi önleme ve hastalığın iyi seyrinde önemlidir (Pimentel ve diğ., 2014).

Fenilalaninin vücutta dönüşümü önemlidir çünkü fenilpürivik asit gibi metabolitlerin birikmesini önler. Fenilalaninin birikmesi diğer aminoasitlerin oranlarının sınırlı olmasına sebep olur ve kan-beyin bariyerini geçebilmek için taşıma sistemi (LAT1/L-aminoasit taşıyıcı) tarafından beyne taşınan diğer büyük aminoasitlerden tirozin (dopamin ve norepinefrin öncüsü) ve triptofan (serotonin öncüsü) ile rekabete girerek bu bileşenlerin beyne taşınmasına engel olur (Soltanizadeh ve Mirmoghtadaie, 2014; Blau ve diğ., 2010).

Normal kan FA konsantrasyon aralığı 50–110 µmol/L'dir (Blau ve diğ., 2010). FKÜ hastalığı, kan FA konsantrasyonları baz alınarak; klasik FKÜ (kanda FA: >1200 µmol/L), hafif FKÜ (kanda FA: 600-1200 µmol/L) ve FKÜ olmayan hiperfenilalaninemi (HPA) (kanda FA: 120-559 µmol/L) olarak sınıflandırılır (Soltanizadeh ve Mirmoghtadaie, 2014). Sınıflandırmada farklılıklar görülebilir.

Geç teşhis ve/veya uygun olmayan diyetle beslenen hastalarda zihinsel bozukluk, gelişimsel yavaşlama, ilerleyebilen düşünsel bozukluk, nöbetler, dikkat eksikliği/hiperaktivite, otonomide azalma, saldırganlık, endişe ve sosyal izolasyon gibi davranış problemleri görülebilir. Tedavi edilmeyen hastalarda idrar ve terde küflü koku, egzama, cildin doğal renginde azalma, büyümede yavaşlama ve baş ve beyinin anormal derecede küçük olması görülür (Pimentel ve diğ., 2014), ayrıca tedavi edilmeyen çocuklarda otizm görülür (Blau ve diğ., 2010).

FKÜ'ye bütün ırklarda rastlanılırken, beyaz ve yerli Amerikalılarda rastlanma sıklığının yüksek, siyahlarda, Asyalılarda ve İspanya'da ise daha düşük olduğu bildirilmiştir (Hafid ve Christodoulou, 2015). Avrupa'da FKÜ görülme sıklığının 1:3000 - 1:30.000 arasında değiştiği ifade edilmektedir (Küçükkasap, 2013). Çizelge 1.1'de dünya genelinde FKÜ hastalığının görülme sıklığı gösterilmiştir. Türkiye'de

ise doğması beklenen bebek sayısı ile ifade edildiğinde her yıl 200-250 yeni FKÜ vakasının topluma katılacağı hesaplanmaktadır. Hastalık çekinik genle taşınır ve her 100 kişiden 4'ü bu hastalığın taşıyıcısıdır. Ayrıca %22'ye varan akraba evliliği, hastalığın ülkemizde sıklıkla görülmesinin nedeni olarak gösterilmektedir (Url-1).

Çizelge 1.1: FKÜ hastalığının bazı ülkelerde görülme sıklığı (El-Metwally ve diğ., 2018).

Bölge	Ülke	Görülme sıklığı
Asya	Çin	1:17.000
	Kore	1:41.000
	Japonya	1:125.000
	İrlanda	1:4500
	İskoçya	1:5300
Avrupa	Çekoslovakya	1:7000
	Macaristan	1:11.000
	Danimarka	1:12.000
	Fransa	1:13.500
	Norveç	1:14.500
	İngiltere	1:14.300
	Fransa	1:17.000
	Finlandiya	1:200.000
	Birleşik Amerika (Beyaz Irk)	1:10.000
	Kanada	1:22.000
Okyanusya	Avustralya	1:10.000
Orta Doğu	Türkiye	1:2600
	İran	1:4698
	Mısır	1:3000
	Arabistan	1:14623

FKÜ'de gen terapisi, enzim terapisi ve diyet terapisi olmak üzere üç tedavi yöntemi karşımıza çıkar. Gen tedavisi henüz test aşamasındadır. İkinci metod saf enzim kullanımıdır ve pahalı bir yöntemdir. Son yöntem ise yaygın olarak uygulanan düşük-FA diyet tedavisidir. FKÜ ve HPA'nın diyet tedavisi titiz uyum ve yaşam tarzında önemli değişim gerektirir. İşlem görmüş ürünlerin organoleptik kalitesindeki azalmalar da ürünlerin tercih edilebilirliğini azaltmaktadır. FA, protein ve nörotransmitterlerin sentezi için gerekli bir aminoasittir ve FKÜ hastalarının diyeti,

normal gelişim sağlayabilmeleri açısından az ve kontrollü oranlarda FA içermelidir (Soltanizadeh ve Mirmoghtadaie, 2014). Hastaların tolere edebilecekleri FA miktarı klasik FKÜ için 250 mg/gün'ü aşamazken bu değer orta ve hafif düzeyde hastalar için 250-400 mg/gün'dür. Hastaların yaş ve cinsiyetlerine göre günlük tüketebilecekleri FA miktarları Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2: FKÜ hastalarının günlük alabilecekleri FA, protein ve enerji değerleri (Macleod ve Ney, 2010).

Yaş	Protein Gereksinimi g/kg ¹	Minimum FA gereksinimi mg/gün	Günlük alınabilecek FA mg/gün	Enerji kkal/kg/gün- kkal/gün
0-6 ay	3-3,5	20-70	–	95-145
1-12 ay	2,5-3 (1.31)	10-35	–	80-135
1-3	2-3 (1.02)	NA	200-400	900-1.800
4-6	2 (0,87)	13-20	210-450	1.300-2.300
7-10	2 (0,92)	13-20	220-500	1.650-3.300
Bay				
11-14	2 (0,90)	NA	225-900	2.000-3.700
15-18	2 (0,87)	NA	295-1.100	2.100-3.900
≥ 19	NA (0,84)	4,6-13,6	290-1.200	2.000-3.300
Bayan				
11-14	2 (0,89)	NA	250-750	1.500-3.000
15-18	2 (0,84)	NA	230-700	1.200-3.000
≥ 19	NA (0,84)	4,6-13,6	220-700	1.400-2.500

¹ FKÜ için protein gereksinimi, aminoasit tüketimine gereken ihtiyaçtan dolayı artar. Baz alınmış formül ve parantez içindeki değerler WHO'nun tipik popülasyonlar için güvenli seviye tavsiyesi rakamlarını yansıtmaktadır.

NA: Bu yaş grubu için uygun miktar belli değildir.

1.1.2 Fenilketonüri diyeti

FKÜ hastaları et ürünleri, deniz ürünleri, süt ürünleri, yumurta, ekmek gibi proteince zengin gıdaların yanında aspartam içeren gıdalar, un, soya, çerez ve bira gibi ürünlerin tüketiminden kaçınılmalıdır. FA içermeyen ürünler şeker, yağ ve saf nişastadır (Soltanizadeh ve Mirmoghtadaie, 2014). Yüksek protein içeriğinden dolayı hayvansal gıdaların tüketiminden kaçınmak, FKÜ hastalarının A, C ve E vitaminleri, B2, B6, B12 ve folat vitaminleri, aynı zamanda selenyum, demir, çinko ve kalsiyum gibi mikro bileşenleri az miktarda almalarına sebep olur (Pimentel ve diğ., 2014).

FKÜ hastalarının tüketebileceği ürünler iki farklı şekilde üretilir; (1) FA dışında tüm besinsel takviyeleri içeren gıda ve içecek formülasyonları, (2) proteinleri hidrolize edilen veya düşük FA içeren protein ikameleri ile üretilen düşük FA'li ürünler (Soltanizadeh ve Mirmoghtadaie, 2014).

FKÜ hastalığına yönelik ürün geliştirilmesi sırasında FA miktarı dikkate alınırken ürünün stabilite, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin de önemli olduğu unutulmamalıdır. Sosyo-ekonomik baskı, hastanın yaşam tarzı ve beslenme tercihleri de ayrıca ürün geliştirilmesinde önemlidir (Soltanzadeh ve Mirmoghtadaie, 2014).

FKÜ hastaları için ürün üretme yöntemleri araştırıldığında glikomakropeptidin (GMP) sıkça kullanıldığı görülmektedir. GMP, peyniraltı suyunda bulunan, doğal olarak FA içermeyen nadir bir doğal proteindir. GMP, diyetle uymayı zorlaştıran ve hali hazırda FKÜ diyetinde temel protein sağlayıcısı olan aminoasit formülasyonlarına alternatif olarak görülebilir (Ney ve diğ., 2009). Çizelge 1.3’de GMP kullanılarak üretilmiş bazı ürünler ve bileşenleri verilmiştir. Son yıllarda medikal gıda üreten firmalar formülasyonlarında GMP kullanmaktadır. GMP içeren medikal formülasyonlar, FKÜ hastalarının aminoasit bazlı olanlardan daha az miktarda FA almalarını sağlarken daha fazla tokluk hissi sağlar. Ayrıca GMP içeren medikal gıdaların duyuşal olarak kabul edilebilirlikleri formül besinlere göre daha fazladır (Foster ve diğ., 2014). Ancak GMP'nin üretim maliyetlerinin fazla olması fiyatının da yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Çizelge 1.3: GMP kullanılarak üretilmiş bazı ürünlerin besin bileşenleri (Ney ve diğ., 2009).

Ürün	Servis büyüklüğü (g)	Enerji (kJ)	Protein (g)	FA (mg)
Portakallı spor içeceği	340	419	12	33
Çikolatalı içecek	227	628	10	33
Karamelli içecek	227	670	10	26
Çilekli puding	114	921	5	13
Çikolatalı puding	114	921	5	21

Literatürde FKÜ hastalığının diyet tedavisi ile ilgili yapılmış olan birçok çalışma bulmak mümkündür. Ancak ürün üretimi konusunda yapılmış olan çalışmalar, özellikle de süt ve ürünleri bakımından, maalesef sayıca daha azdır. Abdel-Salam ve Effat (2010) tarafından süt permeatı, mısırözü yağı ve GMP kullanılarak süt benzeri

bir ürün üretilmiştir. Üretilen ürün gönüllü hastalar tarafından değerlendirilmiş ve iyi düzeyde beğenilmiştir. Üründe 12 mg/100 mL FA içeren bulunduğu ve ticari olarak üretilebileceği belirtilmiştir. Ergül ve Sarıkaya (2013), FKU hastaları için toz puding karışımı üretmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında farklı oranlarda GMP (%10, 12 ve 15) ve kurutulmuş maviyemiş (%10 ve 15) kullanmış ve ürün olarak da 32,39 mg FA içeren puding üretmişlerdir. Altı farklı toz puding karışımından viskozite ve duysal özellikler bakımından en uygun olanının %15 GMP ve %15 kurutulmuş maviyemiş içeren formülasyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan diğer bir çalışmada, Goldar ve diğ. (2016) farklı oranlarda süt permeatı ve %3 oranında GMP kullanılarak yoğurt benzeri bir ürün üretmişler ve FA içeriğinin 274 mg/kg olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ürünü içerdiği sınırlı FA miktarı ile FKÜ hastaları tüketimine uygun olarak nitelendirilmiştir. Yari ve Ramezan (2017) yaptıkları çalışma ile FKÜ hastaları için kefir üretmişlerdir. Süt permeatı, krema tozu, GMP ve diğer yardımcı bileşenleri kullanarak üretilen kefir benzeri ürün sahip olduğu 30 mg/100 g FA içeriği ile FKÜ hastaları için güvenli olarak nitelendirilmiştir.

FKÜ hastaları için üretilen medikal formül ve gıdaların menşeinin çoğu yurtdışındaki firmalara aittir. Cambrooke Foods, Ener-G Foods, Promin ve Delifirst bu firmalardan bazılarıdır. Türkiye ise maalesef hastalığın görülme sıklığı yüksek olmasına rağmen hastalığa özel ürünler son yıllara kadar üretilmemekteydi. Son yıllarda birkaç firma üretim için ar-ge çalışmaları yapmakta ve ürün geliştirmektedir. Ancak yine de piyasada sınırlı sayıda ürün bulunmaktadır. FSM Form Sağlık ve Medikal Ürünleri Ltd. Şti. Mader markası ile büyük marketlerde ve internette üretmiş olduğu ürünlerin satışını gerçekleştirmektedir. Ayrıca Sinangil firması bu amaçla düşük proteinli un ile raflarda yerini almıştır. Süt ve ürünleri açısından halen ülkemizde ticari ürün aşamasına gelinmemiştir.

İçerdiği yüksek FA (yaklaşık olarak 111 mg/ 100g ürün) içeriği ile FKÜ diyetine uygun olmasa da inek sütü kullanılmadan bitkisel bir kaynaktan elde edilen sütün fermente edilmesi ile üretilen ürün bu hastalığa uygun ürün üretiminde yararlanılabilecek bir yöntem olarak düşünülebilir. Ermiş ve diğ. (2018) yoğurt bakterilerini fındık sütüne ilave ederek elde ettikleri fermente ürünü süte hassasiyeti olan veya vegan beslenmek isteyen tüketiciler için geliştirmeyi amaçlamışlar ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

1.2 Yoğurt Bileşenleri ve Üretimi

Yoğurt üretim yöntemine göre pıhtısı kırılmış (“set”) ve pıhtısı kırılmamış (“stirred”) olarak sınıflandırılır. Genellikle fermentasyona daha yatkın olduğu için inek sütü kullanımı olsa da koyun, kuzu, deve ve bufalo gibi diğer memelilerin sütlerinden de yapılabilir (Furuquay, 2011). Yoğurt yapımında kullanılacak sütün asitliği düşük olmalı (%0,135-0,200), sağlıklı hayvandan sağılmış olmalı, kimyasal bileşimi uygun olmalı, mikrobiyal kalitesi yüksek olmalı, yabancı tat ve koku içermemeli ve kültürün faaliyetlerini olumsuz etkileyeceğinden antibiyotik, deterjan ve bakteriyofaj içermemelidir (Yildiz, 2010b).

Yoğurda işlenecek süt öncelikle temizlenir, krema ve yağsız süt ayrılır daha sonra istenilen yağ miktarını elde etmek için standardize edilir. Süt kuru maddesi ortalama %12,9 olup (Walstra ve diğ., 2006), yoğurt yapılacak sütün yağsız kuru madde düzeyinin %12-12,5 arasında olması istenir. Bu amaçla, yağsız süt tozu eklenmesi, vakum altında fazla suyun evapore edilmesi ve/veya ultrafiltrasyon ile suyun uzaklaştırılması işlemleri yapılabilir (Furuquay, 2011). İstenilen bileşime ulaştırılmış süt daha sonra homojenizasyon işlemine tabi tutulur. Böylece yağ globüllerinin boyutları azaltılarak yağ ayrılmasının engellenmesi, viskozitenin artması, sinerezisin azalması ve ürünün daha beyaz olması sağlanmış olur. Homojenizasyon işlemi 55-60°C’de ve 100-200 kg/cm basınç uygulanarak ve ısıl işlemlerden önce yapılarak daha sonra meydana gelebilecek kontaminasyonun önüne geçilir.

Ürünün yapısının güçlendirilmesi ve serum ayrılmasının engellenmesi amacıyla proteinlerde gerekli denatürasyonu sağlayacak düzeyde (85°C’de 30 dk veya 95°C’de 10 dk) ısıl işlem uygulanır. Ardından sütün sıcaklığı inokülasyon için 40-45°C’ye düşürülür. İnkübasyon sırasında pH ve titre edilebilir asitlik (TA) dikkatli bir şekilde izlenir ve pH 4.6 ve TA %0,85–0,90’e ulaştığında ürünler hızlı bir şekilde üretilen ürünün özelliğine göre 5-22°C’ye soğutulur. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’nde (Tebliğ No: 2009/25) yoğurt için belirtilen TA (laktik asit olarak, ağırlıkça %) değeri en az %0,6 en fazla %1,6 olarak belirtilmiştir.

1.2.1 Yoğurt üretiminde kullanılan bakteriler

Yogurt üretiminde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbreckii* ssp. *bulgaricus* kullanılır. *S. thermophilus* tat, aroma ve yapıdan sorumlu iken *L. bulgaricus* asit üretimini gerçekleştirir. Bu iki bakteri yoğurda işlenecek süte 1:1 oranında inoküle

edilir (Shah, 2017b). Birlikte kullanıldıklarında, tek başına olduklarına oranla daha iyi aroma ve asit gelişimi sağlarlar. *L. bulgaricus*, *S. thermophilus* için kazeinden peptid ve amino asit, özellikle valin, üretirken, *S. thermophilus* formik asit üreterek ve oksijeni uzaklaştırarak *L. bulgaricus*'un gelişimini destekler. Ayrıca *S. thermophilus*'un üreaz aktivitesi sonucu açığa çıkan CO₂ *L. bulgaricus*'un gelişimini tetikleme etkisine sahiptir. İnkübasyonunun sonuna doğru *S. thermophilus*'un gelişimi hızlanır ve bakteriler arasındaki oran 3-4:1 olurken, pH 5'te asit üretiminin etkisiyle sayısı azalır ve *L. bulgaricus*'un sayısı *S. thermophilus* popülasyonunun sayısına yaklaşır (Chandan ve Kilara, 2006).

Laktik asit, yoğurdun birincil aroma maddesi olsa da yoğurtta 90'dan fazla aroma maddesinin var olduğu bildirilmiştir. Bunların en önemlileri asetaldehit, aseton, asetoin, diasetil, asetik, formik, bütanoik ve propanoik asittir (Routray ve Mishra, 2011).

Laktik asit bakterileri ayrıca eksopolisakkarit üretirler (Soyuçok ve diğ., 2016). Yüksek molekül ağırlığına sahip bu doğal polimerler, fermente sütte, proteinler ile interaksiyona girerek yapıda sıklık, viskozite ve su tutmayı artırır, aynı zamanda serum ayrılması ve tanecikli yapıda azalma sağlarlar (Buldo ve diğ., 2016; Ayala-Hernandez ve diğ., 2008). Yapıya sağladığı olumlu etkiler yanında anti-tümör, anti-ülser, antioksidan aktivitesi, kolesterol düşürme ve bağışıklık uyarıcı etkileri olduğu da bildirilmektedir (Şanlıbaba ve Çakmak, 2016).

1.2.2 Yoğurt üretimi sırasında meydana gelen temel değişiklikler

Süte uygulanan ısı işlem, mikroorganizmaların faaliyetleri sonucunda yoğurt üretimi esnasında bileşenlerde bazı değişiklikler olmaktadır. Bunlardan en önemlileri protein ve laktozda meydana gelen değişimlerdir.

Laktoz fermentasyonun temel bileşenidir ve fermentasyon sonucunda laktozun yaklaşık %30'u parçalanır. Glikoz Embden-Mayerhof-Parnas yolu ile metabolize olurken galaktoz birikme eğilimindedir. Yoğurdun tekstürü, yapısı ve aromasında etkili temel bileşen fermentasyonda oluşan laktik asittir. Laktik asit aynı zamanda koruyucu görevi görür (Chandan ve Kilara, 2006).

Yoğurt kültüründe kullanılan bakteriler farklı düzeylerde olsa da proteolitik etkiye sahiptirler. Yoğurt kültürleri 1:1 oranında kullanıldıklarında 100 g yoğurttan 70 mg aminoasit açığa çıkarabilirler. Ancak yoğurt üretimi sırasında proteinlerde meydana

gelen en önemli değişiklik, uygulanan ısıl işlem sonrasında yapıda meydana gelen değişikliklerdir. Uygulanan ısıl işlem peyniraltı suyu proteinlerinin (α -laktoalbumin ve β -laktoglobulin) denatüre olmasını sağlar. Bu denatürasyon, uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak % 60-100 arasında değişir ancak ideal rakam %80-85'tir (Özdemir ve Bodur, 1994). Stabil bir yapının oluşabilmesi için denatüre β -laktoglobulin ve κ -kazein arası nda oluşan disülfid bağları oldukça önemlidir.

1.2.3 Yoğurt üretiminde kullanılan stabilizatörler

Yoğurda stabilizatör katılmasında amaç, peyniraltı suyu ayrımını en aza indirmek, serbest suyu bağlamak, kıvamı ve vizkoziteyi artırmaktır. Stabilizatörler jel oluşumuna yardımcı olurlar ve su bağlama kapasitesini geliştirerek yapının stabilitesini artırırlar. Yoğurtta kullanılacak stabilizatör, aroma vermemeli, düşük pH'da etkili olmalı, kolayca dağılabilmeli, su tutma kapasitesi iyi olmalı ve stabil emülsiyonlar oluşturabilmelidir (Shah, 2017a). Gıdanın barındırdığı veya gıdaya sonradan eklenen suyu, kuvvet, basınç, santrifüj ve ısıtma gibi uygulamalar sırasında ve yer çekimine karşı tutabilme kapasitesi olarak tanımlanan su tutma kapasitesi, pıhtı stabilitesi açısından en önemli parametrelerden biridir. Yoğurt tekstürü ve kalitesini geliştirmek için yoğurt üretimi sırasında hidrokolloid ve protein eklenmesi mümkündür (Rabin ve Salam, 2016). Çizelge 1.4'de yoğurt üretiminde kullanılan stabilizatörler gösterilmiştir. Çizelge 1.5'de ise yoğurt yapımında yapıyı desteklemek için kullanılan süt kaynaklı bileşenlerin bileşimleri verilmiştir.

Çizelge 1.4: Yoğurt üretiminde kullanılan stabilizatörler (¹Rabin G. ve Ibrahim, 2016; ²Shah, 2017a; ³Güler Z., Sezgin E., Atamer M., 1996).

	Miktar (%)	Fonksiyonu
Ksantan Gamı ¹	0,05-0,3	Kıvam artırıcı, stabilizatör
Gellan Gamı ¹	0,04-0,1	Kıvam artırıcı, Jelleştirici
Keçi Boynuzu Gamı ¹	0,05-0,1	Kıvam artırıcı, stabilizatör
Guar Gamı ¹	0,05-0,1	Kıvam artırıcı
Gam Arabik ¹	0,05-0,1	Kıvam artırıcı, Stabilizatör
Karragenan ¹	0,2-0,5	Stabilizatör, Jelleştirici
Pektin ¹	0,05-0,3	Stabilizatör, Jelleştirici
Peyniraltı Suyu Tozu (WPC35, 50,80) ^{1,2}	0,7-1,5	Protein miktarını artırır
Yağsız Süt Tozu ¹	1-2	Protein miktarını ve yoğurdun viskozitesini, su tutma kapasitesini artırır, serum ayrılmasını azaltır
Yayıkaltı Suyu Tozu ³	1-2	Protein ve laktoz içeriğini artırır, su tutma kapasitesini artırır
Peyniraltı Suyu İzolatı (WPI) ¹	1,0	Protein miktarını artırır
Peyniraltı Suyu Tozu ³	***	Protein ve laktoz miktarını artırır
Nişasta ¹	0,8-2,0	Jelleştirici

Çizelge 1.5: Yoğurt üretiminde kullanılan süt kaynaklı tozların bileşimleri
(Nutritional Composition of Selected Commercial Whey Product, US Dairy Export Council, 2009; Friesl and Campina, Hiprotal® Whey Protein35; Reference Manual For US Dairy Powder 2005 Revised Edition, US Dairy Export Council;
²milkingredients.ca, Canadian Dairy Comission; Chandan ve Kilara, 2006; Shah, 2015).

Bileşen	YST	YAT	PST	PSK35	PSK80	PPI
Water, %	3	3	3,19	3,5	4,11	4,50
Protein, %	36	34	12,93	35	80	90,75
Yağ, %	0,70	6	1,07	2,5	6,6	0,5
Laktoz, %	51	49	74,46	50,5	5,31	0,87
Mineral, %	8,20	8	8,35	6,5	3,98	3,38
Mineraller, mg						
Kalsiyum, Ca	1.257	1.18	796,00	675	423	600
Demir, Fe	0,32	0,30	0,88		1,2	5
Magnezyum, Mg	110	110	176	100	50	15
Fosfor, P	968	933	932	570	.	25
Potasyum, K	1.794	1.592	2,080	1.750	0	
Çinko, Zn	4,08	4,02	1,97			
Vitaminler, mg						
C Vitamini	6,80	5,7	1,500	2.000		
B ₁ Vitamini	0,415	0,39	0,519	0,36		
B ₂ Vitamini	1,55	1,58	2,208	1,8		
B ₆ vitamini	0,36	0,34	0,58			
B ₁₂ Vitamini, µg	4,03	3,82	2,37			
Niasin	0,951	0,88	1,26	0,37		
Folat, µg	50,00	47	12			
Pantotenik Asit	3,50	3,10	5,62			
E Vitamini	0,22	0,4	0,029			
A Vitamini (IU)	36	0,054 (mg)	44			
Amino Asit, g						
Triptofan	0,51		0,205	0,35	1,20	1,50
Treonin	1,63		0,817	2,415	5,36	6,25
İzölösün	2,18		0,719	2,24	4,80	5,90
Lösin	3,54	3,36	1,186	3,64	8,08	13,00
Lisin	2,86	2,72	1,030	3,22	7,84	9,15
Metiyonin	0,99	0,86	0,241	0,70	1,60	2,050
Sistin	0,33	0,32	0,253	0,80	2,72	3,10
Fenilalanin	1,74	1,66	0,407	1,12	2,48	2,30
Tirosin	1,74	1,66	0,363	0,91	2,24	3,15
Valin	2,42	2,30	0,697	2,06	4,456	5,35
Arginin	1,30	1,24	0,375	0,84	2,00	2,65
Histidin	0,98	0,93	0,237	0,63	1,20	1,35
Alanin	1,24	1,18	0,598	1,75	4,08	6,00
Aspartic Asit	2,74	2,60	1,269	3,71	8,00	9,00
Glutamic Asit	7,57	7,18	2,246	3,99	13,28	13,00
Glisin	0,76	0,73	0,280	0,63	1,36	2,35
Prolin	3,50	3,32	0,786	2,03	5,12	4,80
Serin	1,96	1,87	0,622	1,64	4,08	5,00

YST: Yağsız Süt Tozu, YAT: Yayıkalı Suyu Tozu, PST: Peyniraltı suyu Tozu, PSK35: Peyniraltı Suyu Konsantresi; 35, 80, PPI: Peyniraltı Protein İzolatı (Boş kısımlar miktarın bilinmediğini belirtmektedir.)

1.2.3.1. Yayıkalı suyu tozu

Yayık altı suyu tereyağı üretiminde kremanın yayıklanması esnasında açığa çıkan sulu fazdır. Süt proteini, laktoz ve mineraller gibi kremanın suda çözünen bileşenlerini içermektedir (Sodini ve diğ., 2006). Yayık altı suyunun bileşimi yağsız süte benzemektedir. Örneğin, proteinlerinin %80'ini kazein ve peyniraltı suyu proteinleri oluşturmaktadır. (Conway ve diğ., 2014). Kremanın yayıklanması esnasında

parçalanmış ve çoğu yayıkaltı suyuna geçen süt yağı globül membranından (MFGM) ayrılmış materyalleri de içinde barındırmaktadır (Sodini ve diğ., 2006). MFGM, süt yağı globüllerini çevreleyen %95'e varan oranda polar lipid ve proteinlerden oluşmaktadır (Holzmüller ve diğ., 2016). MFGM, fosfolipidlerce zengindir ve bu da yayık altı suyunun süt tozundan daha fazla fosfolipid içermesine neden olmaktadır (Sodini ve diğ., 2006). Elling ve diğ. (1996) yayıkaltı suyunda 0,89 mg/g ve sütte ise 0,12 mg/g fosfolipid bulunduğunu belirtmiştir.

MFGM, yağ globüllerini çevreleyerek süt içerisinde dağılımına olanak sağlayan ve 3 katmandan oluşan bir yapıdır. İçteki tek tabaka, polar lipidlerin trigliseritçe zengin çekirdek ile direkt bağlantılı hidrofobik kuyruklarından oluşurken, çift katmanlı dış zar sütun sulu fazıyla temas halinde olan hidrofilik baş gruplarından meydana gelmektedir (Moslemi ve diğ., 2017). Çizelge 1.6'da MFGM'nin lipid kompozisyonu görülmektedir. Fosfolipidler yapısal olarak hidrofilik baş ve hidrofobik kuyruk kısımlarından meydana gelmektedir. Yapısı amfifiliktir, yani hem hidrofilik hem de hidrofobik özellik taşır. Bu kendine özgü yapısı MFGM'nin yağın süt içerisinde emülsifikasyonunu sağlamaktadır (Barry ve diğ., 2017).

Çizelge 1.6: MFGM'nin ortalama lipit kompozisyonu (Conway ve diğ., 2014).

Lipit	Toplam Lipit %
Nötral (yaklaşık %70)	
Trigliseritler	62
Digliseritler	9
Monogliseritler	Eser Miktar
Steroller	0,2-2
Esterler	0,1-0,3
Serbest Yağ Asitleri	0,6-6
Polar (%26-30)	
Fosfolipitler	26-31
- Fosfatidiletanolamin	31,1-42
- Fosfatidilkolin	19,2-34,5
- Sfingomyelin	17,9-34,5
- Fosfatidilinositol	4,7-6,2
- Fosfatidilserin	2,8-8,5

Fosfolipidler gliserofosfolipidler ve sifingolipidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Sütte bulunan başlıca gliserofosfolipidler; fosfatidiletanolamin, fosfatidilkolin, fosfatidilserin ve fosfatidilinosol 'dür. Fosfolipidlerin özellikle kolon tümörlerini yok ettiği bildirilmiştir (Barry ve diğ., 2018). Sağlık üzerine diğer faydaları, merkezi sinir sisteminin miyelizasyonu, bağışıklık sisteminin gelişim, aktivasyon ve regülasyonu ve kolesterol emilimini azaltmaktır. Ayrıca zihinsel gelişim ile bağlantılı olduğu ve zihinsel düşüş sıklığında azalma sağlamaktadır. Fosfatidilserinlerden Alzheimer gibi yaş ile ilişkili hastalıkların tedavisinde faydalanılabileceği bildirilmiştir (Barry ve diğ., 2018). Sifingomiyelin zihinsel gelişimde rol oynayan önemli bir fosfolipittir. Bebek beslenmesi alanında son zamanlarda yapılan çalışmalarda, fosfolipidlerin dönem ve dönem öncesi bebeklerde nörogelişim üzerine olumlu etkileri olduğu ileri sürülmüştür (Barry ve diğ., 2018).

Yayıkaltı suyu tozu (YAT), süt endüstrisinde peynir yapımında, dondurma, yoğurt ve rekombine süt formülasyonlarında kullanılmaktadır. Düşük yağlı Cheddar peyniri üretiminde içerdiği fosfolipidlerin yüksek su tutma kapasitesi sayesinde YAT'unun yapıyı geliştirdiği görülmüştür. YAT'nun kullanımının temel nedeni içerdiği fosfolipidlerin emülsifiye edici özelliğidir (Sodini ve diğ., 2006). Jao ve Kaa (2017), çalışmalarında farklı oranlarda YAT'nun yoğurt kalitesi ve depolama süresine etkilerini incelemişler ve %5 oranında ilave edilmiş YAT'nun yoğurdun görünüş, tekstür, aroma ve genel kabul edilebilirliğini arttırdığı sonucuna varmışlardır. YAT'nun yoğurtta su salmayı engellediği bildirilmiştir (Ahmed ve Razig, 2017).

1.2.3.2 Patates nişastası

Nişasta, karbonhidratların bitkilerde en yaygın depolanma şeklidir. Bitkiler tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yeşil yaprakların kloroplastlarında ve amiloplastlarında oluşur, tahıl ve yumru köklerinin organelleri depolanmasından sorumludur. Başlıca nişasta kaynakları; tahıllar (%40-90), yumrular (%30-70), köklüler (%65-85), baklagiller (%25-50) ve mango, muz gibi olgunlaşmış meyvelerdir. Her bitki çeşidinin içerdiği nişasta molekülünün şekli, büyüklüğü ve bileşimi bulunduğu bitki dokusuna göre değişmektedir (Alcázar-Alay ve Meireles, 2015) Çizelge 1.7'de farklı kaynaklardan elde edilen nişastaların özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.7: Farklı bitkisel kaynaklardan elde edilmiş nişastaların fizyokimyasal özellikleri (Singh ve diğ., 2003).

Kaynak	Amiloz İçeriği (%)	Şişme Kuvveti (g/g)(°C)	Çözün-ürlük (%) (°C)	Organik Fosfat İçerikleri (%dsb)			Işık Geçirgenliği (% at 650 nm)
				Mono-P ^a	Lipit-P ^b	İnorganik-P	
Patates	20,1–31	1159 (95)	82 (95)	0,086_0,007	ND	0,0048_0	96
Mısır	22,4–32,5	22 (95)	22 (95)	0,003_0,001	0,0097_0,0001	0,0013_0,0007	31
Mumsu Mısır	1,4–2,7	-	-	0,0012_0,0006	ND	0,0005_0,0001	46
Yüksek Amiloz İçeren Mısır	42,6–67,8	6,3 (95)	12,4 (95)	0,005_0,001	0,015_0,003	0,0076_0,0006	-
Pirinç	5–28,4	23–30 (95)	11–18 (95)	0,013	0,048	-	24
Mumsu Pirinç	0–2	45–50 (95)	2,3–3,2 (95)	0,003	ND	-	-
Yüksek Amiloz İçeren Pirinç	25–33	-	-	-	-	-	-
Buğday	18–30	18,3–26,6 (100)	1,55 (100)	0,001	0,058_0,002	İz miktar	28
Buğday A	28,4–27,8	-	-	-	-	-	-
Buğday B	27,5–24,5	-	-	-	-	-	-

ND: Not Detectable; ^a Fosfat monoester; ^b Fosfolipit

Caballero, Trugo ve Finglas, (2003) tarafından yayınlanan çalışmada nişastaların taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinde pirinç nişastası molekülleri homojen dağılım gösterdiği görülmektedir. Mısır nişastası da homojen dağılım göstermekte ancak partikül boyutu olarak pirinç nişastasından daha büyüktür. Partikül boyutu olarak en heterojen olan nişasta çeşidi ise buğdaydır.

Nişasta, insan beslenmesinin temel bileşenleri olmasının yanında gıda maddelerinin reolojik ve tekstürel özellikleri üzerinde de önemli rollere sahiptir. Yapıyı iyileştirici özelliği, ayrıca sıvı gıdaların yoğunluğunu artırması, bunların yanında kolay ulaşılabilir ve ucuz olması dolayısı ile gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı, jelleştirici ve yağ ikamesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Kumar ve diğ., 2017).

Nişastayı oluşturan amilopektinin dallanmış zincirleri çift sarmal oluşturup granüllerin kristal yapılarını oluştururken amiloz amorf olur ve amilopektin molekülleri arasına dağılmıştır (Ai ve Jane, 2015). Nişasta jelatinizasyonu, sabit sıcaklıkta, su varlığında nişasta granüllerinin su alarak şişmesi, kristal yapının bozularak amiloz ve amilopektinin serbest kalması böylece viskozitenin yükselmesidir (Kumar ve diğ., 2017). Jelatinizasyon sırasında, nişasta granülü başlangıç büyüklüğünün birkaç katı kadar şişer, yırtılır ve bu aşamada dışarıya süzülen amiloz molekülleri 3 boyutlu bir ağ oluşturur. Nişastanın şişmesi içerdiği amilopektinden kaynaklanırken, amiloz, seyreltici ve şişme önleyici olarak davranmaktadır (Singh ve Kaur, 2016).

Patates nişastası fiziksel özellikleri açısından tüketime uygun diğer ticari nişastalarla karşılaştırıldığında; iri granül yapısı, saflık, uzun amiloz ve amilopektin zincirleri, amilopektinde bulunan fosfat ester grupları ve ısıtma ve soğutmaya bağlı olarak sıkı visko-elastik jel oluşturabilme yeteneği ile farklılık göstermektedir. Bu nedenle gıda sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. (Alvani ve diğ., 2011) Çizelge 8’de nişasta türlerinin çirilenme (“pasting”) özellikleri görülmektedir.

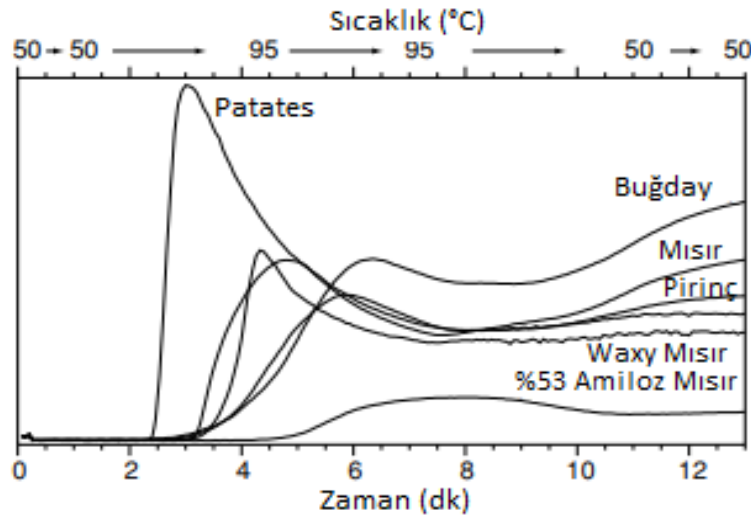
Fiziksel özellikleri açısından patates nişastası tüketime uygun diğer ticari nişastalar temel alındığında; iri granül yapısı, saflık, diğerlerine oranla sahip olduğu uzun amiloz ve amilopektin zincirleri, amilopektinde bulunan fosfat ester grupları, viskozite davranışı üzerinde uyumlu etkileri olan belirli katyonları mübadele yeteneği ve ısıtma ve soğutmaya bağlı olarak sıkı visko-elastik jel oluşturabilme yeteneği ile daha özgündür. Bu nedenle gıda sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Alvani

ve diğ., 2011). Şekil 1.2’de bazı nişasta türlerinin viskozite analiz eğrileri görülmektedir.

Çizelge 1.8: Farklı nişasta türlerinin çirleşme özellikleri (Li ve diğ., 2014).

	P _{Temp} (°C)	PV(mPa.s)	FV(mPa.s)	BV(mPa.s)	SV(mPa.s)
Buğday	66,45 ± 0,07	405,50 ± 7,78	462± 18,38	198,50 ± 2,12	263,50 ± 12,02
Mısır	70,85 ± 0,07	660± 4,24	683± 4,24	342± 4,24	394± 0
Patates	63,80 ± 0,57	2148± 8,49	1647,50 ± 7,78	1385,50 ± 10,61	949,50 ± 20,51
Tatlı Patates	66,90 ± 0,28	983± 14,14	913,50 ± 14,85	547 ± 4,24	531,50 ± 2,12
Tapyoka	68,45 ± 0,07	1239± 8,49	1165,50 ± 2,12	732,50 ± 3,54	789 ± 5,66
Maş Fasülyesi	67,55 ± 0,21	716,50 ± 2,12	1012± 31,11	217,50 ± 16,26	434,50 ± 12,02
Bezelye	67,40 ± 0	411± 0	687,50 ± 14,85	117,50 ± 2,12	229± 8,49
Amiloz	65,05 ± 0,07	1006± 5,66	962,50 ± 26,16	508 ± 9,90	492± 32,53
Amilopektin	70,20 ± 0,99	661,50 ± 10,61	629,50 ± 6,36	347,50 ± 3,54	342 ± 4,24

P_{Temp}, pasting temperature; PV, peak viscosity; FV, final viscosity; BV, breakdown viscosity; SV, setback viscosity



Şekil 1.2: Patates, buğday, mısır, pirinç, mumsu mısır ve %53 amilozlu mısır nişastalarının viskozite analiz eğrileri (Caballero ve diğ., 2003).

Patates nişastasında lipid ve fosfolipid olmaması ayrıca yüksek fosfat monoester içeriği yüksek depolama (G') ve kayıp (G'') modül değerlerine de katkıda

bulunabilmektedir (Singh ve Kaur, 2016). Oh ve diğ. (2007) çalışmalarında patates nişastasının asit jelleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmaları sonucunda patates nişastası ilavesinin G' değerinde artışa neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Patates nişastası miktarının lineer artışı G' değerinde lineer artışa neden olmuştur. Nişasta eklenmeyen örnekler ile karşılaştırıldığında jelleşmenin gerçekleştiği zaman kısalmış, jelleşme pH'sı artmıştır. Jelleştiklerinde berrak jel oluşturmalarının sebebi yine lipid içermemeleri ve sahip oldukları fosfat ester gruplarıdır (Alvani ve diğ., 2011).

Fosfor, nişastanın fonksiyonunu etkileyen bir bileşendir. Fosfor içeriği mumsu nişastada %0,003 iken patates nişastasında %0,09'dur. Patates nişastasının amilopektinler ile esterleşmiş halde bulunan fosfat grupları, yüksek su bağlama kapasitesi, viskozitesi, geçirgenlik özelliği ve donma-erime özelliği ile ilişkilidir. Komşu zincirler üzerindeki fosfat grupları arasındaki itme, kristal bölge içinde bağlanma derecesini zayıflatarak hidrasyonu arttırmaktadır (Singh ve Kaur, 2016).

1.2.3.4. Hidrokolloidler

Hidrokolloidler, polisakkarit ve proteinlerden oluşan uzun zincirli polimerlerdir. Suda dağıldıklarında viskoz dispersiyonlar veveya jel oluşturma özellikleri ile karakterize edilirler. Fazla sayıda içerdikleri -OH grupları su bağlama eğilimini arttırmaktadır, yani hidrofiliktirler. Ayrıca, gerçek çözelti ve süspansiyon arasında bir dispersiyon oluşturur ve kolloid özellik gösterirler. Bu iki özellikleri temel alındığında hidrofilik kolloid, kısaca hidrokolloid olarak isimlendirilirler (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Hidrokolloidler alg, bakteri, meyve ve bitkilerden elde edilebilmektedir. Bileşimlerinde %60-90 oranında diyet lifi içermektedir. Gıdalarda kullanımının temel nedeni bu özellikleri olmasa da diyet lifi olarak karakterize edilmektedirler (Viebkke, Assaf ve Phillips, 2014). Kalp damar hastalıkları riskini azaltmak, bağışıklık sistemini regüle etmek, kilo kontrolüne yardımcı olmak, tip-2 diyabette glisemik ve insulinemik kontrolü sağlamak, bağırsaklarda bifido ve laktobasil gibi yararlı bakterilerin gelişimini desteklemek hidrokolloidlerin insan sağlığı üzerine sağladığı olumlu etkiler olarak bildirilmektedir (Li ve Nie, 2016).

Hidrokolloidlerin gıdalarda yaygın olarak kullanılmasının en temel sebebi yapının (viskozite, tekstür) iyileştirilmesidir. Çorba, salata sosu, sos üretiminde kıvam arttırıcı; jöle, puding üretiminde jelleştirici; yoğurt, tereyağı, dondurma üretiminde emülsifiye edici; kızartılmış gıdalar ve şekerlemelerde kaplama malzemesi; et ve süt ürünlerinde

yağ ikamesi; fırıncılık ürünlerinde kaplamalarda malzemesi; bira ve şarap üretiminde berraklaştırıcı; bazı yağ ve toz aromalarda enkapsüle edici; dondurma ve şeker şuruplarında kristallenmeyi önleyici; bira ve krem şantide köpük stabilize edici; çikolatalı sütte gıda bileşenlerini askıda tutucu; ekmekte nişasta retrogradasyonu önleyici; glutensiz gıdalarda su tutucu; peynir ve dondurulmuş gıdalarda serum ayrılması önleyici; gıda paketlenmede biyoplastik olarak kullanıldığı görülmektedir (Li ve Nie, 2016). Hidrokolloidler reolojik ve yapışkanlık özelliklerini modifiye etmek amacıyla farklı nişastalar ile kombine edilerek kullanılmaktadırlar (Gularte ve Rosell, 2011). Karragenan, pektin, nişasta ve keçiyoynuzu gibi polisakkaritler yoğurt benzeri sütü tatlılarda stabilizeyi sağlamak ve istenilen tekstürü elde edebilmek için kullanılmaktadırlar. Fonksiyonel özelliklerine göre polisakkaritler, yoğurtta jel oluşturarak veya kıvam arttırarak daha iyi yapı sağlamayı, serum salmayı azaltmayı ve pürüzsüz bir tekstür elde etmeyi sağlamaktadırlar (Sanchez ve diğ., 2000) Çizelge 9 ve 10'da keçiyoynuzu gamı ve ksantan gamının özellikleri gösterilmiştir.

Krystyan ve diğ. (2013), patates nişastası ile farklı hidrokolloidlerden oluşan jellerin depolama süresinde stabilitelerini inceledikleri çalışmalarında, hidrokolloid ilavesinin patates nişastası jelinin uzun dönem depolanması üzerine olumlu etkisi olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmaya göre, ikilinin oluşturduğu jellerin reolojik özellikleri hidrokolloidlerin anyonik karakterinden etkilenmektedir. Anyonik özeliğe sahip patates nişastası ile zayıf anyonik özellik gösteren ksantan gam tarafından oluşturulan jelin $G' \backslash G''$ oranı diğer gamlar ile karşılaştırıldığında her zaman daha yüksek sonuç vermiştir. Ksantan gamı nişasta moleküllerini sarmalayarak bir ağ oluşturarak koruyucu bir kolloid olarak davranmış ve yapının bir arada tutulması olarak tanımlanan iç yapışkanlık ("cohesiveness") kaybını önlemiştir. Mandala ve Palogou (2003), çalışmalarında sabit miktardaki ksantan gamı varlığında patates nişastası konsantrasyonundaki artışın yapı oluşumunu hızlandırdığını ve G' değerini arttırdığını bulmuşlardır.

Ksantan gamı ve keçiyoynuzu gamının jelatin yerine kullanılabilirliğini inceleyen Pang ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada olumlu sonuç elde etmişlerdir. Üretim esnasında ana malzeme olan süt tozuna toplamı kütlece %0,5-1 olacak şekilde WPI veya Na-kazeinat eklemişlerdir. Ksantan ve keçiyoynuzu gamının 1:1 oranında ilavesi reolojik ve mikroyapısal olarak jelatin ile aynı özellikleri göstermiştir.

Çizelge 1.9: Ksantan gamının özellikleri (Wüstenberg, 2014).

KSANTAN GAMI	
E numarası	E-415
Kaynağı	<i>Xanthomonas campestris</i>
Kimyasal Kompozisyonu	Glikoz Mannoz Glukuranik asit
Enerji Değeri	210 kJ (50 kcal)
Lif içeriği	Yaklaşık %100
Toksikoloji	Tanımlanmış bir ADI değeri yoktur
Düşük Sıcaklıkta Suda Çözünürlüğü (H ₂ O)	Yüksek - %100
Sulu Çözeltide Görünüm	Opak
Sulu Çözelti Viskozitesi	Çok yüksek, düşük tuz miktarı (<%0,5) viskozite ve stabiliteyi artırır
Sıcaklığın Suda Viskozite Üzerine Etkisi (pH 7)	Viskozite düşer (fakat 100°C altında geri dönüşümlüdür)
Kayma Stabilitesi	Yüksek – akış limitiyle psödoplastik
Kıvam Arttırıcı Etki	Yüksek
pH Stabilitesi	Yüksek
Dekompozisyon	Asit ve enzime dayanıklı
Film Oluşumu	Yüksek
Emülsiyon Stabilitesi	Yüksek
Jelleşme	Yok – sadece keçiyoynuzu gamı ile beraber
Jel Transparanlığı	Yok
Jelin Sinerjisi Eğilimi	Düşük
Jel Gücü ve Stabilitesi	Düşük tuz konsantrasyonu ve pH'da keçiyoynuzu gamı ile (50:50 veya 60:40 oranlarında) yüksek jel gücü, jeller ısıya dayanıklı
Elektrolitlerin Etkisi (+, +2, +3 katyonlar)	Yok
Ca ⁺² ile Etkileşim	Yok
Protein Aktivitesi	Yok (sütte çökelme yapabilir)
Kristalizasyon Kontrolü	Yüksek
Diğer Hidrokolloidlerle Sinerjistik Etki	LBG ve sinameki; Viskozitede artış, jel oluşumu Guar ve Tara gamı; Viskozitede artış Konjak; Jel oluşumu
Diğer Sinerjistik Etki	En çok %0,5 NaCl stabiliteyi olumlu etkiler
Olumsuz Etkileşim	-
Gıdalarda Kullanım dozu	Düşük, %0,05-0,5

Çizelge 1.10: Keçiboynuzu gamının özellikleri (Wüstenberg, 2014).

KEÇİBOYNUZU GAMI	
E numarası	E-410
Kaynağı	Keçiboynuzu çekirdeği endospermi
Kimyasal Kompozisyonu	Düşük galaktozlu galaktomannan; mannoz+galaktoz (oran M:G=3.5 : 1)
Enerji Değeri	252 kJ (60 kcal)
Lif İçeriği	Yaklaşık %80
Toksikoloji	Tanımlanmış bir ADI değeri yoktur
Düşük Sıcaklıkta Suda Çözünürlüğü (H ₂ O)	Düşük çözünürlük
Sulu Çözeltide Görünüm	Opak, gri, bulutsu
Sulu Çözelti Viskozitesi	Soğuk suda düşük, ısıtma ardından soğutmada yüksek
Kayma Stabilitesi	Psödoplastik
Kıvam Arttırıcı Etki	Yüksek, 80°'ye ısıtıldıktan sonra
pH Stabilitesi	Yüksek (pH 3-11)
Dekompozisyon	pH<3,5 da ısıtma güçlü asit veya alkali, güçlü okside edici ajanlar; belirli enzimler
Film Oluşumu	Düşük
Emülsiyon Stabilitesi	Orta
Jelleşme	Sadece ksantan (optimum oran pH 7'de =1 : 1) veya κ-karragenan ile
Jel Gücü ve Stabilitesi	Ksantan ile beraber stabil geri dönüşümlü jel
Jel Transparanlığı	Yok
Jelin Sineresise Eğilimi	Yok - Ksantan veya κ-karrageenan ile beraber
Elektrolitlerin Etkisi (+, +2, +3 katyonlar)	Düşük
Ca ⁺² ile Etkileşim	Yok
Protein Aktivitesi	Yok
Kristalizasyon Kontrolü	Yüksek
Diğer Hidrokolloidlerle Sinerjistik Etki	LBG ve sinameki; Viskozitede artış, jel oluşumu Guar ve Tara gamı; Viskozitede artış Konjak; Jel oluşumu
Diğer Sinerjistik Etki	Ksanthan: Viskozite artışı ve jel oluşumu κ-Karragenan: Jel oluşumunda artış (yüksek jel gücü ve elastisite)
Olumsuz Etkileşim	-
Gıdalarda Kullanım dozu	Düşükten ortaya (%0,1–2, genellikle %0,2–0,5)

2. MATERYAL METOD

2.1 Materyal

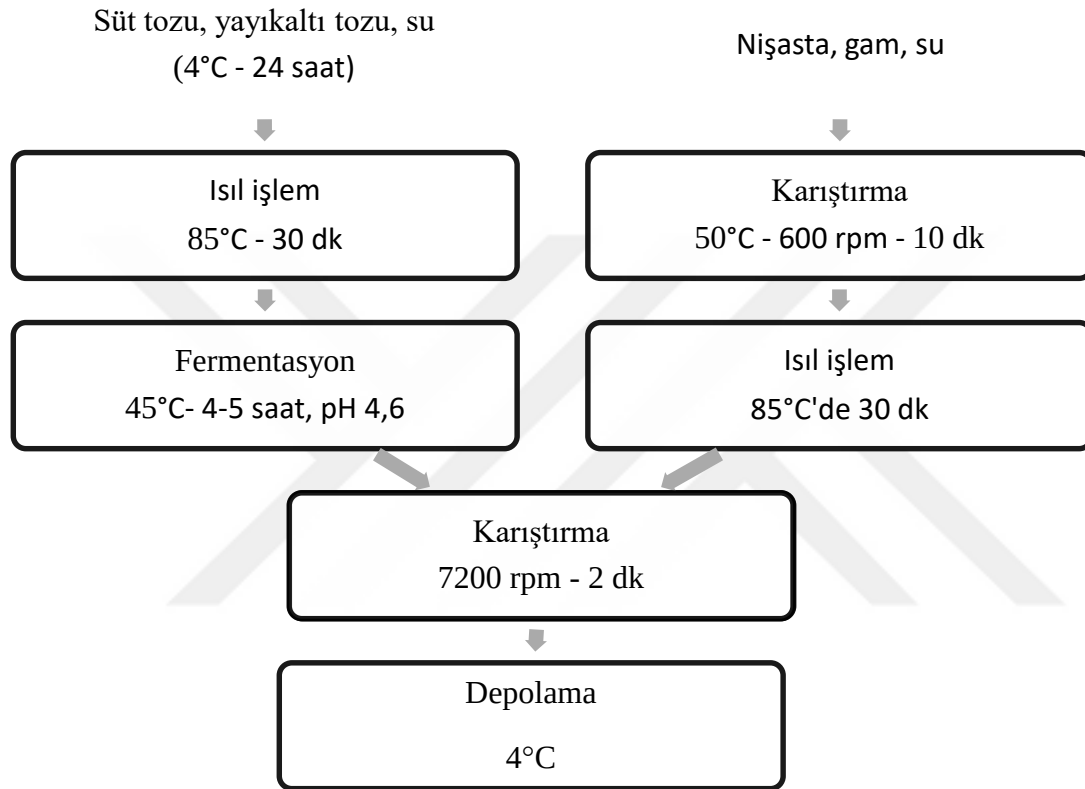
Yayıkaltı tozu (Pinar A.Ş., İzmir) ve yağsız süt tozu (Enka, Konya) süt bazlı bileşenler olarak kullanılmıştır. Formülasyonda kullanılan patates nişastası (Avebe, İzmir), ksantan gamı (Eykim, İstanbul), keçiyoynuzu gamı (İncom, Mersin) firmaları tarafından sağlanmıştır. Fermentasyon için *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbreckii* ssp. *Bulgaricus* içeren starter kültür (Maysa Gıda A.Ş., Evde Yoğurt, İstanbul) kullanılmıştır.

2.2 Yoğurt Üretimi

Ürünün süt bazını oluşturan bileşenler olarak yağsız sütozu ve yayıkaltı suyu tozu seçilmiştir. Üründe yaklaşık olarak 60 mg FA olacak ve 0,6 g laktik asit oluşacak şekilde bileşenlerin oranları hesaplanmıştır. Hesaplama bir mol laktozdan 2 mol laktik asit oluştuğu ve 1 gr laktozdan 0,3159g laktik asit oluştuğu esas alınmıştır. Hesaplamaya göre yağsız süt tozu ve yayıkaltı tozu oranları sırasıyla %2,4 ve %1,4 olarak kullanılmıştır. Formülasyonda kullanılacak patates nişastası, ksantan ve keçiyoynuzu gamı miktarları bağımsız değişkenler olacak şekilde ön denemelerle belirlenen minimum-maksimum aralıklarda denemeler tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Yoğurt üretimi 100 g'lık örnekler halinde iki tekrarlı olarak Şekil 2.1'deki akım şemasına göre gerçekleştirilmiştir. İlk olarak süt tozu ve yayıkaltı tozu gerekli miktarda suyun içerisinde çözündürülmüş ve hidrasyonun sağlanması için bir gece boyunca 4°C'de buzdolabında 1 gece bekletilmiştir. Bu karışım 85°C'de 30 dakika pastörizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Pastörizasyon sonrasında hızla 45°C'ye soğutularak starter kültür %0,08 oranında ilave edilmiştir. pH 4,6 olana kadar etüvde 45°C'de fermentasyon yapılmıştır. Üretimin ikinci aşamasında ise, nişasta, ksantan ve keçiyoynuzu gamlarından oluşan bir karışım hazırlanmıştır. Bileşenlerin sulu çözeltileri %3-5 nişasta ve %0-0,5 ksantan gamı ve %0-0,5 keçiyoynuzu gamı olacak şekilde hazırlanmış, 50°C'de 30 dk su banyosu içerisinde manyetik karıştırıcı ile

kariştırılmış, sonrasında ise su banyosunda 85°C’de 30 dk ısıtılmıştır. Isıtma esnasında belli aralıklarla kariştırılmıştır. Soğutularak 45°C’deki su banyosunda fermente edilen kısım ile kariştırılmıştır. Etkin karişmanın sağlanabilmesi için homojenizatör (Ultraturrax IKA T18 Basic, IKA, Staufen, Almanya) ile 7200 rpm’de 2 dk kariştırılmıştır. Örnekler daha sonra buzdolabında 4°C’de bir gün bekletildikten sonra analizler yapılmıştır.



şekil 2.1: Üretim akış şeması.

2.3 pH

Üretilen numunelerin pH analizleri kalibrasyonu yapılmış pH metre (InoLab®pH/ION 735, WTW, Weilheim, Germany) ile gerekleştirilmıştır.

2.4 Titrasyon Asitliği

10g örnek alınarak üzerine 10 mL saf su ilave edilmiş, %1-2’lik fenolftalein indikatöründen 2-3 damla damlatılıp 0,1 N NaOH ile kalıcı açık pembe renk alıncaya dek titre edilmiş ve asitlik (%) miktarı laktik asit cinsinden aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon Asitliği (\%LA)} = [(S \times 0.009) / \ddot{O}] \times 100$$

S = Titrasyonda kullanılan 0,1 N NaOH çözeltisi (mL)

Ö = Titrasyonda kullanılan yoğurt miktarı (g)

2.5 Su Tutma Kapasitesi

Yoğurt örneklerinin hazırlanmasından 1 gün sonra 5 g örnek alınarak 14 mL'lik santrifüj tüplerinde 5000 rpm'de ve 4 °C'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası ayrılan serum uzaklaştırılıp tekrar tartım yapılarak ayrılan serum miktarı tespit edilmiştir.

$$\text{Su ayrılması (\%)} = [(M1-M2)/M3] \times 100$$

M1: Tüp ve örneğin santrifüj öncesi kütlesi

M2: Tüp ve örneğin santrifüj işleminden sonra kütlesi

M3: Örneğin kütlesi

2.6 Serum Ayrılması

5 g'lık örnekler 14 mL'lik santrifüj kaplarında 4 °C'de buzdolabında depolanmış ve bıraktıkları su miktarları hesaplanmıştır.

2.7 Tekstürel Analizler

Üretimden sonra 4 °C'de 1 gece bekletilen yoğurt örneklerinde penetrasyon testi yapılmıştır. Bu test 50 N'luk yük hücrelerine sahip tekstür cihazında (TA Plus Texture Analyser, Lloyd Instruments, Fareham, Birleşik Krallık) 12 mm çapında silindirik prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Giriş derinliği 5 mm'ye ayarlanmıştır. Cihazın yazılımı kullanılarak giriş için uygulanan kuvvet sertlik, giriş için yapılan iş penetrasyon işi, çıkış için uygulanan kuvvet yapışma kuvveti ve çıkış için yapılan iş yapışkanlık olarak belirlenmiştir.

2.8 Reolojik Analizler

Örneklerin reolojik ölçümlerinde reometrenin (Rhestress1, Thermo-Haake, Almanya) 35 mm çapında konik plaka sensörü (CP35mm-2Ti, Thermo-Haake, Almanya) kullanılarak 5 °C'de gerçekleştirilmiştir. Ölçümler örnekler hazırlandıktan 1 gün sonra gerçekleştirilmiştir. Su banyosu kullanılarak örneğin sıcaklığı 4±1 °C'de sabit tutulmuş ve termal dengenin sağlanması için kaşıkla örnek hazneye konduktan sonra

5 dk bekletilmiş ve sonrasında ölçümler alınmıştır. Ölçümler 1-300 (1/s) kayma hızında 5 dk kayma hızı arttırılarak ve 5 dk kayma hızı azaltılarak karşılık gelen kayma gerilimi ölçülerek yapılmıştır. Stres taraması 0-1000 Pa aralığında 0,1 Hz frekansta gerçekleştirilmiştir. Kırılma (akma) gerilimi G' değerinin G'' değerini kestiği nokta olarak belirlenmiştir. Frekans taraması 0,1-100 Hz aralığında gerçekleştirilmiştir. Reolojik analizler sonrasında Power Law, Herschel-Bulkley ve Casson modeli için R^2 değerleri karşılaştırılmış ve Herschel-Bulkley modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu modelin formülü denklem (2.1)'deki gibidir.

$$\tau = \tau_0 + K(\dot{\gamma})^n \quad (2.1)$$

τ : kayma gerilimi, Pa

τ_0 : akma gerilimi, Pa

K: kıvam katsayısı, Pa.sⁿ

$\dot{\gamma}$: kayma hızı, 1/s [bir türlü noktalısını yapamadım, diğer kaynaklardan da]

n: akış davranış indeksi, -

2.9 Duyusal Analizler

Program tarafından optimizasyon yapıldıktan sonra verilen formülasyonlardan istenilen özelliklere yakın olan 3 tanesi seçilmiş ve tanımlayıcı duyusal analiz İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde görevli öğretim elemanları ve öğrencileri tarafından gerçekleştirilmiştir. Yoğurt için önemli olan yapı ve tat özellikleri değerlendirilmiş ve kabul edilebilirlik belirlenmeye çalışılmıştır. Değerlendirmede yok (0) ve aşırı(5) arasında ölçeklendirme kullanılmıştır (EKC). Örneklerin birbirinden farklılıklarını değerlendirmede tek yönlü ANOVA yapılmıştır. Örnekler arasındaki farklılığı belirlemede Tukey testinden uygulanmıştır.

2.10 İstatistik Analizleri

Yapılan analizlerin istatistiki analizi ve optimum formülasyonun belirlenmesinde Yüzey Tepki Metodu kullanılmıştır. Bu amaçla Design Expert (Design Expert 11.12.0, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA) programı kullanılmıştır. Ön denemelerde belirlenen minimum ve maksimum değerleri Ön Merkezli Kompozit Tasarım ("Face Centered Central Composite Design") yöntemi 3 faktörlü, 3 bloklü, 3 seviyeli ve yıldız

noktası 1 olacak şekilde program aracılığıyla Çizelge 2.1’de verilen deneme deseni oluşturulmuştur.

Çizelge 2.1: Ön-merkezli kompozit tasarım deneme deseni.

Std	Blok	Deneme	Faktör 1 A:nisasta (%)	Faktör 2 B:XG (%)	Faktör 3 C:LBG (%)
6	Gün1	1	5	0	0,1
7	Gün 1	2	3	0,1	0,1
1	Gün 1	3	3	0	0
4	Gün 1	4	5	0,1	0
9	Gün 1	5	4	0,05	0,05
10	Gün 2	6	4	0,05	0,05
2	Gün 2	7	5	0	0
5	Gün 2	8	3	0	0,1
8	Gün 2	9	5	0,1	0,1
3	Gün 2	10	3	0,1	0
16	Gün 3	11	4	0,05	0,1
11	Gün 3	12	3	0,05	0,05
14	Gün 3	13	4	0,1	0,05
12	Gün 3	14	5	0,05	0,05
17	Gün 3	15	4	0,05	0,05
13	Gün 3	16	4	0	0,05
15	Gün 3	17	4	0,05	0



3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Fermente ürün örnekleri tepki yüzey metodundan elde edilen deneme desenine göre hazırlanmış, pH, titrasyon asitliği, reolojik ve tekstürel özellikleri ölçülmüştür. Sonuçlar Çizelge EK-A.13’de gösterilmiştir. Nişasta (A), ksantan gam (B) ve keçiyoynuzu gamı (C) oranlarının bu özelliklere etkilerini gösteren istatistiksel model eşitlikleri, elde edilen ANOVA tablolarında önemli olan faktörler modele dahil edilerek elde edilmiştir. Önemli faktörler p-değerine ($<0,05$) göre belirlenmiştir. Modelin sahip olduğu R^2 değeri deneysel verilerin model tarafından ne ölçüde açıklandığını, ayarlanmış R^2 değeri ise yine model tarafından ortalamadan sapmanın ne ölçüde açıklanabileceğini ifade etmektedir.

Modellerin belirlenmesinin ardından, elde edilen veriler yardımıyla hedeflenen ürün özelliklerine göre optimizasyon yapılmış ve en iyi sonucu verecek 3 formül belirlenmiştir. Bu 3 formüle göre üretim yapılmış ve ürünlerin özellikleri ölçülerek doğrulama yapılmıştır. Eş zamanlı olarak duyu analizlerle örneklerin beğenilme düzeyi belirlenmiştir.

3.1 Reolojik Analizler

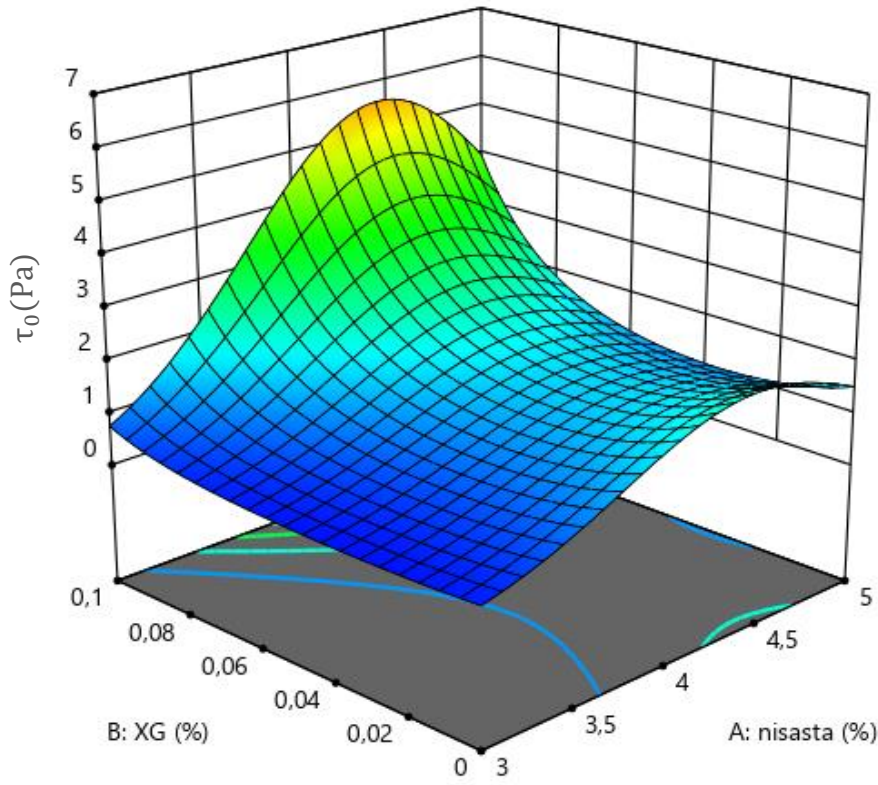
Reolojik veriler power Law, Herschel-Bulkley ve Casson modellerine uyarlanmış ve elde edilen modellerin R^2 değerleri karşılaştırılmıştır. Herschel-Bulkley modelinin verilere uygun olduğu belirlenerek bu modelin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu modelden örneklerin akma gerilimi (τ_0), kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksi (n) belirlenmiştir.

Akma gerilimi sıvı ve katı materyallerin önemli bir reolojik özelliğidir. Akma gerilimi, akışı başlatmak için malzemeye uygulanması gereken minimum kayma gerilimi olarak tanımlanmaktadır. Akma gerilimi verileri için program tarafından önerilen logaritmik transformasyon sonrasında elde edilen ANOVA tablosu Çizelge A.1’de verilmiştir. Elde edilen istatistik model (3.1) numaralı denklemde de görüleceği üzere nişasta ve ksantan gam oranlarının akma gerilimi üzerinde etkileri vardır. Tüm tepkilere ait normal dağılım grafikleri EK-B’de verilmiştir.

$$\log \tau_0 = +0,0419 + 0,3610A + 0,2088B - 0,4341A^2 + 0,3336B^2 \quad (3.1)$$

Şekil 3.1’de verilen grafikte de görüleceği üzere ksantan gamın maksimum miktarı olan 0,1 g için τ_0 değeri nişasta 4,41g’a kadar artmış daha sonra azalmıştır. Tahminlenen en yüksek akma gerilimi değeri ise 5,579 Pa’dır.

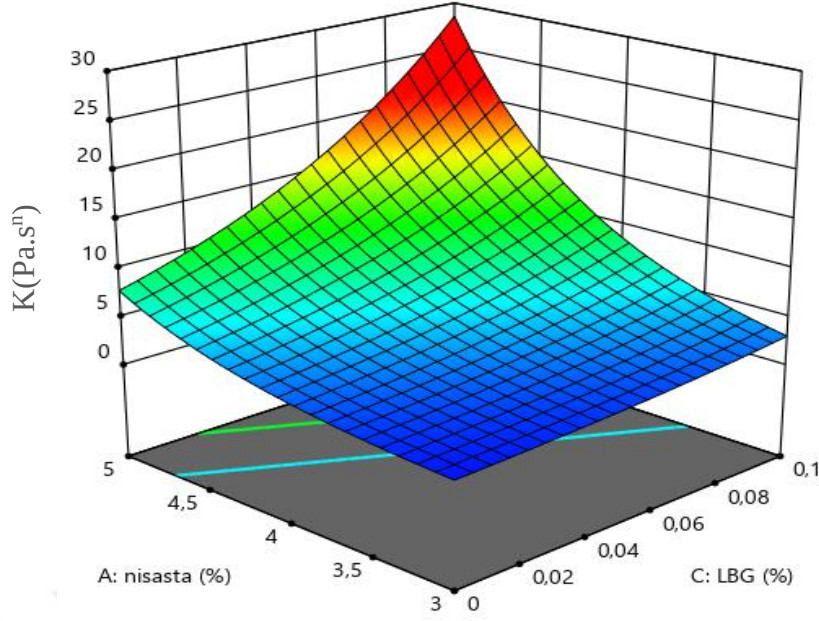
Kıvam katsayısı (K) viskozite hakkında bilgi veren bir özelliktir. Kıvam katsayısı ve akış indeksi arasında ters orantı mevcuttur (Goyal ve Chavan, 2018). Program tarafından önerilen logaritmik transformasyon sonrasında elde edilen Anova tablosu Çizelge A.2’de verilmiştir. Model için verilen denklem (3.2)’de de görüleceği üzere nişasta ve keçiyoynuzu gamı bileşenlerinin önemli etkisi pozitif yöndedir. Yani bu bileşenlerdeki artış viskozitede artışa neden olmuştur.



Şekil 3.1: Örneklerin akma geriliminin tahminlenen modele göre değişimi.

$$\text{Log}_{10}(K) = +0,6489 + 0,4872A + 0,2811C \quad (3.2)$$

Şekil 3.2’de model için verilen grafikte görülebileceği üzere keçiyoynuzu gamı kullanılmadığında nişasta 4,60 g’a artırıldığında kıvam katsayısında artış gözlenmiştir. Keçiyoynuzu gamının eklenmesiyle aynı kıvam katsayısı daha az nişasta ile elde edilebilmiştir.



Şekil 3.2: Örneklerin K değerinin tahminlenen modele göre değişimi.

Akış davranış indeksi (n), akışın karakterizasyonunda önemli bir parametredir. n değerinin 1'e eşit olması akışın Newton-tipi olduğu; kayma geriliminin kayma hızı ile doğru orantılı olarak değiştiği anlamına gelir (Domagala ve diğ., 2005). Buna karşın n değerinin 1'den küçük olması (psödoplastik akış) ise bu değişimin doğru orantılı olmadığını gösterir (Doran, 2013). Hem K hem de n değerleri konsantrasyona bağlı olarak değişir. Konsantrasyonun artmasıyla n değeri azalırken, K değeri artmaktadır (Ahmed ve diğ., 2017). n değerleri 1'den küçüktür yani Newton-tipi olmayan akış görülmektedir. Çizelge A.3'de görüldüğü üzere nişasta ve keçiyoynuzu gamı bileşenlerinin akış davranış indeksi üzerinde etkisi önemlidir. Bu bileşenlerin miktarında meydana gelen artış n değerinde azalmaya sebep olmuştur (Denklem 3.3).

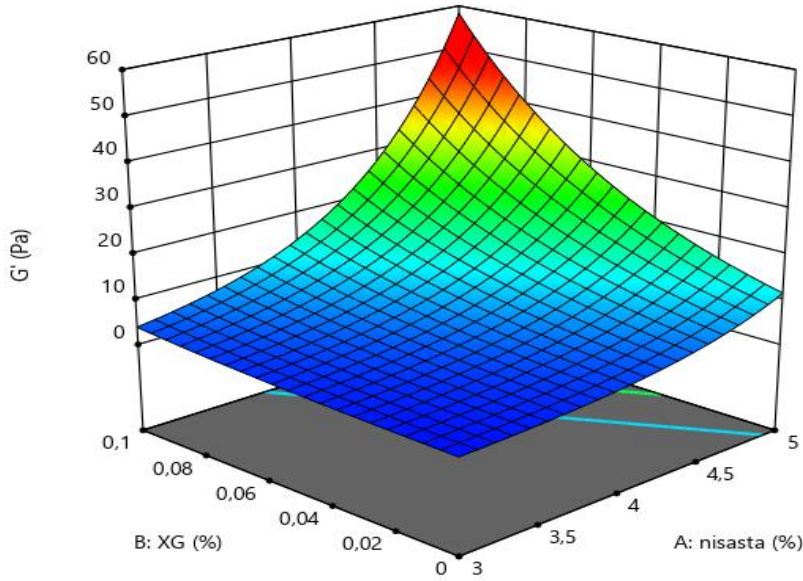
$$n = +0,4838 - 0,0739A - 0,0913C \quad (3.3)$$

Gıdalar viskoelastik, yani aynı zamanda hem katı hem de sıvı özellik gösterebilmektedir. G' (elastik modül) değerinin büyüklüğü örnekte bulunan kalıcı etkileşimlerin sayısı ve bu etkileşimlerin gücü ile doğru orantılıdır. Başka bir deyişle G' örneğin yapısının dayanıklılığının bir ölçüsüdür. Bunun yanında G'' (viskoz modül) örneğin akış özelliklerini ölçer. Gıdalarda $G' > G''$ olması sistemin elastik (katı benzeri), $G' < G''$ olması ise akışkan (sıvı benzeri) olduğunu ifade etmektedir. G' ve G'' değerleri ile alakalı olarak $\tan \delta = G'' / G'$ değeri ise gıdanın viskoelastik özelliğini özetlemede kullanılmaktadır. $\tan \delta$ 'nın yüksek değerleri daha viskoz ya da sıvı benzeri

bir yapıya işaret ederken, düşük değerleri daha elastik ya da katı benzeri bir yapıya işaret etmektedir (Ahmed ve diğ., 2017).

Elastik modül (G') için program tarafından önerilen logaritmik transformasyon sonrasında elde edilen Anova tablosu Çizelge A.4'de verilmiştir. Nişasta, ksantan gamı ve keçiyoynuzu gamı G' değerini etkilemektedir. Model için verilen denklem (3.4)'de de görüleceği üzere bu bileşenlerinde meydana gelen artış G' değerinde artışa neden olmaktadır.

$$\log G' = +0,7276 + 0,5856A + 0,3499B + 0,3303C \quad (3.4)$$



Şekil 3.3: Örneklerin G' değerinin tahminlenen modele göre değişimi.

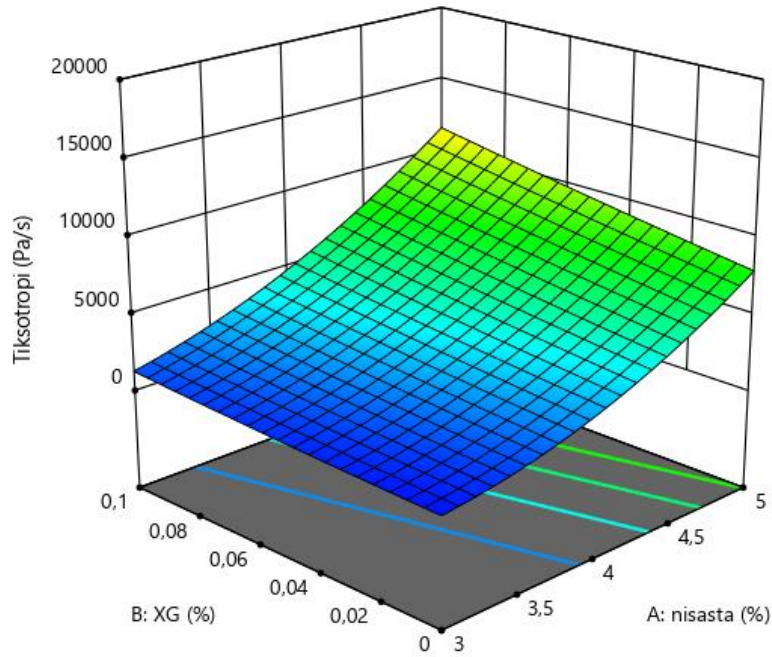
G' değeri nişasta ve ksantan gam miktarlarındaki artış ile artmıştır. Ksantan gamının miktarında meydana gelen artış ile G' değerinde artış gözlemlenmesi için gerekli olan nişasta miktarını azaltmıştır (Şekil 3.3).

Tiksotropik davranış reolojide zamana bağımlı davranış olarak tanımlanmaktadır. Sabit kayma yükü fazı sırasında yapısal dayanımın azalması ve hemen peşinden gelen dinlenme fazı sırasında yapının az veya çok hızlı ancak tam olarak yenilenmesi anlamına gelir. Bu yapısal bozulma ve yeniden toparlanma tamamen geri dönüşümlü bir durumdur (Url-2). Tiksotropik davranış aynı zamanda kayma geçmişine de bağlı olan mikroyapı ile anlaşılabilir. Genellikle parçacıklar arası zayıf çekim güçlerine işaret eder; yapı akış esnasında uygulanan mekanik kuvvetle kırılacak kadar zayıftır. Boyut gerinim oranının artmasıyla daha da küçülür. Tiksotropi proses koşullarını

belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Rotor reometresinin başlatılması sırasında torkun belirlenmesi, yatay bir dairesel tüpte tiksotropik akışkanın izotermal sabit akışı için basınç düşüşünü ve yavaş akış rejiminde belirlenmiş zaman aralığı ve dönme hızında, çapa karıştırıcının gücünün zamana bağlılığını tahmin etmede kullanılır. (Ahmed ve diğ., 2017).

Tiksotropi verilerinin karekök transformasyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen ANOVA tablosu Çizelge A.5’de verilmiştir. Tabloya göre nişasta ve ksantan gamı tiksotropi üzerinde önemli düzeyde etkilidir. Her iki bileşen için de pozitif etki söz konusudur ve bu etki denklem (3.5)’te görülmektedir.

$$\sqrt{Tiksotropi} = 60,39 + 36,95A + 9,51B \quad (3.5)$$



Şekil 3.4: Örneklerin tiksotropi değerinin tahminlenen modele göre değişimi.

Tiksotropi değerinde artış gözlemlenebilmesi için, ksantan gamı miktarında meydana gelen artışın gerekli nişasta miktarını azalttığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.4).

Başka bir reolojik ifade olan geçme noktası (“crossover”); G” değerinin G’ değerini geçtiği kayma gerilimi olarak ifade edilir. Yapının karakterinde katıdan sıvıya doğru değişim olduğu noktanın belirlenmesinde kullanılır.

Geçme noktası değerlerinin karekök transformasyonu sonrasında elde edilen ANOVA tablosu Çizelge A.6’da verilmiştir. p-değerleri göz önüne alındığında nişasta ve ksantan gam miktarı geçme noktası üzerinde önemli ölçüde etkilidir. Bu etkinin

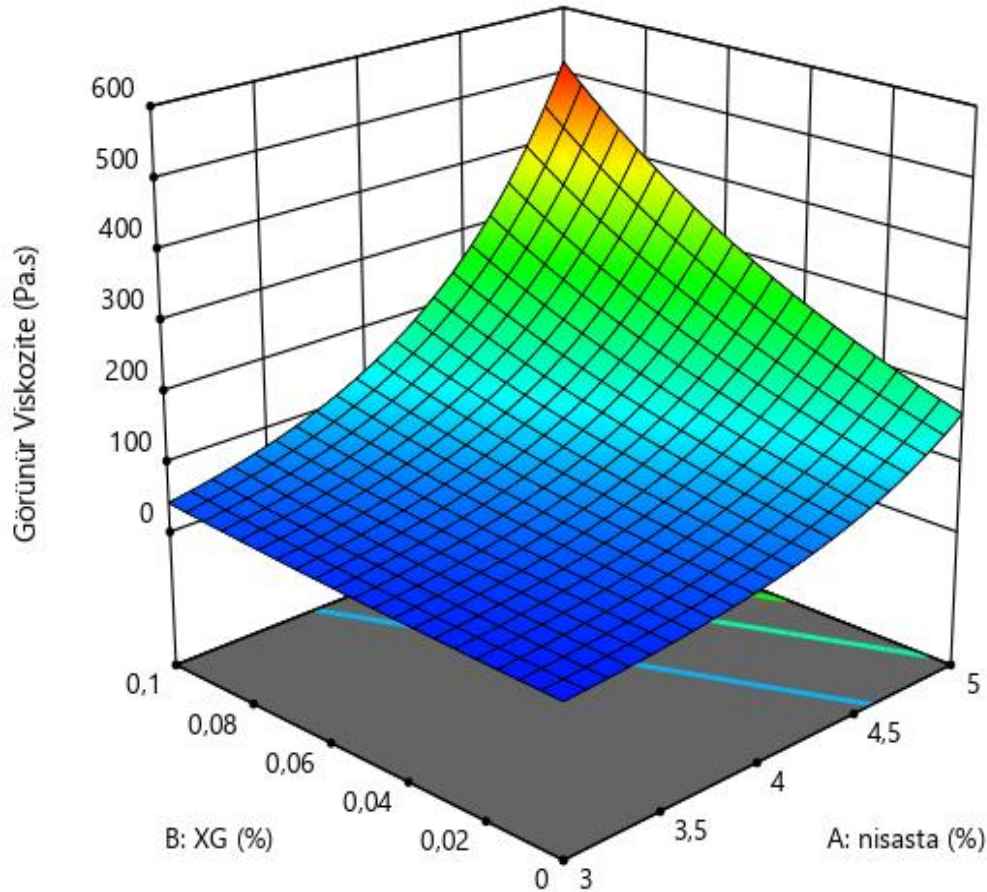
pozitif yönde olduğu, yani miktarındaki artışın kırılma gerilimi değerinde artışa neden olduğu model için verilen denklem (3.6)'de görülmektedir.

$$\sqrt{\text{Geçme noktası}} = +2,07 + 1,17A + 0,5608B \quad (3.6)$$

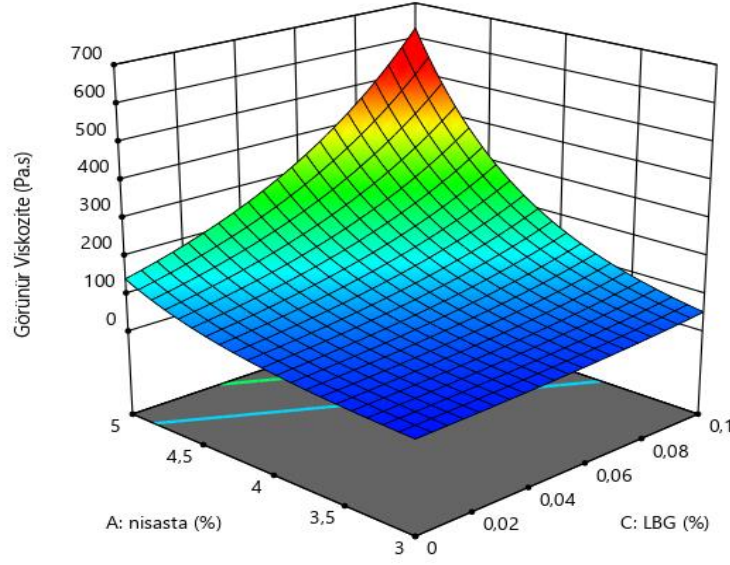
Örneklerin görünür viskozitesi 50 sn^{-1} kayma hızındaki viskozite değeri olarak alınmıştır. Bu kayma hızı ağızda hissedilen kıvam olarak ifade edilmiştir. Bu değer için program tarafından önerilen doğal logaritmik transformasyon sonrasında elde edilen ANOVA tablosu Çizelge A.11'de verilmiştir. Nişasta, ksantan ve keçiyoynuzu gamlarının model üzerine etkisi pozitiftir (Denklem 3.7).

$$\ln(\text{Görünür Viskozite}) = +4,19 + 1,25A + 0,5510B + 0,7449C \quad (3.7)$$

Görünür viskozitede aynı oranda artış gözlemlemek için ksantan gam ve keçiyoynuzu gamı arttıkça daha düşük nişasta konsantrasyonu gerekmiştir (Şekil 3.5.a ve Şekil 3.5.b).



Şekil 3.5.a: Örneklerin görünür viskozite değerinin tahminlenen modele göre değişimi (nişasta ve ksantan gamı için).

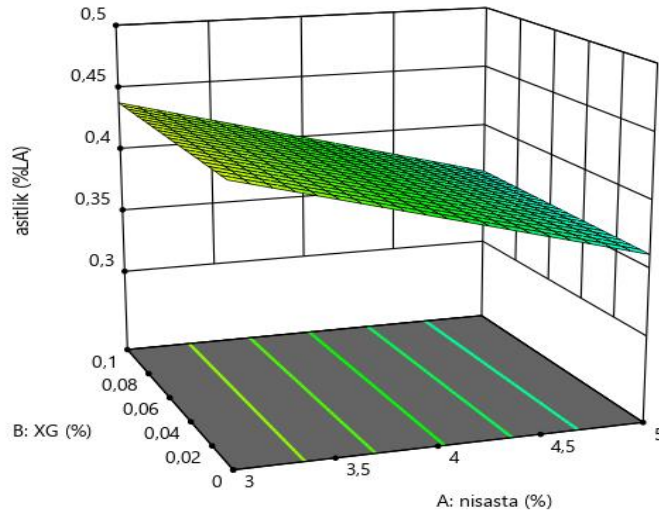


Şekil 3.5.b: Örneklerin görünür viskozite değerinin tahminlenen modele göre değişimi (nişasta ve keçiyoynuzu gamı için).

3.2 Asitlik ve pH

Asitlik değeri fermentasyon sonrasında bakteriler tarafından oluşturulan laktik asidin oranıdır ve yoğurt üretiminde önemli parametrelerden birisidir. Çizelge A7’de fermente ürünlerin asitlik değerlerine ait ANOVA tablosu verilmiştir. Nişasta oranının asitlik üzerinde negatif etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Denklem 3.8). Şekil 3.6’da modelin 3-Boyutlu grafiği verilmiştir. Örneklerin bir gün sonraki pH değeri üzerinde formülasyonun etkili olmadığı saptanmıştır.

$$\text{Asitlik} = +0,4000 - 0,0385A \quad (3.8)$$

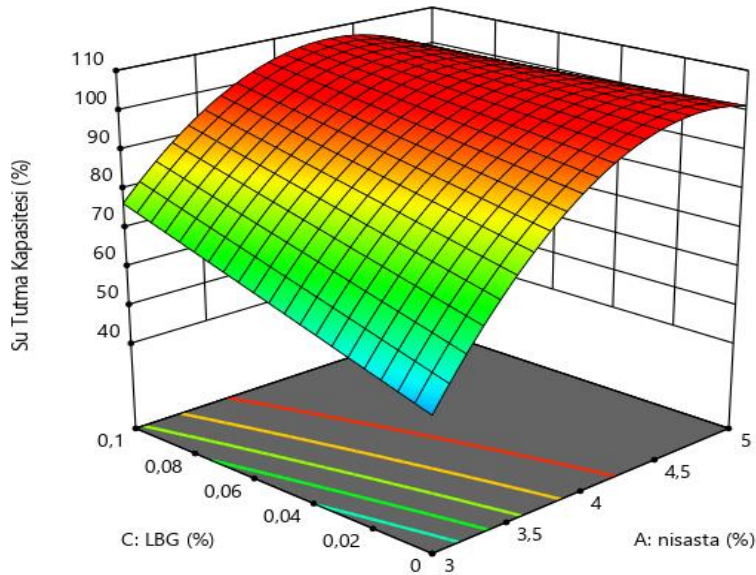


Şekil 3.6: Örneklerin asitlik değerinin tahminlenen modele göre değişimi.

3.3 Su Tutma Kapasitesi ve Serum Ayrılması

Su tutma kapasitesi; gıda maddesinin içerdiği veya sonradan ilave edilen suyun basınç, santrifüj veya sıcaklık uygulamaları esnasında tutulması olarak tanımlanmaktadır. Yoğurt üretiminde su tutma kapasitesi en önemli parametrelerden birisidir. Su tutma kapasitesi yoğurttaki serumun yapıda kalmasının bir göstergesidir. (Gyawali ve Ibrahim, 2016). Örneklerde 1, 3 ve 7 gün depolama sonrasında serum ayrılması gözlemlenmemiştir.

Su tutma kapasitesi için elde edilen ANOVA tablosu Çizelge A.8’de verilmiştir. Nişasta ve keçiyoynuzu gamı miktarında meydana gelen artış su tutma kapasitesinde artışa neden olmuştur. Ancak nişasta ve keçiyoynuzu gamı miktarında aynı anda meydana gelen artış su tutma kapasitesinde azalmaya neden olmuştur (Denklem 3.9).



Şekil 3.7: Su tutma kapasitesi değerinin tahminlenen modele göre değişimi.

$$\text{Su tutma kapasitesi} = 99,71 + 18,14A + 5,84C - 7,30AC - 17,99A^2 \quad (3.9)$$

Nişasta artırıldıkça su tutma kapasitesi artmış ancak belli bir orandan sonra azalmıştır (Şekil 10). Keçiyoynuzu gamının artırılması ile su tutma kapasitesinde daha düşük nişasta konsantrasyonlarında artış tespit edilmiştir.

3.4 Tekstürel Analizler

Örneklerin yapışkanlığı üzerinde nişasta ve ksantan gam önemli düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge A.9, Denklem 3.10). Ayrıca nişasta ve ksantan gam etkileşiminin de önemli ölçüde olmasa da yapışkanlık üzerinde pozitif etkisi vardır.

Sertlik üzerinde etkili olan faktörler ksantan gam, keçiyoynuzu gamı ve bunların interaksyonudur. Ancak ksantan gamının etkisi çok önemli değildir. Keçiyoynuzu gamının etkisi ve gamların interaksyonunun etkisi ise negatiftir. (Çizelge A.10, Denklem 3.11).

$$\text{Yapışkanlık} = -13,67 + 3,66A + 3,36B + 2,16AB \quad (3.10)$$

$$\text{Sertlik} = +37,01 + 4,07B - 4,75C - 8,98BC \quad (3.11)$$

3.4 Optimum Formülün belirlenmesi ve Doğrulanması

Optimum formülün belirlenmesinde örnekler arasında farklılık yaratan ve fermente ürün için önemli olan özellikler (akma gerilimi, kıvam katsayısı ve su tutma kapasitesi) esas alınmıştır. İstatistik programına verilen değerler çizelge 12’de verilmektedir. Optimizasyon sonucunda program tarafından önerilen arasından seçim yapılırken ; denemeler esnasında istenilen yapıyı sağladığı gözlenen örneklerin ve pıhtısı kırılmış yoğurt örneğinin özellikleri baz alınmıştır. Program tarafından önerilen ve birbirinden farklı olan 3 adet formül seçilmiştir (Çizelge 14).

Çizelge 3.1: Optimum formül için aralıklar.

Ad	Amaç	Alt Limit	Üst Limit	Önem Derecesi
A:nisasta	aralıkta	3	5	3
B:XG	aralıkta	0	0,1	3
C:LBG	aralıkta	0	0,1	3
Akma gerilimi (To, Pa)	aralıkta	0,1021	6,766	3
Kıvam katsayısı (K, Pa.s ⁿ)	aralıkta	1,800	6,999	5
Su tutma kapasitesi (%)	maksimize	40,71	100	3

Çizelge 3.2: Program tarafından önerilen formülasyonlar.

Örnek No	Nişasta (g)	Ksantan Gam (g)	Keçiyoynuzu Gamı (g)	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	Su Tutma Kapasitesi (%)
1	4,008	0,034	0,077	1,03	6,40	103,01
	4,565	0,060	0,010	1,45	5,04	102,87
	3,758	0,093	0,096	2,23	6,20	101,33
	4,044	0,047	0,078	1,11	6,69	103,51
	4,428	0,000	0,044	1,74	6,62	103,83
	3,867	0,061	0,089	1,12	6,35	102,27
2	4,133	0,057	0,057	1,31	5,64	102,46
	4,011	0,016	0,059	1,14	5,09	100,99
	4,428	0,100	0,044	4,53	6,62	103,83
3	4,044	0,053	0,078	1,18	6,68	103,51

Optimizasyonun doğrulaması yapılmıştır. Seçilen üç formüle göre fermente ürün örnekleri hazırlanmış ve yapısal özellikleri ölçülmüştür. Örneklerin özellikleri tahmin edilen değerlere yakın bulunmuştur.

Çizelge 3.3: Doğrulama analizleri.

	Niştasta (%)	Ksantam Gam (%)	Keçiyoynuzu Gamı (%)	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	Su Tutma Kapasitesi (%)
1	4,008	0,034	0,077	1,63±0,01	9,02±1,14	100±0
2	4,133	0,057	0,057	2,78±2,20	6,25±2,304	100±0
3	4,044	0,053	0,078	1,593±0,366	8,2165±2,276	100±0

3.5 Duyusal Analizler

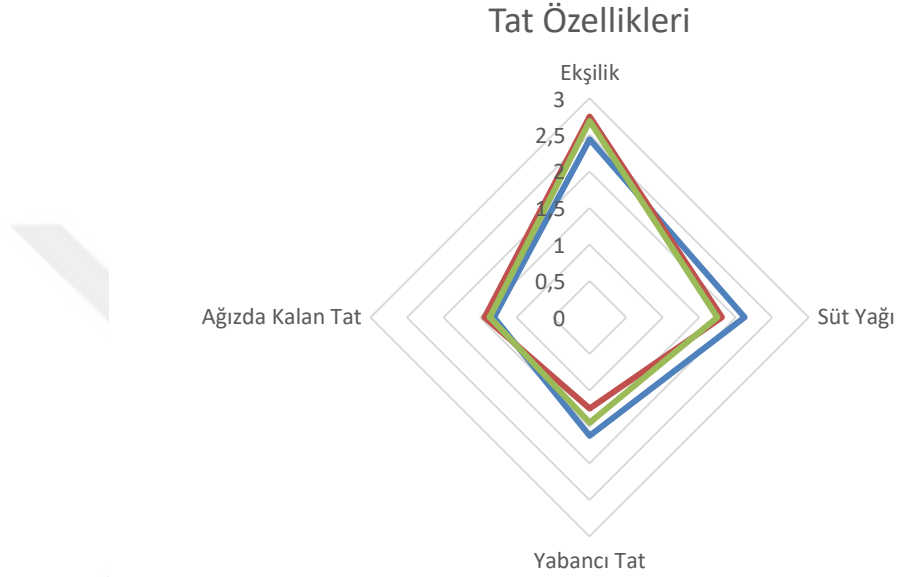
Yapı ve tat için yapılan duyusal analizlerin sonuçları Çizelge C.1 ve Çizelge C.2’de verilmiştir. Optimizasyon sonrasında yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre belirlenen 3 örnek arasında yapısal olarak sadece partikül büyüklüğü arasında fark bulunmuştur. 1 numaralı örneğin partikül büyüklüğü 2 numaralı örneğin partikül büyüklüğünden daha azdır (Şekil 3.8). Partikül büyüklüğündeki artışın sebebi niştasta miktarındaki artış olarak yorumlanmaktadır.



Şekil 3.8: Optimizasyonda elde edilen üç formülün duyusal yapı özellikleri (— niştasta:4,008g, ksantan gam: 0,034g, keçiyoynuzu gamı:0,0072g; — niştasta: 4,133g, ksantan gam= 0,057g, keçiyoynuzu gamı: 0,057g; — niştasta: 4,044g, ksantan gam: 0,053g, keçiyoynuzu gamı:0,078g).

Tat değeriendirildiğinde örnekler arasında fark bulunmamıştır (Şekil 3.9). Panelistlerden bazıları yabancı tat olarak 2 ve 3 numaralı örneklerde meyvemsi tat, bazıları tüm örneklerde unumsu tat aldıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca 2 numaralı örnek için mayonez tadı alındığı da belirtilmiştir.

Kabul edilebilirlik açısından da örnekler arasında farklılık bulunmamıştır. Kabul edilebilirlik sonuçları Çizelge C3’de verilmiştir.



Şekil 3.9: Optimizasyonda elde edilen üç formülün duyusal tat özellikleri (— nişasta:4,008g, ksatan gam: 0,034g, keçiyoynuzu gamı:0,0072g; — nişasta: 4,133g, ksatan gam: 0,057g, keçiyoynuzu gamı: 0,057g; — nişasta: 4,044g, ksatan gam: 0,053g, keçiyoynuzu gamı:0,078g).



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada FKÜ hastaları ve düşük proteinli beslenen tüketicilerin tüketimine uygun düşük-proteinli süt-bazlı fermente bir ürün, yoğurt referans alınarak üretilmiştir. Üründe süt bazı olarak belirli oranda süt tozu ve yayıkaltı suyu tozu kullanılmıştır. Ürün için gerekli optimum nişasta ve gam oranlarının saptanması için tepki yüzey metodu kullanılmıştır. Tepki yüzey metoduna göre hazırlanan örneklerin reolojik, tekstürel, su ayrılması ve su tutma kapasitesi özellikleri ölçülmüştür. Son ürünün içerdiği FA miktarı yaklaşık olarak 60,48 mg/100g'dır.

Ürünün özelliklerine etki eden en etkili faktörün nişasta oranı olduğu bulunmuştur. Ksantan ve keçiyoynuzu gamı da nişastadan sonra etkili olan faktörlerdir. Ürün Newton-tipi olmayan akış sergilemektedir. Reolojik değerlendirmelerde Herschel-Bulkley modeli uygun bulunmuştur. G' değeri üzerine tüm faktörlerin etkisi önemli düzeyde bulunmuştur ve bu etki pozitifdir. Titrasyon asitliği üzerine nişastanın etkisi negatiftir. Örneklerin pH değerleri üzerinde faktörlerin bir etkisi olmadığı saptanmıştır.

Ürün formülü optimizasyonunda hedef olarak kıvam katsayısı, akma gerilimi ve su tutma kapasitesi değerleri kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonrasında 3 optimum formül belirlenmiş ve belirlenen bu 3 formüle göre örnekler hazırlanarak duyu analizi yapılmıştır. Yapılan duyu analizi sonucunda örnekler arasında sadece partikül büyüklüğü açısından farklılık bulunmuştur. Hangi formülün üretim amaçlı kullanılabileceğine yapılacak maliyet analizleri sonrasında karar verilebilir. Ayrıca kabul edilebilirliği arttırmak amacı ile son ürüne aroma ilavesi söz konusu olabilir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Salam, A. M., & Effat, L. K.** (2010). Preparation and evaluation of a novel therapeutic dairy-based drink for phenylketonuria. *North American journal of medical sciences*, 2(2), 66.
- Ahmed, J. A. O., & Razig, K. A. A.** (2017). Effect of Levels of Buttermilk on Quality of Set Yoghurt. *J Nutr Food Sci*, 7(634), 2.
- Ahmed, J., Ptaszek, P., & Basu, S.** (Eds.). (2017). *Advances in food rheology and its applications*. Woodhead Publishing. Bölüm 1.
- Ai, Y., & Jane, J. L.** (2015). Gelatinization and rheological properties of starch. *Starch-Stärke*, 67(3-4), 213-224.
- Al Hafid, N., & Christodoulou, J.** (2015). Phenylketonuria: a review of current and future treatments. *Translational pediatrics*, 4(4), 304.
- Alcázar-Alay, S. C., & Meireles, M. A. A.** (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology*, 35(2), 215-236.
- Alvani, K., Qi, X., Tester, R. F., & Snape, C. E.** (2011). Physico-chemical properties of potato starches. *Food Chemistry*, 125(3), 958-965.
- Ayala-Hernandez, I., Goff, H. D., & Corredig, M.** (2008). Interactions between milk proteins and exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis* observed by scanning electron microscopy. *Journal of dairy science*, 91(7), 2583-2590.
- Barry, K. M., Dinan, T. G., & Kelly, P. M.** (2017). Pilot scale production of a phospholipid-enriched dairy ingredient by means of an optimised integrated process employing enzymatic hydrolysis, ultrafiltration and super-critical fluid extraction. *Innovative food science & emerging technologies*, 41, 301-306.
- Barry, K. M., Dinan, T. G., Stanton, C., & Kelly, P. M.** (2018). Investigation of the neurotrophic effect of dairy phospholipids on cortical neuron outgrowth and stimulation. *Journal of Functional Foods*, 40, 60-67.
- Blau, N., van Spronsen, F. J., & Levy, H. L.** (2010). Phenylketonuria. *The Lancet*, 376(9750), 1417-1427.
- Buldo, P., Benfeldt, C., Folkenberg, D. M., Jensen, H. B., Amigo, J. M., Sieuwerts, S., & Ipsen, R.** (2016). The role of exopolysaccharide-producing cultures and whey protein ingredients in yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 189-198.
- Caballero, B., Trugo, L. C., & Finglas, P. M.** (2003). Encyclopedia of food sciences and nutrition. Academic, Pages 5561-5567

- Chandan, R. C., & Kilara, A.** (Eds.). (2006). *Manufacturing yogurt and fermented milks* (p. 496). Hoboken (NJ): Wiley-Blackwell.
- Chandan, R. C., Kilara, A., & Shah, N. P.** (Eds.). (2015). *Dairy processing and quality assurance*. John Wiley & Sons, Bölüm 18
- Conway, V., Gauthier, S. F., & Pouliot, Y.** (2014). Buttermilk: much more than a source of milk phospholipids. *Animal Frontiers*, 4(2), 44-51.
- Domagala, J., Sady, M., Grega, T., & Bonczar, G.** (2005). The influence of storage time on rheological properties and texture of yoghurts with the addition of oat-maltodextrin as the fat substitute. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 395-404.
- Doran, P. M.** (2013). *Bioprocess engineering principles*. Academic Press., Bölüm 7.
- El-Metwally, A., Yousef Al-Ahaidib, L., Ayman Sunqurah, A., Al-Surimi, K., Househ, M., Alshehri, A., ... & AlOdaib, A. N.** (2018). The Prevalence of Phenylketonuria in Arab Countries, Turkey, and Iran: A Systematic Review. *BioMed research international*, 2018.
- Ergül, N., & Karakaya, S.** (2013). Fenilketonüri Hastaları İçin Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.) İçeren Toz Puding Karışımı Üretimi. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 11(2).
- Ermış, E., Güneş, R., Zent, İ., Çağlar, M. Y., & Yılmaz, M. T.** (2018). Characterization of hazelnut milk fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *GIDA/The Journal of FOOD*, 43(4).
- Foster, A. L.** (2014). *Sensory comparison of low-protein recipes with glycomacropeptide-containing BetterMilk and liquid non-dairy coffee creamer among adults with phenylketonuria* (Doctoral dissertation, University of Alabama Libraries).
- Fuquay, J. W., McSweeney, P. L., & Fox, P. F.** (2011). *Encyclopedia of dairy sciences*. Academic Press, Volume 2
- Goldar, P., Givianrad, M. H., & Shams, A.** (2016). Effect of ultrafiltered milk permeate and non-dairy creamer powder concentration on low phenylalanine yoghurt's physicochemical properties during storage. *Journal of food science and technology*, 53(7), 3053-3059.
- Goyal, M. R., & Chavan, R. S.** (2018). *Technological Interventions in Dairy Science: Innovative Approaches in Processing, Preservation, and Analysis of Milk Products*. Apple Academic Press., Bölüm 11
- Gularte, M. A., & Rosell, C. M.** (2011). Physicochemical properties and enzymatic hydrolysis of different starches in the presence of hydrocolloids. *Carbohydrate Polymers*, 85(1), 237-244.
- Güler Z., Sezgin E., Atamer M.**, 1996, Yayıkalı Tozunun Yoğurt Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması, *Gıda*, 21(5), 317-322
- Gyawali, R., & Ibrahim, S. A.** (2016). Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. *Trends in food science & technology*, 56, 61-76.

- Holzmüller, W., Gmach, O., Griebel, A., & Kulozik, U.** (2016). Casein precipitation by acid and rennet coagulation of buttermilk: Impact of pH and temperature on the isolation of milk fat globule membrane proteins. *International dairy journal*, 63, 115-123.
- Köse, Ş., & Ocak, E.** (2014). Yoğurtta lezzet bileşenlerinin oluşumu ve bu oluşum üzerine etki eden faktörler. *Akademik Gıda*, 12(2), 101-107.
- Krystijan, M., Adamczyk, G., Sikora, M., & Tomasik, P.** (2013). Long-term storage stability of selected potato starch–non-starchy hydrocolloid binary gels. *Food Hydrocolloids*, 31(2), 270-276.
- Kumar, L., Brennan, M. A., Mason, S. L., Zheng, H., & Brennan, C. S.** (2017). Rheological, pasting and microstructural studies of dairy protein–starch interactions and their application in extrusion-based products: A review. *Starch-Stärke*, 69(1-2), 1600273.
- Küçükkasap, T.** (2013). Türkiye'de Fenilketonüri Hastalığında Tanı, Tedavi, İzlem ve Uygulamaların Saptanması., Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi.
- Li, J. M., & Nie, S. P.** (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 53, 46-61.
- Li, S., Zhang, Y., Wei, Y., Zhang, W., & Zhang, B.** (2014). Thermal, pasting and gel textural properties of commercial starches from different botanical sources. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 4(4), 1.
- MacLeod, E. L., & Ney, D. M.** (2010). Nutritional management of phenylketonuria. *Annales Nestlé (English ed.)*, 68(2), 58-69.
- Mandala, I. G., & Palogou, E. D.** (2003). Effect of preparation conditions and starch/xanthan concentration on gelation process of potato starch systems. *International Journal of Food Properties*, 6(2), 311-328.
- Megep**, 2016, Fermente Süt Ürünleri Üretimi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı
- Moslemi, M., Mazaheri Nezhad Fard, R., Hosseini, S. M., Homayouni-Rad, A., & Mortazavian, A. M.** (2016). Incorporation of propionibacteria in fermented milks as a probiotic. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(8), 1290-1312.
- Ney, D. M., Gleason, S. T., Van Calcar, S. C., MacLeod, E. L., Nelson, K. L., Etzel, M. R., ... & Wolff, J. A.** (2009). Nutritional management of PKU with glycomacropeptide from cheese whey. *Journal of inherited metabolic disease*, 32(1), 32-39.
- Oh, H. E., Anema, S. G., Wong, M., Pinder, D. N., & Hemar, Y.** (2007). Effect of potato starch addition on the acid gelation of milk. *International Dairy Journal*, 17(7), 808-815.
- Özdemir, S., & Bodur, A. E.** (1994). Yoğurt üretimi sırasında oluşan fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olaylar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(3), 47-87.

- Pang, Z., Deeth, H., Prakash, S., & Bansal, N.** (2016). Development of rheological and sensory properties of combinations of milk proteins and gelling polysaccharides as potential gelatin replacements in the manufacture of stirred acid milk gels and yogurt. *Journal of Food Engineering*, 169, 27-37.
- Pimentel, F. B., Alves, R. C., Costa, A. S., Torres, D., Almeida, M. F., & Oliveira, M. B. P.** (2014). Phenylketonuria: protein content and amino acids profile of dishes for phenylketonuric patients. The relevance of phenylalanine. *Food chemistry*, 149, 144-150.
- Routray, W., & Mishra, H. N.** (2011). Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 208-220.
- Saha, D., & Bhattacharya, S.** (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of food science and technology*, 47(6), 587-597.
- Sanlibaba, P., & Çakmak, G. A.** (2016). Exopolysaccharides production by lactic acid bacteria. *Appl. Microbiol. Open Access*, 2, 115.
- Sanchez, C., Zuniga-Lopez, R., Schmitt, C., Despond, S., & Hardy, J.** (2000). Microstructure of acid-induced skim milk–locust bean gum–xanthan gels. *International Dairy Journal*, 10(3), 199-212.
- Shah, N. P.** (Ed.). (2017a). *Yogurt in health and disease prevention*. Academic Press., Bölüm 3
- Shah, N. P.** (Ed.). (2017b). *Yogurt in health and disease prevention*. Academic Press., Bölüm 4,
- Singh, J., & Kaur, L.** (Eds.). (2016). *Advances in potato chemistry and technology*. Academic press., Bölüm 8
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S.** (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food chemistry*, 81(2), 219-231.
- Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., & Jiménez-Flores, R.** (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 525-536.
- Soltanizadeh, N., & Mirmoghtadaie, L.** (2014). Strategies Used in Production of Phenylalanine-Free Foods for PKU Management. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(3), 287-299.
- Soyuçok, A., Teslime, E. K. İ. Z., & Kılıç, G. B.** (2016). Ekzopolisakkaritlerin özellikleri ve gıda sanayindeki önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 332-344.
- Strisciuglio, P., & Concolino, D.** (2014). New strategies for the treatment of phenylketonuria (PKU). *Metabolites*, 4(4), 1007-1017.
- Sun, A., & Gunasekaran, S.** (2009). Yield stress in foods: measurements and applications. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 70-101.
- Viebke, C., Al-Assaf, S., & Phillips, G. O.** (2014). Food hydrocolloids and health claims. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 4(2), 101-114.

- Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J.** (2005). *Dairy science and technology*. CRC press. Bölüm 1.
- Wüstenberg, T.** (2014). Cellulose and cellulose derivatives in the food industry: fundamentals and applications. John Wiley & Sons. Bölüm 1.
- Yari, A., & Ramezan, Y.** (2017). Analog kefir production with a low phenylalanine for Phenylketonuria. *Journal of Pharmaceutical and Health Sciences*, 5(2), 111-120.
- Yildiz, F.** (2010a). *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*. CRC press., Bölüm 1.
- Yildiz, F.** (2010a). *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*. CRC press., Bölüm 2.
- Url-1** <<http://gumushane.ism.saglik.gov.tr/index.php/haberler/item/694-1-haziran-ulusal-fenilketonuri-gunu>>, erişim tarihi 24.01.2018
- Url-2** <<https://www.anton-paar.com/corp-en/services-support/document-finder/application-reports/joe-flow-09-thixotropy-and-structure-recovery/>>, erişim tarihi 12.04.2019



EKLER

EK-A : ANOVA Tabloları ve Sonuç Tablosu

EK-B : Normal Dağılım Grafikleri

EK-C : Duyusal Analiz Formu ve Sonuçları



EK-A: ANOVA Tabloları**Çizelge A.1:** Akma gerilimi ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,0692	2	0,0346			
Model	2,35	4	0,5872	6,70	0,0069	significant
A-nisasta	1,30	1	1,30	14,86	0,0032	
B-XG	0,4361	1	0,4361	4,97	0,0498	
A ²	0,5049	1	0,5049	5,76	0,0373	
B ²	0,2981	1	0,2981	3,40	0,0950	
Residual	0,8766	10	0,0877			
Cor Total	3,29	16				
Std. Dev.	0,2961	R ²	0,7282			
Mean	-0,0253	Adjusted R ²	0,6195			
C.V. %	1171,90	Predicted R ²	0,0402			
		Adeq Precision	7,5980			

Çizelge A.2: Kıvam katsayısı ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,0242	2	0,0121			
Model	3,16	2	1,58	45,64	< 0.0001	Significant
A-nisasta	2,37	1	2,37	68,48	< 0.0001	
C-LBG	0,7901	1	0,7901	22,80	0,0005	
Residual	0,4159	12	0,0347			
Cor Total	3,60	16				
Std. Dev.	0,1862	R ²	0,8838			
Mean	0,6469	Adjusted R ²	0,8644			
C.V. %	28,78	Predicted R ²	0,7454			
		Adeq Precision	16,1390			

Çizelge A.3: Akış indeksi ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,0151	2	0,0075			
Model	0,1379	2	0,0690	49,46	< 0.0001	Significant
A-nisasta	0,0546	1	0,0546	39,14	< 0.0001	
C-LBG	0,0833	1	0,0833	59,77	< 0.0001	
Residual	0,0167	12	0,0014			
Cor Total	0,1697	16				
Std. Dev.	0,0373	R ²	0,8918			
Mean	0,4880	Adjusted R ²	0,8738			
C.V. %	7,65	Predicted R ²	0,7772			
		Adeq Precision	18,1046			

Çizelge A.4: Elastik modül ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,1814	2	0,0907			
Model	5,74	3	1,91	19,18	0,0001	significant
A-nisasta	3,43	1	3,43	34,35	0,0001	
B-XG	1,22	1	1,22	12,27	0,0050	
C-LBG	1,09	1	1,09	10,93	0,0070	
Residual	1,10	11	0,0998			
Cor Total	7,02	16				
Std. Dev.	0,3159	R ²	0,8395			
Mean	0,7321	Adjusted R ²	0,7958			
C.V. %	43,16	Predicted R ²	0,5967			
		Adeq Precision	14,8694			

Çizelge A.5: Tiksotropi ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	49,00	2	24,50			
Model	14560,96	2	7280,48	37,34	< 0,0001	significant
A-nisasta	13656,41	1	13656,41	70,05	< 0,0001	
B-XG	904,55	1	904,55	4,64	0,0523	
Residual	2339,56	12	194,96			
Cor Total	16949,52	16				
Std. Dev.	13,96	R ²	0,8616			
Mean	60,66	Adjusted R ²	0,8385			
C.V. %	23,02	Predicted R ²	0,7014			
		Adeq Precision	12,3125			

Çizelge A.6: Geçme noktası ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,6454	2	0,3227			
Model	16,85	2	8,43	12,62	0,0011	significant
A-nisasta	13,71	1	13,71	20,53	0,0007	
B-XG	3,14	1	3,14	4,71	0,0508	
Residual	8,01	12	0,6676			
Cor Total	25,51	16				
Std. Dev.	0,8171	R ²	0,6778			
Mean	2,08	Adjusted R ²	0,6241			
C.V. %	39,27	Predicted R ²	0,3993			
		Adeq Precision	8,9380			

Çizelge A.7: Asitlik ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,0039	2	0,0019			
Model	0,0148	1	0,0148	12,61	0,0035	significant
A-nisasta	0,0148	1	0,0148	12,61	0,0035	
Residual	0,0153	13	0,0012			
Cor Total	0,0340	16				
Std. Dev.	0,0343	R ²		0,4925		
Mean	0,4013	Adjusted R ²		0,4534		
C.V. %	8,54	Predicted R ²		0,1084		
		Adeq Precision		6,6197		

Çizelge A.8: Su tutma kapasitesi ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	309,12	2	154,56			
Model	5039,05	4	1259,76	38,26	< 0.0001	significant
A-nisasta	3292,05	1	3292,05	99,99	< 0.0001	
C-LBG	340,59	1	340,59	10,34	0,0092	
AC	425,74	1	425,74	12,93	0,0049	
A ²	980,68	1	980,68	29,79	0,0003	
Residual	329,25	10	32,92			
Cor Total	5677,42	16				
Std. Dev.	5,74	R ²		0,9387		
Mean	89,05	Adjusted R ²		0,9141		
C.V. %	6,44	Predicted R ²		0,7779		
		Adeq Precision		15,1641		

Çizelge A.9: Yapışkanlık ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	75,07	2	37,53			
Model	284,70	3	94,90	11,55	0,0010	significant
A-nisasta	134,28	1	134,28	16,34	0,0019	
B-XG	113,01	1	113,01	13,75	0,0034	
AB	37,41	1	37,41	4,55	0,0562	
Residual	90,38	11	8,22			
Cor Total	450,15	16				
Std. Dev.	2,87	R ²		0,7590		
Mean	-13,47	Adjusted R ²		0,6933		
C.V. %	21,28	Predicted R ²		0,5241		
		Adeq Precision		10,8324		

Çizelge A.10: Sertlik ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	89,72	2	44,86			
Model	1035,53	3	345,18	7,63	0,0049	significant
B-XG	165,28	1	165,28	3,65	0,0824	
C-LBG	225,49	1	225,49	4,98	0,0473	
BC	644,76	1	644,76	14,25	0,0031	
Residual	497,73	11	45,25			
Cor Total	1622,99	16				
Std. Dev.	6,73		R ²	0,6754		
Mean	36,68		Adjusted R ²	0,5868		
C.V. %	18,34		Predicted R ²	0,1530		
			Adeq Precision	7,4714		

Çizelge A.11: Görünür viskozite ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	1,25	2	0,6261			
Model	24,16	3	8,05	13,62	0,0005	significant
A-nisasta	15,58	1	15,58	26,34	0,0003	
B-XG	3,04	1	3,04	5,13	0,0446	
C-LBG	5,55	1	5,55	9,38	0,0108	
Residual	6,50	11	0,5914			
Cor Total	31,92	16				
Std. Dev.	0,7690		R ²	0,7879		
Mean	4,17		Adjusted R ²	0,7300		
C.V. %	18,43		Predicted R ²	0,4643		
			Adeq Precision	12,5294		

Çizelge A.12: pH ANOVA tablosu.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Block	0,0268	2	0,0134			
Model	0,0000	0				
Residual	0,0188	14	0,0013			
Cor Total	0,0457	16				
Std. Dev.	0,0367		R ²	0,0000		
Mean	4,49		Adjusted R ²	0,0000		
C.V. %	0,8179		Predicted R ²	-0,5174		
			Adeq Precision	6,1181		

Çizelge A.13: Yapılan üretimlerden elde edilen sonuçlar.

Run	Nisasta (g)	XG (g)	LBG (g)	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	n (-)	G' (Pa)	Tiksotropi (Pa)	Kırılma Gerilimi (Pa)	Asitlik (%LA)	Su T. Kap. (%)	Sertlik (mN)	Yapışkanlık (mN)	Görünür Viskozite (Pa.s)	pH
1	5	0	0,1	3,26	18,91	0,329	14,13	5302	4,761	0,34	100	40,510	-15,907	292	4,48
2	3	0,1	0,1	0,3972	3,489	0,475	5,69	1442	1,996	0,41	78,8	28,292	-15,730	49,9	4,47
3	3	0	0	0,1021	0,407	0,663	0,13	210,9	0	0,4	40,7	26,595	-17,653	3,24	4,45
4	5	0,1	0	1,935	6,723	0,510	9,03	10999	8,564	0,34	100	56,12	-2,146	64,1	4,46
5	4	0,05	0,05	1,545	6,272	0,442	8,315	4260	6,119	0,4	100	34,651	-10,192	127,8	4,51
6	4	0,05	0,05	0,7852	6,158	0,444	7,813	3893	4,43	0,46	95,21	35,6038	-18,997	66,9	4,395
7	5	0	0	1,784	9,252	0,457	11,47	9918	11,02	0,31	100	34,7859	-16,00	177	4,41
8	3	0	0,1	0,4752	3,594	0,400	2,01	505,2	1,798	0,435	81,13	31,1306	-20,268	34,9	4,44
9	5	0,1	0,1	3,162	14,22	0,346	45,37	7046	13,81	0,36	100	31,4715	-9,301	526	4,53
10	3	0,1	0	1,091	1,133	0,590	1,9	816,9	1,003	0,49	60,82	65,2038	-19,031	42,8	4,4
11	4	0,05	0,1	1,335	11,24	0,399	12,46	4340	6,949	0,39	100	34,3317	-6,497	193	4,53
12	3	0,05	0,05	0,2063	0,8232	0,6332	1,543	127,4	0,7919	0,4	57,14	31,4881	-15,824	9,87	4,55
13	4	0,1	0,05	6,766	6,152	0,5184	40,033	7385	16,84	0,45	100	35,871	-6,142	297	4,53
14	5	0,05	0,05	0,4961	21,18	0,3809	47,13	15170	17,71	0,4	100	28,9888	-8,506	360	4,53
15	4	0,05	0,05	0,93035	3,354	0,5558	2,675	2858,5	1,8034	0,4375	100	34,6503	-13,843	31,2	4,505
16	4	0	0,05	0,5189	3,22	0,5064	1,327	1354	0,5047	0,395	100	43,2816	-16,138	14,8	4,49
17	4	0,05	0	0,9183	2,042	0,6416	1,777	3877	1,005	0,405	100	30,5176	-16,848	19,1	4,57

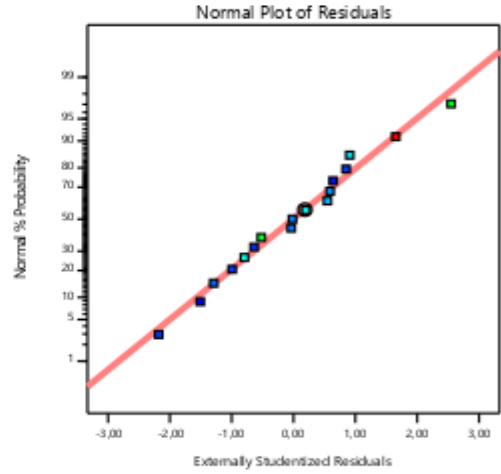
EK-B: Normal Dağılım Grafikleri

Design-Expert® Software

Log10(To)

Color points by value of
Log10(To):

-0,991 0,830



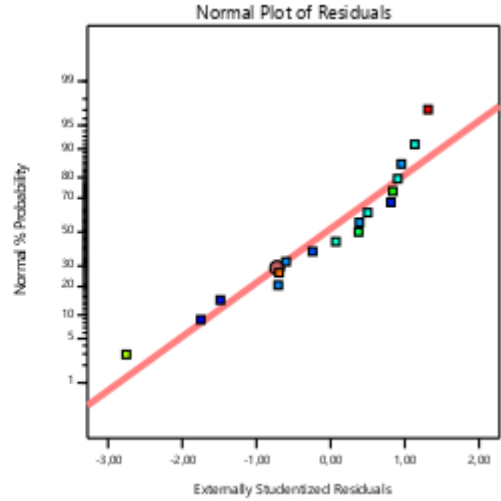
Şekil B.1: Akma gerilimi normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

Log10(K)

Color points by value of
Log10(K):

-0,390 1,326



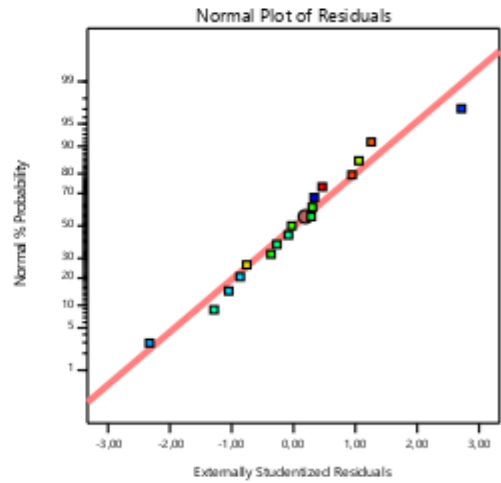
Şekil B.2: Kıvam katsayısı normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

n

Color points by value of
n:

0,329 0,6632



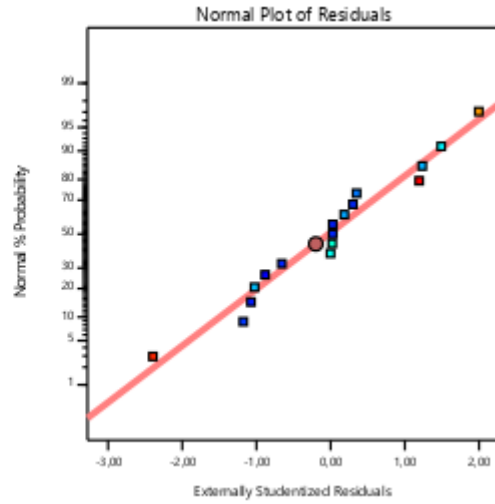
Şekil B.3: Akış indeksi normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

Log10(G')

Color points by value of
Log10(G'):

-0,886 1,673



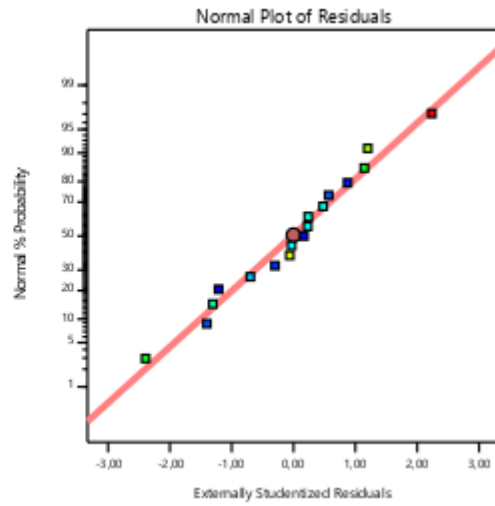
Şekil B.4: Elastik modül normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

Sqrt(Tiksotropi)

Color points by value of
Sqrt(Tiksotropi):

11,287 123,167



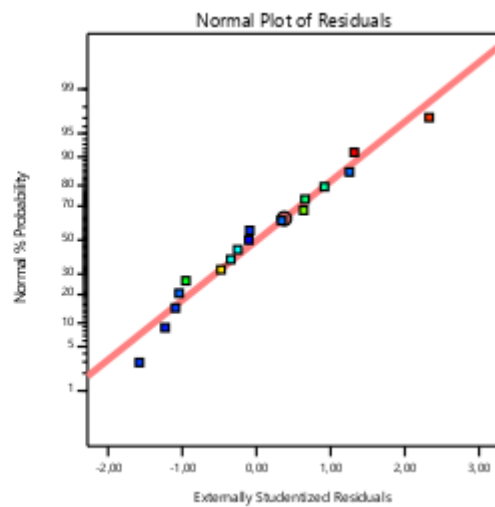
Şekil B.5: Tiksotropi normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

Sqrt(Crossover)

Color points by value of
Sqrt(Crossover):

0,000 4,208



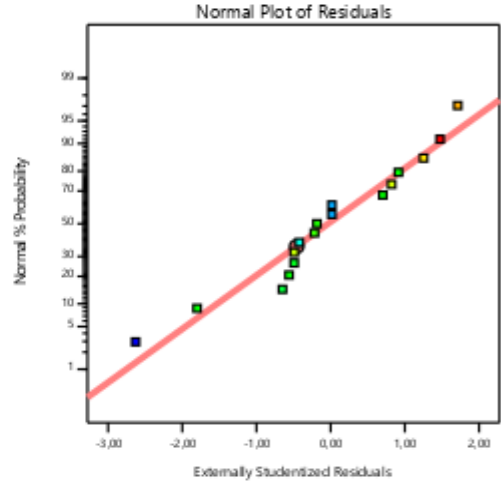
Şekil B.6: Geçme noktası normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

asitlik

Color points by value of
asitlik:

0,31 0,49



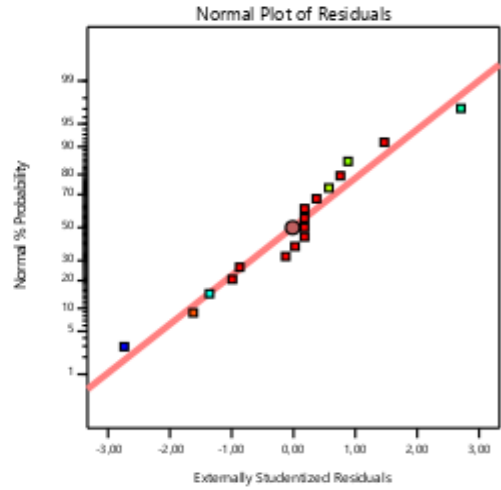
Şekil B.7: Asitlik normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

WHC

Color points by value of
WHC:

40,71 100



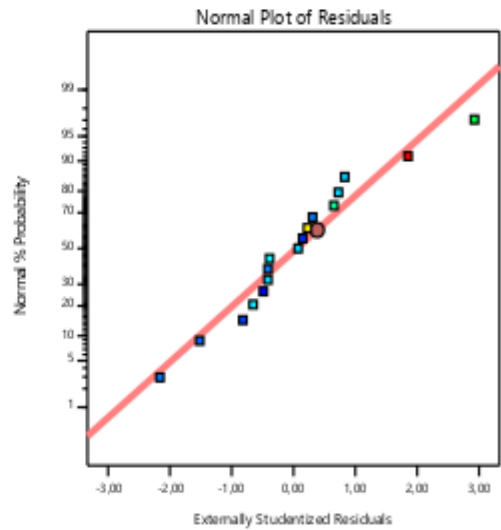
Şekil B.8: Su tutma kapasitesi normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

Sertlik

Color points by value of
Sertlik:

26,5953 65,2038



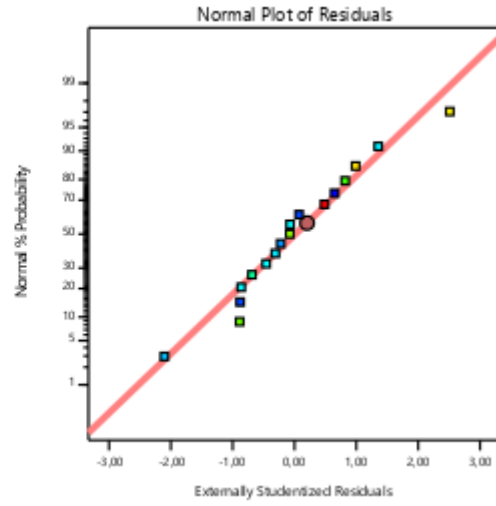
Şekil 9: Sertlik normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

Yapışkanlık

Color points by value of
Yapışkanlık:

-20,2684  -2,1461



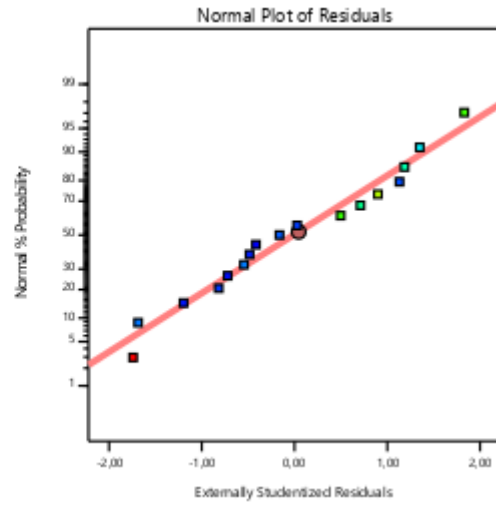
Şekil B.10: Yapışkanlık normal dağılım grafiği.

Design-Expert® Software

ln(Görünür Visk.)

Color points by value of
ln(Görünür Visk.):

1,176  6,265



Şekil B.11: Görünür viskozite normal dağılım grafiği.

EK-C: Duyusal Analiz Formu

İsim Soyisim:

Tarih:

FERMENTE SÜT BENZERİ ÜRÜN TANIMLAYICI DUYUSAL ANALİZ

Açıklamalar:

1. Örneklerin önce yapı sonra tat özelliklerini değerlendiriniz. Rengi değerlendirirken numune kabının siyah karton üzerinde olmasına özen gösteriniz.
2. Kaşık yardımı ile numuneyi alınız ve tanımlara göre değerlendiriniz.
3. Bir örnekten diğerine geçerken kraker ve su ile ağzınızı temizleyiniz.

A.1) YAPI ÖZELLİKLERİ

Özellik	0 Yok	1 Az	2 Biraz	3 Orta	4 Fazla	5 Aşırı
1) Renk						
2) Parçacıklı Yapı						
3) Partikül Büyüklüğü						
4) Kıvam						
5) Kaşıklanabilirlik						
6) Yapışkanlık						
7) Uzayabilirlik						

Yorumlar:

A.2) YAPI ÖZELLİKLERİN TANIMLARI

Özellik	Tanım
Renk	Kar Beyazı: 0 – Krem: 5
Parçacıklı Yapı	Kaşıklama esnasında gözle görülen/ yeme esnasında ağızda hissedilen parçacık varlığı Süt: 0 – Kesilmiş süt: 5
Parçacık Büyüklüğü	Gözlenen parçacıkların büyüklüğü Un: 0 – Şeker Kristali: 5
Kıvam	Kaşıktan dökülme hızı Su: 0 – Bal: 5
Kaşıklanabilirlik	Aşırı kuvvet uygulamadan kaşıklanabilen Su:0 – Süzme Yoğurt: 5
Yapışkanlık	Örneğin kaşığa yapışma düzeyi Su:0 – Bal:5
Uzayabilirlik (slimeness)	Kaşıktan bütün halinde akma düzeyi Su:0 – Uzayan yoğurt:5

B.1) TAT ÖZELLİKLERİ

Özellik	0 Yok	1 Az	2 Biraz	3 Orta	4 Fazla	5 Aşırı
1) Ekşilik						
2) Süt Yağı Tadı						
3) Yabancı Tat <u>Tanımlayınız:</u>						
4) Ağızda Kalan Tat <u>Tanımlayınız:</u>						

Yorumlar:

C.1) Yapı ve tat özelliklerine göre puan veriniz.

	0 Yok	1 Az	2 Biraz	3 Orta	4 Fazla	5 Aşırı
Kabul Edilebilirlik						

B.2) TAT ÖZELLİKLERİ TANIMLARI

Özellik	Tanım
Ekşilik	Süt: 0 – Süzme Yoğurt: 5
Süt Yağı Tadı	Sıvı Yağ: 0 – Tereyağı: 5
Yoğurda Yabancı Tat	Yok: 0 – Aşırı: 5
Ağızda Kalan Tat	Yok: 0 – Aşırı: 5

Çizelge C.1: Yapı özellikleri sonuçları.

Örnek No	Renk	Partiküllü Yapı	Partikül Büyüklüğü	Kıvam	Kaşıklanabilirlik	Yapışkanlık	Uzaybilirlik
1	2,44±1,2	1,87±2,38	1,25±1,4 ^a	3,12±0,78	3,31±0,90	3,37±1,58	3,06±1,93
2	3,06±1,26	2,81±3,50	2,75±3,27 ^b	3,25±1,33	3,37±2,25	3,37±1,98	2,81±1,36
3	2,62±1,45	2,5±2,80	2,12±2,38 ^{ab}	3,69±1,30	3,62±1,18	3,75±1,27	2,87±0,78

Çizelge C.2: Tat özellikleri sonuçları.

Örnek No	Ekşilik	Süt Yağı	Yabancı Tat	Ağızda Kalan Tat
1	2,44±2,39	2,12±1,18	1,62±1,98	1,31±1,03
2	2,75±1,93	1,81±1,36	1,25±1,53	1,44±1,33
3	2,69±1,96	1,75±1,13	1,44±1,73	1,37±1,45

Çizelge C.3: Kabul edilebilirlik sonuçları.

Örnek No	Kabul edilebilirlik
1	2,81±0,83
2	2,75±1,13
3	2,75±1,27



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Sinem Betül CANIKLI
Doğum Tarihi ve Yeri : 26/01/1990
e-posta : sinembetul@windowslive.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Ondokuz Mayıs Üniveristesi

