

**KIZIL ÖTESİ-MİKRODALGA KOMBİNASYONLU FIRINDA  
PIŞİRİLMEMEYE UYGUN GLUTENSİZ KEK  
FORMÜLASYONUNUN OPTİMİZASYONU**

**Proje No: 1060702**

Prof. Dr. S. Gülüm ŞUMNU  
Yard.Doç.Dr. Arzu BAŞMAN  
Elif TURABİ  
Metin ÖZTÜRK

ŞUBAT 2009  
ANKARA

## ÖNSÖZ

Bu projenin ana amacı, çölyak hastası olan bireyler için kızıl ötesi-mikrodalga fırın kullanılarak piring unu içeren glutensiz kek formülasyonlarının tasarlanmasıdır. Kızıl ötesi-mikrodalga fırın ile kekler konvansiyonel fırındakilere göre çok daha hızlı bir şekilde pişirildikleri için bu keklerin çok daha ekonomik olarak üretilmesi mümkün olmaktadır. TOVAG 106O702 numaralı proje O.D.T.Ü., Hacettepe Üniversitesi ve Arçelik A.Ş tarafından ortaklaşa gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kek hamurunun dielektrik özellikleri Karlsruhe Üniversitesi'nde (Almanya) ölçülmüştür. TÜBİTAK tarafından teçhizat, sarf malzeme ve yüksek lisans öğrencisine burs desteği verilmiştir. Ayrıca, Arçelik A.Ş. projeye 10000 YTL katkı sağlamıştır. Projede şu ana kadar yapılan çalışmalarımızdan iki adet uluslararası konferanslarda bildiri sunulmuştur. Ayrıca, iki adet yurt dışı makale yayınlanması planlanmaktadır.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
TABLO LİSTESİ .....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	1
ABSTRACT.....	2
GİRİŞ.....	3
GENEL BİLGİLER.....	4
GEREÇ VE YÖNTEM.....	10
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	18
Kek hamuru ölçümleri .....	18
Özgül yoğunluk ve emülsiyon stabilite ölçümleri.....	18
Reolojik ölçümler .....	19
Dielektrik Özelliklerin Ölçümü.....	22
Gam çeşitinin kek kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması.....	27
Optimum pişirme koşullarının belirlenmesi .....	35
Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin kalite özellikleri üzerine etkisi.....	39
Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin jelatinizasyon derecelerine etkisi.....	48
Duyusal Analiz.....	50
Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin çirleşme özellikleri üzerine etkisi.....	51
Farklı gamların farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin çift kırınım özellikleri üzerine etkisi ...	54
Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin bayatlama özelliklerine etkisi.....	57
Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin iç sertlik değerleri üzerine etkisi .....	57
Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin retrogradasyon entalpilerine etkisi.....	59
Farklı gamların ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin katılaşma viskoziteleri üzerine olan etkisi .....	61

SONUÇLAR .....	64
REFERANSLAR .....	67

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Ksantan-guar gam karışımı içeren kekler için YYM deneysel dizaynı .....	13
<b>Tablo 2.</b> Power-law ve Casson modellerine göre hesaplanan sabitler .....	22
<b>Tablo 3.</b> Değişik kek formülasyonlarının özgül hacim ve AACC şablon değerleri .....	28
<b>Tablo 4.</b> Değişik koşullarda pişirilen kekler için model eşitlikleri .....	35
<b>Tablo 5.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin esneklik, çiğneme ve sakızimsılık özelliklerine etkisi .....	47
<b>Tablo 6.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin esneklik, çiğneme ve sakızimsılık özelliklerine etkisi .....	48
<b>Tablo 7.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin tekstürü ve tadı üzerine etkisi .....	50
<b>Tablo 8.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin pik, incelme sonrası, karıştırma ile azalan, katılaşma ve son viskozite değerleri üzerine etkisi .....	52
<b>Tablo 9.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin pik, incelme sonrası, katılaşma ve son viskozite değerleri üzerine etkisi .....	53

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b> Değişik tiplerde gam içeren ve emülgatör eklenen glutensiz kek hamurlarının özgül yoğunluk değerleri.....	18
<b>Şekil 2.</b> Değişik tiplerde gam içeren ve emülgatör eklenen glutensiz kek hamurlarının emulsiyon stabilitesi değerleri .....	19
<b>Şekil 3.</b> Emülgatör içermeyen kek hamurlarının akma-zlıklarının kayma oranıyla değişimi (Power-law modeli).....	20
<b>Şekil 4.</b> Emülgatör içeren kek hamurlarının akma-zlıklarının kayma oranıyla değişimi (Power-law modeli) .....	21
<b>Şekil 5.</b> Gam tipine göre glutensiz kek hamurlarının dielektrik sabiti değerleri. ....	24
<b>Şekil 6.</b> Gam tipine göre glutensiz kek hamurlarının dielektrik kayıp faktörü değerleri.....	24
<b>Şekil 7.</b> Emülgatör içermeyen glutensiz kek hamurlarının dielektrik sabiti değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi .....	25
<b>Şekil 8.</b> Emülgatör içermeyen glutensiz kek hamurlarının dielektrik kayıp faktörü değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi.....	25
<b>Şekil 9.</b> Emülgatör içeren glutensiz kek hamurlarının dielektrik sabiti değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi.....	26
<b>Şekil 10.</b> Emülgatör içeren glutensiz kek hamurlarının dielektrik kayıp faktörü değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi .....	26
<b>Şekil 11.</b> Değişik gam tipleri içeren ve emülgatör eklenen glutensiz pirinç keklerinin özgül hacim değerleri.....	27
<b>Şekil 12.</b> Değişik gam tipleri içeren ve emülgatör eklenen glutensiz pirinç keklerinin sertlik değerleri .....	28
<b>Şekil 13.</b> Gam tiplerine göre kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş glutensiz pirinç keklerinin gözeneklilik değerleri (%). ....	29
<b>Şekil 14.</b> Gam tiplerine göre kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş glutensiz pirinç keklerinin Image J yazılımına göre bulunan gözenek sayıları.....	30
<b>Şekil 15.</b> Gam tiplerine göre kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş glutensiz pirinç keklerinin Image J yazılımına göre bulunan gözeneklilik yüzdeleri (%). ....	30
<b>Şekil 16.</b> Ksantan gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi...31	
<b>Şekil 17</b> Guar gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi.....32	
<b>Şekil 18.</b> Ksantan-guar gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi.....	32

<b>Şekil 19.</b> Keçiboynuzu gamı içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi.....	33
<b>Şekil 20.</b> Kappa-karagenan gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi.....	33
<b>Şekil 21.</b> Ksantan-kappa karagenan gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi.....	34
<b>Şekil 22.</b> HPMC gamı içeren pirinç keklerinin gözenek çaplarının kümülatif gözenek alan oranların değişimi.....	34
<b>Şekil 23.</b> Emülgatör yüzdesi ( $X_1$ ) ve üst halojen lamba gücünün ( $X_2$ ) özgül hacim üzerindeki etkisi ( $X_3= 0$ ).....	36
<b>Şekil 24.</b> Üst halojen lamba gücü ( $X_2$ ) ve pişme süresinin ( $X_3$ ) toplam renk değişimi üzerindeki etkisi ( $X_1= 0$ ).....	37
<b>Şekil 25.</b> Emülgatör yüzdesi ( $X_1$ ) ve pişme süresinin ( $X_3$ ) keklerin sertliği üzerindeki etkisi ( $X_2= 0$ ) .....	38
<b>Şekil 26.</b> Emülgatör yüzdesi ( $X_1$ ) ve üst halojen lamba gücünün ( $X_2$ ) ağırlık kaybı üzerindeki etkisi ( $X_3= 0$ ).....	38
<b>Şekil 27.</b> Üst halojen lamba gücü ( $X_2$ ) ve pişme süresinin ( $X_3$ ) ağırlık kaybı üzerindeki etkisi ( $X_1= 0$ ) .....	39
<b>Şekil 28.</b> Ksantan gam kullanılarak, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin renk özellikleri .....	40
<b>Şekil 29.</b> Guar gam kullanılarak, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin renk özellikleri .....	40
<b>Şekil 30.</b> Ksantan gam kullanılarak, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin renk özellikleri.....	41
<b>Şekil 31.</b> Guar gam kullanılarak, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin renk özellikleri.....	41
<b>Şekil 32.</b> Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin gam konsantrasyonuna göre özgül hacimlerinin değişimi .....	42
<b>Şekil 33.</b> Konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin gam konsantrasyonuna göre özgül hacimlerinin değişimi .....	43
<b>Şekil 34.</b> Kızıl ötesi- mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin nem kayıplarının, gam konsantrasyonlarına göre değişimi .....	44

<b>Şekil 35.</b> Konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin nem kayıplarının gam konsantrasyonlarına göre değişimi.....	44
<b>Şekil 36.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin, iç sertlik değerleri üzerine etkisi.....	45
<b>Şekil 37.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin, iç sertlik değerleri üzerine etkisi.....	46
<b>Şekil 38.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, mikrodalda-kızılötesi kombinasyon fırında pişirilmiş keklerin jelatinizasyon dereceleri üzerine etkisi .....	49
<b>Şekil 39.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin jelatinizasyon dereceleri üzerine etkisi .....	49
<b>Şekil 40.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin RVA profilleri üzerine etkisi .....	51
<b>Şekil 41.</b> Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin RVA profilleri üzerine etkisi .....	53
<b>Şekil 42.</b> (a) Pirinç Ununun Polarize Işık Mikroskobunda Görünüşü, (b) Pirinç Ununun Normal Işık Mikroskobunda Görünüşü.....	55
<b>Şekil 43.</b> (a) Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş Kontrol Kekin Polarize Işık Mikroskobunda Görünüşü, (b) Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş Kontrol Kekin Normal Işık Mikroskobunda Görünüşü.....	55
<b>Şekil 44.</b> Konvansiyonel Yöntemle Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Polarize Işık Mikroskobunda Görünüşü, (b) Konvansiyonel Yöntemle Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Normal Işık Mikroskobunda Görünüşü .....	56
<b>Şekil 45.</b> Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Polarize Işık Mikroskobunda Görünüşü, (b) Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Normal Işık Mikroskobunda Görünüşü.....	56
<b>Şekil 46.</b> Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin iç sertlik değerlerine etkisi .....	57
<b>Şekil 47.</b> Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin iç sertlik değerlerine etkisi .....	58
<b>Şekil 48.</b> Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş, 24 ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin retrogradasyon entalpileri.....	60



<b>Şekil 49.</b> Konvansiyonel fırında pişirilmiş, 24 ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin retrogradasyon entalpileri .....	61
<b>Şekil 50.</b> Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin pik viskozite değerlerine etkisi .....	62
<b>Şekil 51.</b> Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin katılaşma viskozite değerlerine etkisi .....	63
<b>Şekil 52.</b> Farklı gam ve gam konsantrasyonlarının kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş ve 120 saat depolanmış keklerin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi üzerine etkileri .....	64
<b>Şekil 53.</b> Farklı gam ve gam konsantrasyonlarının konvansiyonel fırında pişirilmiş ve 120 saat depolanmış keklerin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi üzerine etkileri.	64

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın kullanarak, çölyak hastalığı olan bireyler için pirinç unu içeren glutensiz kek formülasyonlarının ve pişirme koşullarının optimizasyonudur.

Çalışmanın ilk kısmında, farklı gamların kek hamurunun reolojik özellikleri ve dielektrik özellikleri üzerine olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca, keklerin gözenek yapısı görüntü analiziyle incelenmiş ve Yanıt Yüzey Metodu (YYM) ile kızıl ötesi-mikrodalga fırında optimum formülasyon ve pişirme koşulları belirlenmiştir. Ksantan ve ksantan-guar gam karışımı içeren kek hamurlarının en yüksek viskoziteye sahip olduğu görülmüştür. Dielektrik özellikler açısından da ksantan içeren gamlar yüksek değerler vermiştir. Ksantan-guar gam içeren kekler için kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında optimum nokta, %4,68 emülgatör miktarı, %70 üst halojen lamba gücü ve 7 dakika pişirme süresi olarak bulunmuştur.

Çalışmanın ikinci kısmında, ksantan ve guar gamın farklı konsantrasyonlarının ve bu gamların karışımının kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırında pişirilen glutensiz keklerin kaliteleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca, keklerin jelatinizasyon özellikleri belirlenmiştir. Ksantan-guar gam karışımının ilavesi, her iki pişirme yönteminde de keklerin özgül hacimlerini arttırıp, ağırlık kaybı ve sertliklerini azaltarak kek kalitesini iyileştirmiştir. Ayrıca keklerin tekstür, tat ve kabuk renkleri açısından beğenilirliği arttırmıştır. Gam konsantrasyonu arttıkça, her iki fırında pişirilen keklerin jelatinizasyon dereceleri azalmıştır.

Çalışmanın üçüncü kısmında farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin, bayatlama üzerine etkilerine odaklanılmıştır. Gam karışımının ilavesi her iki fırın tipi için, keklerin iç sertlik, ağırlık kaybı, retrogradasyon entalpisi ve katılma viskozitesi değerlerini düşürmüş ve bayatlamayı kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda, sırasıyla 2 ve 3 gün yavaşlatmıştır. Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ile konvansiyonel fırında pişirilen keklerle benzer kalitede glutensiz kek üretimi, üstelik pişme süresi %75 oranında azalarak mümkün olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Bayatlama, Dielektrik, Gam, Kek pişirme, Kızılötesi, Mikrodalga, Reoloji

## ABSTRACT

The objective of this study was to optimize formulation and processing conditions of gluten free rice cakes to be baked in infrared-microwave combination oven for people having celiac disease.

In the first part of the study, the effects of different gums on rheological and dielectric properties of cake batter were investigated. In addition, pore structure of cakes was determined by image analysis and the optimum formulation and baking conditions in infrared-microwave combination oven were determined by Response Surface Methodology (RSM). The highest apparent viscosity was obtained for cake batter containing xanthan and xanthan-guar gum combination. Xanthan gum containing batters had also the highest dielectric properties. The optimum point for cakes formulated with xanthan-guar gum combination and baked in infrared-microwave combination oven is 4.68% emulsifier content, 70% upper halogen lamp power and 7 min of baking time.

In the second part of the study, the effects of xanthan gum, guar gum, their concentrations and their blend on quality of gluten free cakes baked in infrared-microwave combination and conventional oven were investigated. The gelatinization properties of the cakes were also determined. Xanthan-guar gum blend addition to the cake formulation improved cake quality with increasing specific volume as well as decreasing weight loss and crumb hardness values for both types of baking methods. Gum blend addition also improved the cake acceptability in terms of texture, taste and the crust color of the cakes. The gelatinization degrees of cakes were found to decrease as the gum concentration increased, for both types of ovens.

In the third part of the study, it was focused on effects of different gums, gum concentrations and storage times on staling of cakes. Addition of gum blend decreased hardness, weight loss, retrogradation enthalpy and the change in setback viscosity values of cakes for both types of ovens and slowed down staling for 2 and 3 days for cakes baked in infrared-microwave combination and conventional oven, respectively. In infrared-microwave combination oven, it was possible to produce gluten-free cakes with similar quality with the conventionally baked ones even in a 75% shorter baking time.

**Key Words:** Staling, Dielectric, Gum, Cake baking, Infrared, Microwave, Rheology,

## GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın kullanarak, çölyak hastalığı olan bireyler için pirinç unu içeren glutensiz kek formülasyonlarının ve pişirme koşullarının optimizasyonudur. Ayrıca, değişik gamlar, gam konsantrasyonları ve karışımlarının kızıl ötesi-mikrodalga ve konvansiyonel fırında pişirilen keklerin kalite ve bayatlamaları üzerine olan etkileri de araştırılmıştır.

Mikrodalga fırın kullanıldığında mikrodalga ısıtma mekanizmasının farklı olması nedeniyle unlu ürünlerin kalitelerinde istenmeyen problemlerin ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu kalite sorunlarını ortadan kaldırmak amacıyla mikrodalga ile ısıtma, kızıl ötesi gibi ısıtma mekanizmalarıyla birleştirilmektedir. Son beş senedir kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında unlu ürünlerin pişirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır ve konvansiyonel fırında pişirilen ürünlere benzer özellikte ürün elde etmek mümkün olmaktadır. Bu çalışmada kızıl ötesi-mikrodalga fırında pişirilmeye uygun glutensiz kek formülasyonu tasarlayarak ileride bu ürünlerin ekonomik olarak üretilmesine yol göstermek amaçlanmıştır.

Pirinç unu içeren glutensiz kek tasarlarırken önce kek hamurunun daha sonra kekin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Pirinç unu, gluten gibi istenilen yapıyı verememekte ve bunun sonucunda kekin hacim ve sertliğinde istenilen kalite elde edilememektedir. İstenilen yapıyı sağlamak için ürün formülasyonuna değişik gamlar eklenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda ilk olarak değişik gamların kek hamurunun özgül yoğunluğu, reolojik özellikleri ve emülsiyon stabilitesine etkisi belirlenmiştir. Dielektrik özellikler mikrodalga ile gıdanın ne kadar etkileşip ısınacağını gösterdiği için bu özelliklerin kızıl ötesi-mikrodalga fırında ürün geliştirirken ölçülmesi gerekmektedir. Bu bağlamda değişik gamlar içeren kek formülasyonlarının dielektrik özellikleri ölçülmüştür. Gamların, keklerin yapısal özellikleri üzerine olan etkisini incelemek amacıyla görüntü analizi kullanılmış ve gözenek boyutu, gözenek sayısı ve gözeneklilik incelenmiştir. Bu çalışmalar sonunda en iyi sonucu veren gam kullanılarak, kızıl ötesi-mikrodalga fırında optimum pişirme koşulları ve optimum emülgatör miktarı belirlenmiştir. Bu koşulda pişirilen değişik gam konsantrasyonları ve karışımlarının kek kalitesi, nişasta jelatinizasyonu ve kek bayatlaması üzerine olan etkileri incelenmiş ve konvansiyonel fırında pişirilenlerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, glutensiz kek formülasyonunun tasarlanmasının yanı sıra kızıl ötesi-mikrodalga fırında nişasta jelatinizasyonun ve kek bayatlama mekanizmalarına ışık tutması açısından önemlidir. Literatürde kızıl ötesi-mikrodalga fırında pişirilen glutensiz ürünlerin jelatinizasyonu ve bayatlaması üzerine henüz yayın bulunmamaktadır.

## GENEL BİLGİLER

Glutensiz ürün geliştirme, günümüzde gıda bilimi ve teknolojisi alanlarındaki zor ve önemli konulardan biridir. Bunun sebebi, çölyak hastalığını taşıyan bireylerin ömürleri boyunca, hastalığın getirdiği semptomlardan korunmak için, hiçbir şekilde gluten içermeyen gıdalardan oluşan bir diyet uygulamak zorunda olmalarıdır. Çölyak hastalığı, duyarlı kişilerde gluten içeren gıdaların alınmasından bir süre sonra ortaya çıkan bir malabsorpsiyon sendromudur. Bu hastalığa sahip kişilerin buğday, arpa, çavdar, yulaf gibi *Triticum* cinsinden gelen tahılları tüketmeleri sonucunda, vücut bu ürünlerin içinde bulunan gluten proteininin gliadin (prolamin) adlı fraksiyonuna karşı bir reaksiyon geliştirmekte ve bu reaksiyon ince bağırsaklardaki villus adı verilen çıkıntılarının zarar görüp yok olmasına yol açmaktadır. Çölyak hastalığının görülme sıklığı Avrupa ülkelerinde 1/200 ile 1/1000 arasında değişmektedir. Bu oranlar, belirtili ve belirtisiz hastalık oranına göre değişime uğramaktadır (FARRELL ve Kelly, 2001). Öte yandan Türkiye’de bulunan çölyaklı hastalar açısından kesin bir oran verilememekle birlikte, 1/1000 oranında olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, Türkiye’de bu hastalığın diyetinde kullanılması açısından yeni, farklı ve alternatif ürünlerin geliştirilip üretilmesi gerekmektedir.

Glutensiz diyetle kullanılmak üzere üretilen ürünlerde pirinç unu, düşük (2,5-3,5 %) prolamin yüzdesi, besleyici, hipoallerjik ve renksiz yapısıyla en uygun tahıl unlarından biri olarak kabul görmektedir (GUJRAL ve Rosell, 2004). Öte yandan, pirinç unu düşük gaz tutma kapasitesine sahiptir ve gluten içeren ürünlerde elde edilen yüksek hacim, istenilen tekstür, renk ve yapı gibi kalite özelliklerinin elde edilmesi için gam, nişasta veya emülgatör gibi gıda katkı maddelerinin pirinç unu içeren glutensiz ürünlere eklenmesi gerekmektedir.

Gamlar, gıda teknolojisi alanında katkı maddesi olarak çok sık kullanılmakta olup (KOHAJDOVA, 2009), su içeren süspansiyonların reolojik özelliklerinin modifiye edilmesine (DZIEZAK, 1991), gıda maddelerinin tekstürünün geliştirmesine (ARMERO ve Collar, 1998), nişasta retrogradasyonunun yavaşlatılmasına (DAVIDOU ve ark., 1996), nem tutulmasını arttırmaya ve gıdanın genel kalitesinin uzun süre korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, glutensiz ürünlerde gluten yerine kullanılabilir, çünkü gamlar gluten proteininin ekmek içindeki viskoelastik yapısına benzer bir davranış göstermektedir (ROJAS ve ark., 1999; GOMEZ ve ark., 2007). Gamlar polimer yapısı ve içinde bulundukları polimer zincirleri sayesinde, gıdaların tadının geliştirilmesi ve viskozitesinin değiştirilmesinde etkili olmaktadır (YASEEN ve ark., 2005). Unlu gıdalarda gamların kullanımı konusunda literatürde bir çok çalışmaya rastlanmaktadır (ARMERO ve Collar, 1998; ROSELL ve ark., 2001; GUARDA ve ark., 2004). OZBOY’un (2002) gerçekleştirdiği çalışmada, ksantan-guar gam karışımı, karagenan gamı, guar-karagenan gam karışımı, ksantan-karagenan gam karışımı ve

keçiboynuzu gamı olmak üzere beş çeşit gam veya gam karışımı mısır nişastası içeren ekmek karışımına eklenmiştir. Bir başka çalışmada, MCCARTY ve arkadaşları (2005), pirinç unu, patates nişastası ve yağsız süttozu içeren glutensiz ekmek formülasyonunu optimize etmişlerdir.

En çok kullanılan ticari biyopolimerlerin başında gelen ksantan gam (KG), *Xanthomonas campestris* adlı bakteriden üretilen bir gamdır (BECKER ve ark., 1998). Temelini selülozun oluşturduğu ksantan gamın kimyasal yapısında (MORRIS ve Foster, 1994), glukoz bağları,  $\beta$ -1,4-glikosid bağlarla bağlanmış olup, üçüncü karbon atomunda dallanma gösterir. KG hem sıcak hem de soğuk suda çözünebilme özelliği gösterir fakat bir çok organik çözücüde çözünemez. En önemli özelliği reolojik açıdan kayma artışıyla incelen davranış karakteri gösteren bir gam olmasıdır . KG'nin sıcaklığa karşı duyarsız özellik göstermesi hamurlarda yüksek sıcaklıklarda bile yüksek vizkozite değerlerine ulaşılmasına olanak verip, hamur son yapısına ulaşırken kabarmasını sağlamaktadır (GIMENO ve ark., 2004). KG ayrıca %0,1-0,4 konsantrasyonlarında stabilizatör olarak (GARCIA-OCHOA ve ark., 2000), unlu gıda ürünlerinde dolgu malzemesi olarak (BECKER ve ark., 1998) ve yine unlu ürünlerde yağ ikamesi olarak kullanılabilir (MANDALA ve ark., 2002). Hamurun yapısını güçlendirip, su emilimini ve gaz tutma kapasitesini artırması diğer önemli özelliklerindedir.

Guar gam (GG) bir çeşit galaktomannandır ve baklagillerden olan *Cyamopsis tetragonolobus* bitkisinin tohumundan elde edilmektedir. Çok yaygın olarak kullanılan bu gam çeşidi, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskozite elde edilmesini sağlamaktadır (MIYAZAWA ve Funazukuri, 2006). Kimyasal olarak GG'nin yapısı, altıncı pozisyondaki karbonun  $\alpha$ -D-galaktoza bağlanmasıyla oluşan dallanma noktaları olan 1,4-bağlı  $\beta$ -D-mannopiranoz temeline dayanmaktadır. Her bir galaktoz birimi için 1,5 ila 2 tane mannoz artığı vardır. Gıda endüstrisinde çok çeşitli ürünlerde koyulaştırıcı ve dengeleyici bir faktör olarak kullanılan GG genellikle %1 ve daha az konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (SLAVIN ve Greenberg, 2003). Belli başlı ürünlere (ekmek, bisküvi, kahvaltılık gevrekler v.b.) GG'nin eklenmesi, bu ürünlerin yenilebilirliğini arttırmaktadır (KOHAIJDOVA, 2009). GG nişastaya bağlanma özelliği sayesinde amilopektin retrogradasyonunu engelleyerek ekmeğin bayatlamasını geciktirip, ona yumuşak bir yapı kazandırmaktadır.

Keçiboynuzu gamı (KBG), keçiboynuzu ağacının (*Ceratonia siliqua*) çekirdeklerinin özünün çıkarılması ve çekirdeğinin kabuğunun ayrılmasından sonra elde edilen doğal bir gamdır (GONÇALVES ve Romano, 2005; BONADUCE ve ark, 2007). Gamın kalitesi, bu ayrılma işleminin derecesi ve kalitesine göre değişmektedir. KBG (GG ile birlikte) doğal galaktomannan polisakkaritlerinden olup (GONÇALVES ve ark., 2004), kısmen 1,6  $\alpha$ -D galaktopiranozil yan gruplarından oluşan, 1,4  $\beta$ -D-mannopiranozil temeline dayanan bir gamdır (KÖK ve ark., 1999). KBG'nin unlu gıda ürünlerinde kullanılması, daha yüksek verim alınmasına, tekstürünün gelişmesine

ve hamura vizkozite kazandırmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, kandaki serum lipitlerinin düşürülmesi ve diyabetlilerin beslenmesinde de yardımcı olabilmektedir (MANDALA ve ark, 2007).

Karragenanlar (KA), kırmızı deniz yosunlarından elde edilen ve suda çözünebilen galaktanlardandır (FERNANDES, 1993). Kimyasal yapısı, Knutsen terminolojisinde sırasıyla G ve D birimleri olarak adlandırılan, 3'e bağlı  $\beta$ -D-galaktopiranoz ve 4'e bağlı  $\alpha$ -D-galaktopiranoz birimlerinin değişmesiyle oluşan disakkarit temelinde dayanmaktadır (KNUTSEN ve ark., 1994). Endüstriyel olarak KA lar, jel oluşturabilen kappa-KA, iota-KA ve jel oluşturmayan lambda-KA olmak üzere üç çeşittir. Unlu gıda ürünlerinde kappa-KA nın kullanılmasına literatürdeki bir çok çalışmada rastlanmaktadır (LEON ve ark. 2000, SHARADANANT ve KHAN, 2003, 2006). Hamura eklendiğinde, kappa-KA gluten proteiniyle etkileşiminden dolayı ekmeğin hacminde gelişme sağlaması özelliğine sahiptir (LEON ve ark, 2000). Çalışmalar bu gam çeşidinin suyu absorbe ederek, üründe nemin tutulmasına olanak verip aynı anda ekmekteki protein ve nişasta gibi polimerlerle su için rekabet ettiğinden su aktivitesini azalttığını göstermektedir..

Selüloz, doğada en yaygın olarak bulunan maddelerden biri olup, suda çözünemez ve insan vücudunda sindirilememektedir (CHINACHOTI, 1995). Metilselüloz, karboksimetilselüloz ve hidroksipropilmetilselüloz gibi türevleri, selülozun kimyasal olarak değiştirilmesiyle elde edilmektedir. Öte yandan doğal kaynaklardan elde edilen selüloz gıamları yapısal olarak yüksek çeşitlilik ve değişik özellikler taşımaktadır (GUARDA ve ark., 2004; BARCENAS ve Rosell, 2005). HPMC (hidroksipropilmetilselüloz), selüloz zincirine metil ve hidroksipropil gruplarının eklenmesi ile elde edilip, yüksek yüzey aktivitesi göstermektedir. HPMC'de hidrofob gruplar olduğu halde, bu polimer kısmen de olsa selülozun hidrofil özelliklerini taşımaktadır (SARKAR ve Walker, 1995; BARCENAS ve Rosell, 2005). Bu özelliklerinden dolayı, HPMC emülgatör gibi davranır ve ekmeğin iç yapısını sağlamlaştırıp ve nem miktarını arttırmaktadır (BELL, 1990; DZIEZAK, 1991; BARCENAS ve Rosell, 2005). Ekmek yapımında HPMC kullanımı ekmeğin kalitesini (somunun hacmi, nem miktarı, ekmek içinin tekstürü ve duysal özellikler) arttırmaktadır. Ek olarak, iyi bir bayatlamayı engelleyici olup, ekmeğin sertleşmesini ve amilopektin retrogradasyonunu geciktirmektedir.

Reolojik bilgi, gıda ürünlerinin geliştirilmesi ve sıvı sistemlerin reolojik özelliklerinin kontrol edilmesi açısından önemli olup, gıamları da gıda sistemlerinin önemli bir parçası haline getirmektedir. CHUN ve Yoo tarafından (2004) yapılan çalışmada pirinç unu süspansiyonları, uygulanan kaymaya göre azalan vizkozite ve düşük Casson akma gerilimi göstermişlerdir. SIVARAMAKRISHNAN ve ark. (2004), HPMC içeren pirinç hamurlarının buğday unu içerenlerle aynı reolojik özellikleri taşıdığını gözlemleyip, pirinç ekmeği yapımı için bu gıamın uygun olabileceğini tespit etmiştir. YOO ve ark.

(2005), pirinç nişastası ve guar gam, keçiyoynuzu gamı gibi galaktomannanların karışımlarının kayma artışıyla azalan viskozite ve yüksek Casson akma gerilimi gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Dinamik kayma verilerine göre, % 4-8 konsantrasyonunda yapışkan pirinç unuyla hazırlanan sulu karışımlar reolojik açıdan zayıf jellerle aynı özelliği göstermiştir (YOO, 2006). Pirinç nişastası-ksantan gam karışımları, 25°C'de kaymayla birlikte azalan vizkozite davranışı göstermiş olup, bütünlük katsayıları ve belli kaymadaki viskoziteleri gam konsantrasyonunun artmasıyla artış göstermiştir (KIM ve Yoo, 2006).

Fırında pişirme işlemi, nişastanın jelatinizasyonu, proteinin denature olması, kabartma tozu gibi maddelerden dolayı karbondioksit çıkışının olması, hacim artışı, suyun buharlaşması, kabuk oluşumu ve esmerleşme reaksiyonlarının gerçekleşmesi gibi bir çok fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal tepkimeler içeren karmaşık bir işlemdir. Konvansiyonel olarak pişirme sırasında ısı genel olarak ısıtılan ortamdan konveksiyonla ve fırının duvarlarından radyasyonla yayılıp, ürün yüzeyinden içine doğru kondüksiyon yoluyla iletmektedir. Ayrıca, ürünün içinde bulunduğu kaptan ürüne doğru kondüksiyon ve sıcaklık artışı sırasında oluşan su buharının hareketiyle de ürün içinde konveksiyon oluşmaktadır. Öte yandan, mikrodalga fırınlarda, ısı çok hızlı oluşmakta ve bu nedenle nişasta jelatinizasyonu, nişastanın enzimlere maruz kalıp değişmesi ve hamurun genişleşip istenen sertlikte bir yapı kazanması için yeterli süre olmamaktadır. Sonuç olarak, düşük kalitede bir unlu ürün elde edilmektedir. Mikrodalga ile ısınma sırasında su çok hızlı buharlaştığı için çok kuru bir ürün elde edilmektedir.

Mikrodalgalar, polar moleküllerle ve gıdalarda bulunan yüklü taneciklerle etkileşime girip ısı oluşturmakta ve böylelikle daha düşük başlangıç zamanı, hızlı ısınma, enerji verimi, yerden kazanım, kusursuz işlem kontrolü, seçici ısıtma ve yüksek besin değeri olan ürünler elde etme gibi bir çok avantaj getirmektedir. Öte yandan, mikrodalga ile pişirme sırasında, düşük ürün hacmi ve yüksekliği, sert tekstür, fazla yoğun olan tekstür, esmerleşme reaksiyonlarının oluşmaması ve son üründe istenmeyen nem miktarları gibi bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemlerin oluşmasının bir sebebi, konvansiyonel pişirme sırasında yeterli süre içinde istenilen tüm fizikokimyasal değişim ve etkileşimlerin çok daha kısa süren mikrodalga pişirme sırasında gerçekleşmemesidir. Diğer sebepler de yetersiz jelatinizasyon, mikrodalgadan kaynaklanan gluten değişimleri ve ısıtma modundan kaynaklanan hızlı gaz ve buhar oluşumları olabilmektedir.

Yakın-kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirme yeni bir teknoloji olup, gıda endüstrisinde kullanımı 1999 yılında başlamıştır. Konvansiyonel yöntemlerle kıyaslandığında, gıdalar çok daha kısa sürelerde pişirilebilmektedir. Ayrıca, gıda yüzeyinde yüksek sıcaklığa ulaşılabilirdiğinden kabuk oluşumu ve esmerleşme reaksiyonu da gerçekleşebilmektedir. Bu pişirme yönteminin kullanıldığı



literatürdeki bazı çalışmalarda ekmek, bisküvi ve keklerin kalite parametrelerinin belirlenmesi ve incelenmesi görülebilmektedir (SAKIYAN ve ark., 2007; KESKIN ve ark., 2007; KESKIN ve ark., 2004, DEMIREKLER ve ark., 2004, KESKIN ve ark., 2005, SUMNU ve ark. 2007).

Çeşitli malzemelerin elektromanyetik enerjiyle etkileşimini temsil eden dielektrik özelliklerin belirlenmesi mikrodalga işlemleri için önemli olmaktadır; çünkü gıdanın mikrodalgayla ısınmasını dielektrik özellikler kontrol etmektedir. Ayrıca ürünün geliştirilmesi, işlem ve ekipmanların uyumlu ve tahmin edilebilir özellikler taşıması için dielektrik özelliklerin bilinmesi önem taşımaktadır. Dielektrik sabiti ve dielektrik kayıp faktörü iki temel dielektrik özelliktir. Dielektrik sabiti, bir materyalin elektriği depolayabilmesini, dielektrik kayıp faktörü ise bu materyalin elektromanyetik enerjiyi ısıya çevirebilmesini temsil etmektedir. İçinde pirinç nişastasının da olduğu değişik nişasta çeşitlerinin dielektrik özelliklerinin incelendiği çalışmada (NDIFE ve ark. 1998a), dielektrik özelliklerin sıcaklık, nem miktarı ve nişasta tipine göre değiştiği gözlenmiştir. Literatürde, pirinç unu ve pirinç nişastasının sulu karışımlarının dielektrik özelliklerinin incelendiği bir çalışmaya da rastlanmıştır (AHMED ve ark., 2007). Bu çalışmada, pirinç ununun sulu karışımlarının dielektrik özelliklerinin 70°C sıcaklıktan sonra keskin bir değişim gösterdiği ve bu değişimin de pirinç nişastasının jelatinizasyonundan dolayı olabileceği açıklanmaktadır. Literatürde kek ve ekmek hamuruyla ilgili çalışmalar sınırlı sayıda olup, bunların hepsi de buğday unu içermektedir. SAKIYAN ve ark.'nın çalışmasında (2007), çeşitli kek formülasyonlarının dielektrik özelliklerinin mikrodalga ve yakın kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirme sırasındaki değişimleri gözlemlenmiştir. Başka bir benzer çalışmada, değişik gam tiplerinin yakın kızılötesi-mikrodalga ile pişirilmiş ekmeklerin dielektrik özellikleri ve kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir (KESKIN ve ark. 2007).

Isıl özelliklerle ilgili çalışmalar, nişastanın işlenmesi ve kullanımı açısından rehberlik etmenin yanı sıra nişasta yapısının araştırılması ve anlaşılmasında bilgi edinilmesini sağlamaktadır. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK), nişasta-su veya un-su karışımlarının ısıl ve jelatinizasyon özelliklerinin anlaşılmasında kullanılan çok etkili bir araçtır. DTK verilerinin analizi, nişasta hakkında fikir edinilmesinin yanı sıra, yapısı ve bileşimi, diğer bileşenlerle etkileşimi, suyun etkisi ve bununla ilgili konular hakkında bilgi vermektedir. Literatürde, çeşitli nişasta ve un tiplerinin ısıl olarak incelenmesi hakkında birçok çalışma bulunmaktadır. Öte yandan, çeşitli unlar içeren hamur karışımları için çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. XUE ve Ngadi (2007) yaptığı çalışmada, değişik un çeşitlerinin kombinasyonlarından oluşan sulu hamur çeşitlerinin camsı geçiş, jelatinizasyon sıcaklığı, entalpi ve ısı sığası gibi ısıl özelliklerin değişimi incelenmiştir. XUE ve Ngadi (2009) bir başka çalışmasında, gam-un karışımlarının ısıl özellikler açısından işlevsellikleri araştırılmıştır. Diğer bir çalışmada, ROJAS ve arkadaşları (1999) bir çok gam çeşidinin buğday ununun macunlaşma ve jelleşme özellikleri üzerine etkisini DTK kullanarak araştırmışlardır.

Unlu gıda ürünlerinin macro ve micro yapılarının incelenmesi, bu ürünlerin görünüş (örneğin kekin iç yapısının görüntüsü gibi) kalitelerinin anlaşılması açısından önemli olmaktadır (SANCHEZ-PARDO ve ark.,2008). Karmaşık materyaller olmalarından dolayı gıda ürünlerinin incelenmesi her zaman zor olmuştur. Tahıllı gıdaların üç boyutlu yapılarının incelendiği bazı çalışmalarda görüntü analizi kullanılmıştır. DATTA ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2007), yeni pişirme yöntemleriyle pişirilen ekmeklerin gözenek yapıları incelenmiştir. Diğer bazı çalışmalarda, görüntü analizi kullanılarak ekmeğin iç yapısının karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir (BERTRAND ve ark., 1992; ZGHAL ve ark., 2002).

Yanıt Yüzey Metodu (YYM), istatistiksel ve matematiksel teknikleri birleştiren yararlı bir metot olup, işlemlerin araştırılması, geliştirilmesi ve optimizasyonunda kullanılmaktadır. Bu metot, bir veya daha fazla yanıt değişken ile deneysel kantitatif değişken veya faktörün arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Birçok araştırmacı, unlu gıda ürünlerinin optimizasyonunda bu metodu kullanmıştır. SANCHEZ ve ark. (2002) nın yaptığı çalışmada, değişik oranlarda mısır nişastası, tapyoka nişastası ve pirinç unu içeren glutensiz ekmeklerin hacmini ve ekmek iç yapısını geliştirmek için optimizasyonda YYM kullanılmıştır. Bir başka çalışmada, soya unu ve süt tozu ile güçlendirilmiş glutensiz ekmeklerin optimizasyonu YYM kullanılarak yapılmıştır (SANCHEZ ve ark. 2004). TOUFEILI ve ark. (1994), metilselüloz, albümin ve akasya gamının glutensiz ekmekler üzerindeki duyuusal etkilerinin optimizasyonunda YYM' yi kullanmışlardır. Tüm bu çalışmalarda görüldüğü gibi, unlu ürünlerin optimizasyonunda YYM metodu yaygın olarak kullanılmasına rağmen, glutensiz pirinç kekinin optimizasyonuna dair çalışmaya literatürde rastlanmamaktadır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

### Materyaller

%10 nem, %6 protein, %0.6 kül içeren pirinç unu (Knorr-Çapamarka, İstanbul, Türkiye), şeker (sakkaroz), tuz, hamur kabartma tozu (Bağdat Baharat, Ankara, Türkiye) ve içinde bitkisel yağ, su, yağsız pastörize süt, emülgatör karışımı (bitkisel mono/di gliseridler, soya lesitini), tuz, laktik asit, potasyum sorbat, vitaminler (E, B6, folik asit, A, D ve B12), tereyağ aroması ve renklendirici (beta-karoten) olan bitkisel margarin (Becel, Unilever, Türkiye) yerel marketlerden satın alınmıştır. %8 nem, %82 protein ve %4 karbonhidrat içeren yumurta beyazı tozu Igreca firmasından (Seiches Sur le Loir, Fransa) ve lesitin, soya proteini, mono/di gliseridler, bitkisel gamlardan oluşan emülgatör karışımı, Purawave™ ise Puratos firmasından (Belçika) temin edilmiştir. Ksantan gam *Xanthomonas campestris*), guar gam ve keçiyoynuzu gamı Sigma-Aldrich firmasından (Steinheim, Germany), κ-karagenan (Viscarin X P 3480) ve HPMC (Methocel F4M FG) sırasıyla FMC biopolymer (Pennsylvania, USA) ve Dow Chemical Company firmasından (Michigan, USA) temin edilmiştir. Ksantan ve guar gam ile ksantan ve κ-karagenan gam karışımları bu gamların eşit miktarlarda karıştırılmasıyla elde edilmiştir.

### Kekin hazırlanışı

Deneylerde kullanılan kek hamurunun içeriğini %100 pirinç unu, %100 şeker, % 25 bitkisel margarin, %9 yumurta beyazı tozu, %3 tuz ve %5 hamur kabartma tozu (tüm yüzdeler un ağırlığı bazındadır) ve hamura eklenen su miktarı tüm formülasyonun %27 sini oluşturmaktadır. İlk çalışmada gamlar (ksantan gam, guar gam, ksantan-guar gam karışımı, ksantan- κ-karagenan gam karışımı, keçiyoynuzu gamı, κ-karagenan ve HPMC) formülasyona %1 oranında eklenmiştir. İlk çalışma sonucunda en iyi sonucu veren gamlar seçilmiş ve değişik konsantrasyonlarının etkisini incelemek amacıyla gamlar kek formülasyonuna %0.3, %0.6 ve %1.0 oranında eklenmişlerdir. Emülgatör karışımının kek hamuru üzerindeki etkisini anlamak için %3 oranında Purawave™ kullanılmıştır. Kontrol olarak, gam ve emülgatör içermeyen bir kek formülasyonu hazırlanmıştır. Kekin hazırlanması sırasında, önce kuru maddeler (pirinç unu, hamur kabartma tozu, tuz ve gam karışımı) ayrı bir yerde iyice karıştırılmıştır. Ayrı bir kaptaki şeker ve yumurta beyazı tozu iyice karıştırıldıktan sonra eritilmiş margarin katılıp 1 dakika boyunca 85 rpm'de mikserle karıştırılmıştır (Kitchen Aid, 5K45SS, ABD). Emülgatör karışımı kullanılacağı zaman margarinin içinde eritilerek kullanılmıştır. Daha sonra kuru maddeler ve su eklendikten sonra 2 dakika 85 rpm, 1 dakika 140 rpm ve son olarak 2 dakika daha 85 rpm'de karıştırılarak kek hamuru hazır hale getirilmiştir.

## **Kek Hamuru Analizleri**

### ***Hamurun özgül yoğunluğunun belirlenmesi***

Özgül yoğunluk değerleri, belirli hacimdeki kek ağırlığının yine aynı hacimdeki saf suyun ağırlığına bölünmesiyle belirlenmiştir.

### ***Hamurun emülsiyon stabilitesinin belirlenmesi***

Emülsiyon stabilitesi ölçümlerinde kek hamurları 25°C sıcaklıkta, 6000 rpm'de, 20 dakika boyunca santrifüj (RC5C, Sorvall Instruments, Almanya) edilmişlerdir. Ayrılan sıvı kısmın yağ miktarının ağırlığı ölçülmüştür ve bu ağırlık toplam yağ miktarına bölünüp, 1 den çıkarılıp 100 ile çarpıldıktan sonra, bu yüzde emülsiyon stabilitesi olarak kabul edilmiştir.

### ***Reolojik özelliklerin ölçümü***

Hamurların reolojik özellikleri, sabit sıcaklıkta (25°C) paralel plakalı reometre (Haake Model CV20, Karlsruhe, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür. Kek hamurları ölçümden hemen önce hazırlanmış olup, nem oranları % 40 olarak belirlenmiştir. Yaklaşık 2-3 g kek hamuru numunesine doğrusal olarak 1-200 s<sup>-1</sup> arasında artan kayma hızı 5 dakika süresince uygulanmıştır. Ölçümler süresince, kayma oranı-kayma gerilimi ve kayma oranı-belirli viskozite verileri toplanmış ve modellenmiştir.

Akış davranışı sabiti ve kıvamlilik katsayısı değerlerini kullanarak 150 s<sup>-1</sup> kayma hızındaki belirli viskozite değerleri ( $\eta_{a 150}$ ) Casson modele uygun olarak hesaplanmıştır. Kek hamurlarının akmazlığının zaman bağıllığını ölçmek için aynı miktardaki numunelere sabit 150 1/s kayma 10 dakika boyunca uygulanmıştır ve zamana karşı viskozite verileri toplanmıştır.

### ***Dielektrik özelliklerin ölçümü***

Kek hamurlarının dielektrik özellikleri, dielektrik prob ve ağ analizörü (HP 8753 D, Hewlett Packard Co., Santa Rosa, CA) kullanılarak 2000-3000 MHz aralığındaki frekanslarda ölçülmüştür. Ağ analizörü, hava, metal ve oda sıcaklığında damıtık su kullanılarak kalibre edilmiştir. İstenilen sıcaklıklara ulaşmak için yağ banyosu kullanılmıştır. 2450 MHz frekanstaki dielektrik özelliklerin ölçümü dikkate alınmıştır ve kek hamurları hazırlanır hazırlanmaz ölçümler 25 ve 90°C sıcaklıklar arasında gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığı kontrol edilebilen bir yağ banyosuyla istenilen sıcaklıklara erişilmiştir. Tüm ölçümler üç paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

### **Keklerin pişirilmesi ve saklanması**

İlk çalışmada, 100 g ağırlığındaki kek numunesi 500 mg'lık beher içinde yakın kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında (Advantium oven<sup>TM</sup>, General Electric Company, Louisville, KY, ABD) % 40 mikrodalga gücü ve %70 alt ve üst halojen lamba gücünde 7.5 dakika boyunca pişirilmiştir.

Mikrodalga ve yakın kızılötesi pişirme teknolojilerini birleştiren bu fırın çeşidinde her biri 1500 W gücüne olan üç adet halojen lamba bulunmaktadır. Bu lambalardan ikisi üste biri ise döner-tepsinin altına yerleştirilmiştir. IMPI testine göre fırının mikrodalga gücü de 706 W olarak bulunmuştur (BUFFLER, 1993). Gam konsantrasyonunun etkisinin incelendiği çalışmalarda ve bayatlama çalışmalarında kekler YYM ile belirlenen optimum koşullarda pişirilmiştir.

Konvansiyonel pişirme için her biri 100 g olan kek formülasyonları konvansiyonel fırında (9411FT, Arcelik, Bolu, Türkiye) 175°C sıcaklıkta 30 dakika boyunca pişirilmiştir.

Bayatlama analizleri için kekler soğuduktan sonra plastik filmlere sarılarak 20°C de 5 gün boyunca saklanmışlardır.

### **Yanıt Yüzey Metodu (YYM) ile Optimizasyon**

Kekin hazırlanışı daha önce anlatıldığı gibidir.

#### *Deneysel tasarım:*

YYM, kek formülasyonlarının optimizasyonunda kullanılmıştır ve deneysel tasarımda Box-Behnken tasarımı seçilmiştir. Her biri üç seviyeye sahip üç adet bağımsız değişken kullanılmış olup bunlar, emülgatör konsantrasyonu ( $X_1$ ; % 0, % 3, ve % 6), üst halojen lamba gücü ( $X_2$ ; % 50, % 60, ve % 70) ve pişirme süresidir ( $X_3$ ; 7.0, 7.5, ve 8.0 dakika). Bu değişkenlerin seviyeleri ön hazırlık aşamasındaki deneylerle belirlenmiştir. Kullanışlı olması açısından gerçek değerler kodlanmış değerlere dönüştürülmüştür. Bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Dış etkenlerin etkisini en aza indirmek için deneyler rastgele sırada yapılmıştır. Gam ile emülgatör karışımı içermeyen kek kontrol olarak kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Ksantan-guar gam karışımı içeren kekler için YYM deneysel tasarımı

Değişkenler					
X <sub>1</sub> (%)		X <sub>2</sub> (%)		X <sub>3</sub> (dakika)	
kodlanmış	kodlanmamış	kodlanmış	kodlanmamış	kodlanmış	kodlanmamış
-1	0	-1	50	0	7.5
1	6	-1	50	0	7.5
-1	0	1	70	0	7.5
1	6	1	70	0	7.5
-1	0	0	60	-1	7.0
1	6	0	60	-1	7.0
-1	0	0	60	1	8.0
1	6	0	60	1	8.0
0	3	-1	50	-1	7.0
0	3	1	70	-1	7.0
0	3	-1	50	1	8.0
0	3	1	70	1	8.0
0	3	0	60	0	7.5
0	3	0	60	0	7.5
0	3	0	60	0	7.5

X<sub>1</sub>: emülgatör yüzdesi, X<sub>2</sub> : üst halojen lamba gücü, X<sub>3</sub> : pişirme süresi

**Kek analizleri:**

Taze keklerde hacim, gözeneklilik, tekstür , ağırlık kaybı, duyu analizi, jelatinizasyon ve çirrişlenme özellikleri ölçülmüştür. Bayatlama sırasında keklerde sertlik, retrogradasyon entalpisi ve katılaşma viskozitesi incelenmiştir.

Gözeneklilik: Keklerin gözenekliliğinin ölçümü için hem yığın hacmi hem de katı hacimleri kolza tohumu yer değiştirme yöntemiyle belirlenmiştir. Katı hacim ölçümünden önce kek numuneleri içinde hiç gözenek kalmayacak biçimde sıkıştırılmıştır (SUMNU ve ark., 2007). Yığın hacmini ölçerken ise sıkıştırılmamış kek numuneleri kullanılmıştır. Gözeneklilik aşağıdaki formül kullanılarak bulunmuştur;

$$\text{Gözeneklilik} = 1 - (\text{katı hacim} / \text{yığın hacim}) \quad (1)$$

Tekstür özellikleri: Kekin iç yapısının tekstür özellikleri, pişme sonrasında kekleri soğuması için 1 saat beklettikten sonra tekstür analizörü (Lloyd Instruments LR 30K, İngiltere) kullanılarak

ölçülmüştür. Bir kenarı 25 mm olacak şekilde küp şeklinde kesilen numune orijinal kalınlığının %25'ine kadar 55 mm/dakika hızda sıkıştırılmış olup, silindir şeklinde bir prob ve 50 N'luk ağırlık ünitesi kullanılmıştır (SEVİMLİ ve ark., 2005).

Hacim indeksi: Keklerin hacim indeksi, AACC'nin şablon metodu kullanılarak (AACC Metot No: 10-91) kullanılarak (AACC, 1983) belirlenmiştir. Bu metotta, merkezinden dik olarak iki eşit parçaya bölünen keklerin yükseklikleri üç ayrı noktadan (B, C, D) şablon yardımıyla ölçülmüştür. Hacim indeksi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$\text{Hacim indeksi} = B + C + D \quad (2)$$

Yukarıdaki formülde C, kekin merkezindeki yüksekliği, B ve D noktaları ise merkezden sırasıyla sola ve sağa doğru 2.5 cm'lik uzaklıktaki yükseklikleri temsil etmektedir.

Özgül hacim: Pişmiş keklerin özgül hacmi, kolza tohumu yer değiştirme metoduyla (SAHİN ve Sumnu, 2006) ölçülmüştür.

Ağırlık kaybı: Ağırlık kaybı yüzdeleri ise keklerin pişme öncesi ve sonrası ağırlıklarının ölçümü ve aradaki farkın ilk ağırlığa oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

Kabuk rengi: Kek kabuğunun üst yüzeyindeki renk değişimi Minolta renk ölçüm cihazı kullanılarak (CR-10, Japonya) ölçülmüş ve CIE L\*, a\*, and b\* skalasına göre değerlendirilmiştir. Oda sıcaklığında kekin üst yüzeyindeki değişik beş noktadan alınan ölçümlerin ortalaması kullanılarak toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Kek hamuru referans olarak alınmış olup L\*, a\*, and b\* değerleri, L<sub>0</sub>, a<sub>0</sub>, and b<sub>0</sub> olarak temsil edilmektedir.

Duyusal analiz: Taze keklerin duyusal analizleri, hedonik ölçeğe göre, eğitilmemiş panelistler tarafından yapılmıştır (RESURRECCION, 2008). Test, 9 noktalı ölçeği basitleştirerek, 5 noktalı ölçeğe dönüştürülmüştür. Ölçeğin kategorileri aşağıdaki gibidir:

- Çok beğenildi (=5)
- Az beğenildi (=4)
- Ne beğenildi ne beğenilmedi (=3)
- Fazla beğenilmedi (=2)
- Hiç beğenilmedi (=1)

Duyusal analizde, kontrol kek ve gam karışımını içeren kek olmak üzere iki çeşit kek formülasyonu kullanılmıştır. Bu kek formülasyonları hem konvansiyonel fırında hem de mikrodalga-kızılötesi kombinasyonlu fırında pişirilmiştir. Duyusal parametreler, tekstür ve tat olarak belirlenmiştir.

Gözenek boyutu ve dağılımı: Keklerin gözenek dağılımını incelemek için yedi farklı gamdan birini içeren glutensiz kek için ImageJ 1.4g programı (National Institute of Health, ABD) kullanılmıştır. Kekler hem yakın kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu hem de konvansiyonel fırında pişirilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulmuş kekler elektrikli bıçak yardımıyla ortalarından dik olarak ikiye kesildikten sonra bir tarayıcı yardımıyla (Canoscan 3200F, Tokyo, Japonya) çözünürlüğü 300 dpi olan görüntüleri alınmıştır ve bu görüntüler Image J programında kullanılmıştır. İki çeşit fırında pişirilen keklerin gözenek yapıları ve dağılımları incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Cift kırınım: Kek örnekleri normal ve polarize ışık altında incelenerek jelatinizasyon özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla Leica mikroskobu kullanılmıştır Preparatlar, 1/1 oranında gliserin/su karışımı ile hazırlanmıştır (KÖKSEL ve ark., 1993).

Mikroviskoanalizör (RVA) analizleri: Pişirilen kek örnekleri bayatlamaları için belirli sürelerde (0 ve 120 saat) oda sıcaklığında bekletilmiş, hemen dondurulmuş ve -50 °C'de liyofilizatör (Christ, Alpha 1-2 LD plus, Almanya) kullanılarak kurutulmuştur. Kekler öğütülüp (Moulinex, Super Junior S, A 505 2H F, Fransa) 212 mikronluk eleklerden geçirilmiştir. Kek örneklerinin yağları, soksalet aparatıyla ekstrakte edilmiştir. Yağ ekstraksiyonu hekzan kullanılarak 6 saatte gerçekleştirilmiştir.

Keklerdeki nişasta çirilenme özellikleri mikroviskoanalizör (RVA, Rapid Visco Analyzer, model RVA-4 Newport Scientific, Warriewood, Avusturalya) kullanılarak incelenmiştir. Yağsız kek örneklerinin rutubet miktarları göz önünde bulundurularak, RVA analizlerinde, kek örneğine ne kadar su ekleneceği hesaplanmıştır.

RVA'daki ısıtma ve soğutma döngüsü şu şekildedir:

- 1 dakika 50 °C'de tutma,
- 7.5 dakikada 95 °C'ye ısıtma,
- 5 dakika 95°C'de tutma,
- 7.5 dakikada 50°C'ye soğutma,
- 2 dakika 50°C'de tutma.

Taze kekler için, pik viskozitesi (çirilenme sırasındaki en yüksek viskozite), incelme sonrası viskozite, karıştırma ile viskozite azalması, katılma viskozitesi (son viskozite ile çirilenme sırasındaki en düşük viskozite arasındaki fark) ve son viskozite değerlerinin (CHSAWANG ve Suphantharika, 2006) data analizi için, Termocline (Windows, version 2.0) programı kullanılmıştır. Örneklerin rutubet miktarları AACC Metot No: 08-01 (1983) yöntemiyle belirlenmiştir.



Bayatlama süresince, yüzde katılaşma viskozite değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$K(\%) = \frac{[K(120s) - K(0s)]}{K(0s)} \quad (4)$$

Bu formülde; K(%): Yüzde katılaşma viskozitesini göstermektedir.

Diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK) özellikleri: Pişirilen kek örnekleri bayatlamaları için belirli sürelerde (0, 24, 120 saat) oda sıcaklığında bekletilmiş, hemen dondurulmuş ve -50 °C’de liyofilizatör (Christ, Alpha 1-2 LD plus, Almanya) kullanılarak kurutulmuştur. Kekler öğütülüp (Moulinex, Super Junior S, A 505 2H F, Fransa) 212 mikronluk eleklerden geçirilmiştir. Daha sonra, kuru kek örnekleri, DTK kaplarına konulup tartılmıştır (3 ± 1 mg). Örnekler, bir mikro-enjektör ile, kuru örnek:su oranı 1:3 olacak şekilde ıslatılmıştır. DTK kapları, ağzı hava geçirmeyecek şekilde kapatılmış ve örneğin su miktarını belirlemek için tekrar tartılmıştır. Analizlerden önce, DTK kapları, 24 saat süreyle dengeye gelmeleri için soğuk (5±2°C) depolama odasında bekletilmiştir. Referans olarak ağzı hava almayacak şekilde kapatılmış boş bir DTK kabı kullanılmıştır. DTK hücresi, 10°C’den 100°C’ye, sıcaklığı dakikada 5°C artacak şekilde ısıtılmıştır. Jelatinizasyon ve diğer faz değişim sıcaklıkları Q2000 Model DTK cihazı (DTK-TA Laboratory Instruments, ABD) ile kaydedilmiştir. DTK eğrilerinden iki adet endotermik pik elde edilmiştir. Daha düşük sıcaklıkta görülen, ilk endotermik pikin alanından, keklerin retrogradasyon entalpileri hesaplanmıştır. DTK eğrisinde, birincisine göre daha yüksek sıcaklıkta görülen endotermik pik ise jelatinizasyon pikidir. Keklerle aynı basamaklardan geçerek DTK analizine hazırlanan kek hamurunun ısıtılması ile elde edilen endotermik pikin alanı, örneğin içerisindeki bütün nişastanın jelatinizasyonu için gereken entalpi olarak hesaplamalarda kullanılmıştır. Kek örneklerinin jelatinizasyon dereceleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (NDIFE ve ark., 1998b):

$$Jelatinizasyon(\%) = \left[ 1 - \left( \frac{\Delta H_{kek}}{\Delta H_{hamur}} \right) \right] \quad (5)$$

Gluten içeriği: Glutene intoleransı olan bireyler için gıdaların seçiminde ve kalite kontrolünde gluten belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Türk Gıda Kodeksi “Glutensiz Gıda Maddeleri Tebliği (Tebliğ No 2003/33) ne göre buğday, arpa, çavdar ve yulaf kaynaklı “gluteni azaltılmış gıda maddelerin” de kurumadde üzerinden 200 ppm den fazla gluten bulunmamalıdır. Ayrıca “glutensiz gıda maddeleri” nde gluten miktarı kurumadde üzerinden 20 ppm’i geçmemelidir. Bu proje kapsamında hazırlanan kek örneklerinde ELISA yöntemine dayalı immünolojik yöntemle (AOAC 991.19 referans nolu analiz metodu) gluten analiz kiti kullanılarak kantitatif olarak gıdalardaki gluten içeriği belirlenmiştir

(AOAC, 1995.). Bu yöntem kullanılarak en az 1 ppm düzeyindeki gluten varlığı tespit edilebilmektedir.

İstatistiksel analiz: Tüm verilerin istatistiksel değerlendirmeleri için varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testleri Minitab 14 istatistiksel bilgisayar programı (Minitab Inc., State College PA, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gam tiplerinin tüm bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini anlayabilmek amacıyla varyans analizleri yapılmıştır.

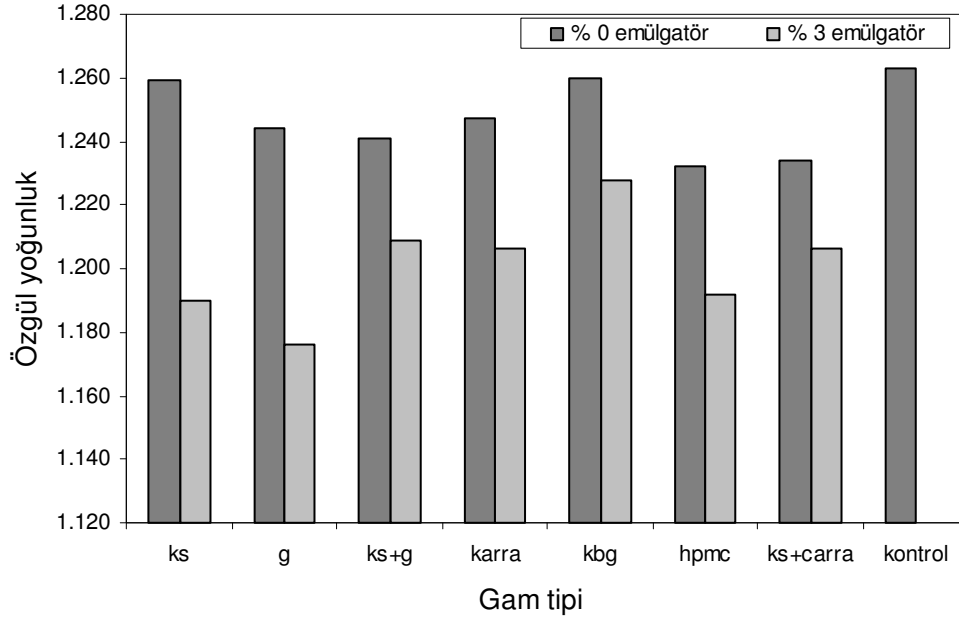
YYM çalışmasında, bağımlı değişkenlerin ikinci dereceden modellere uyması için çoklu regresyon analizi, Minitab 14 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu modeller kontür yüzeylerinin çizilmesi için kullanılmış olup, optimum şartların belirlenmesi ise Minitab 14 programındaki optimizatör ile yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Kek hamuru ölçümleri

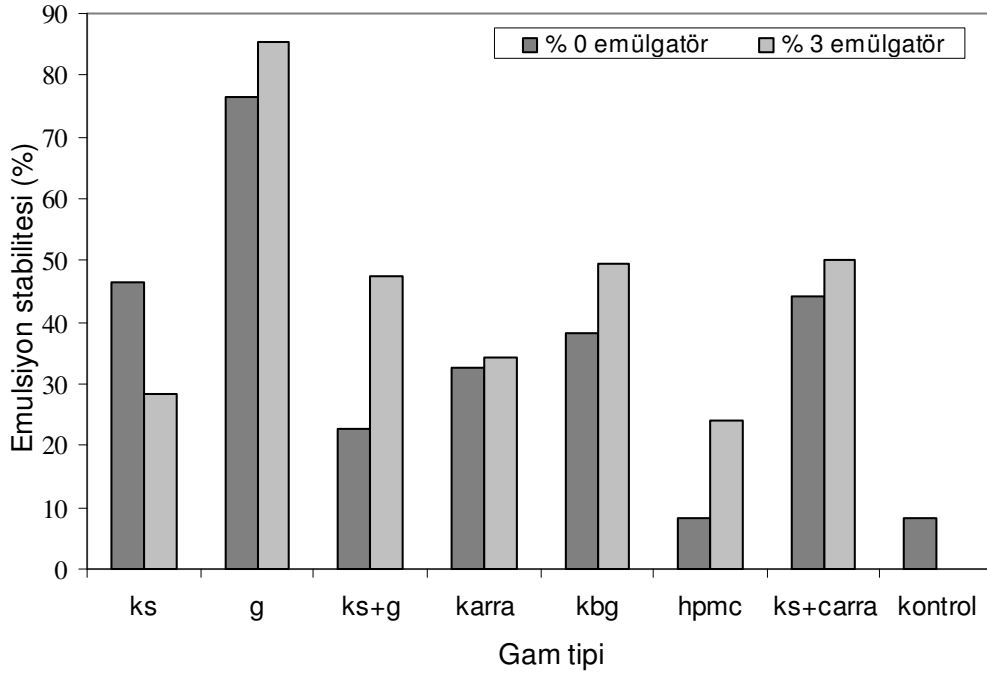
#### Özgül yoğunluk ve emülsiyon stabilite ölçümleri

Özgül yoğunluk, kek hamuru içindeki hava tutulma miktarını temsil etmekte olup, hava tutulma miktarı arttıkça özgül yoğunluk değeri düşmektedir. Kontrol (gam ve emülgatör içermeyen) olarak hazırlanan kek hamurunun özgül ağırlık değeri 1.26 olarak bulunmuştur. Kek formülasyonlarının çoğu kontrol kek hamurundan daha düşük özgül yoğunluk değerleri vermiştir. Şekil 1 gam ve emülgatör eklenmesi ile kek hamurunda hava tutulma miktarının arttığını göstermektedir. Şekil 1’de gösterildiği gibi, emülgatör eklenmesi kek hamurlarının özgül yoğunluk değerlerini etkili biçimde azaltmaktadır. Sıvı ve gaz fazlar arasındaki yüzey gerilimini azaltarak, hava tutulmasına yardımcı olan emülgatörler kek hamurunda daha yüksek bir hacim elde edilmesini sağlamaktadır. Emülgatör ve gam içeren tüm kek hamuru formülasyonları içinde, en yüksek özgül yoğunluk değerini keçiyoynuzu gamı içeren kek vermiştir.



**Şekil 1.** Değişik tiplerde gam içeren ve emülgatör eklenen glutensiz kek hamurlarının özgül yoğunluk değerleri.

(ks: ksantan, karra: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)



**Şekil 2.** Değişik tiplerde gam içeren ve emülgatör eklenen glutensiz kek hamurlarının emülsiyon stabilitesi değerleri

(ks: ksantan, karra: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)

En düşük stabilite değerinin en düşük yüzde ile HPMC içeren kek hamuru için elde edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 2). Emülsiyon stabilitesi olarak en yüksek değeri veren guar gam (emülgatörlü ve emülgatörsüz) olup bunu ksantan ve keçiyoynuzu gamı izlemektedir. Genel olarak bakıldığında, tüm hamurlar için emülgatör eklenmesi emülsiyon stabilitesi yüzdelerinde artma sağlamış olup, daha stabil kek hamurları elde edilmesini sağlamıştır.

#### *Reolojik ölçümler*

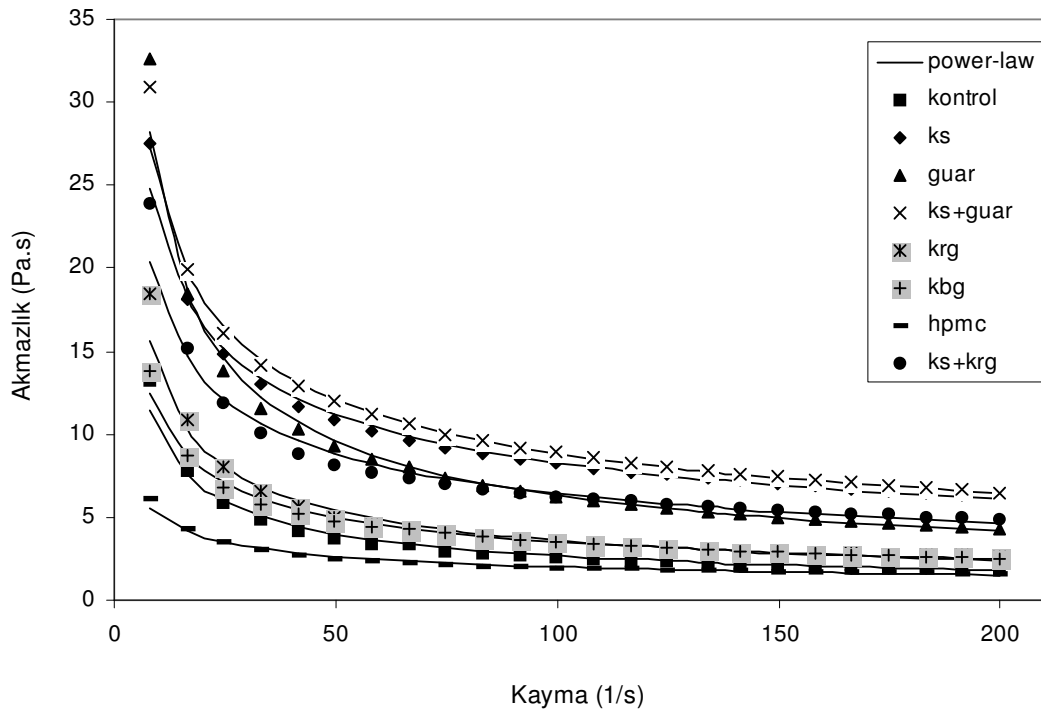
Reolojik ölçümlerde değişik tipte gam ve ayrıca emülgatör içeren tüm formülasyonların kayma ile incelen davranış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu davranışta, kayma hızı arttıkça görünen viskozite (akmazlık) azalmaktadır. Şekil 3 ve 4'de de gözlemlenebileceği gibi, kayma hızı doğrusal olarak 0'dan  $200 \text{ s}^{-1}$ 'e artarken, kek hamurlarının viskozitesi azalma göstermiştir.

Reolojik ölçümlerde elde edilen verileri kullanarak yapılan modelleme çalışmalarında Power yasası ve Casson modelleri (2.ve 3.eşitlikler) değişik tiplerde gam içeren ve emülgatör eklenen hamurların davranışlarının modellenmesinde en uygun modeller olarak bulunmuştur ( $r^2=0,949- 0,999$ ).

$$\tau = k(\dot{\gamma})^n \quad (6)$$

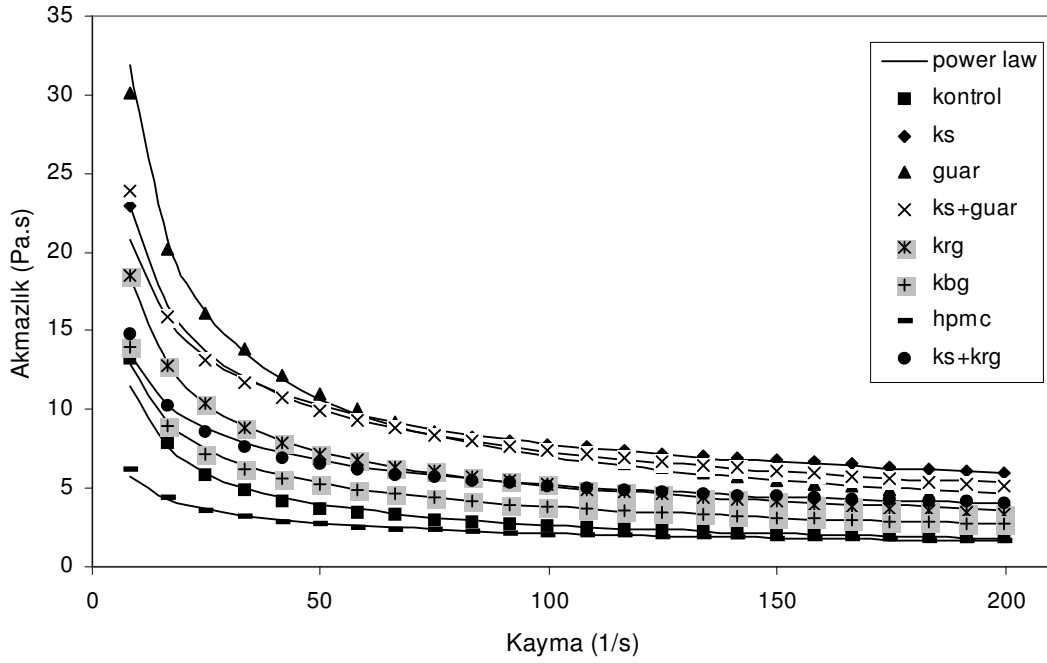
$$\tau^{1/2} = K_0 + K_c(\dot{\gamma})^{1/2} \quad (7)$$

Yukarıdaki eşitliklerde,  $\tau$ , kayma gerilimi (Pa);  $k$ , kıvamlılık katsayısı ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ),  $n$ , akış davranışı sabiti (birimsiz),  $\dot{\gamma}$  kayma hızı ( $1/\text{s}$ ),  $K_0$  ve  $K_c$  de sırasıyla Casson akma gerilimi ( $\text{Pa}$ )<sup>1/2</sup> ve Casson sabitidir ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )<sup>1/2</sup>. Tablo 2' de bu iki modellemeye göre elde edilen sabitler verilmiştir.



**Şekil 3.** Emülgatör içermeyen kek hamurlarının akma özelliklerinin kayma oranıyla değişimi (Power-law modeli)

(ks: ksantan, krg: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)



**Şekil 4.** Emülgatör içeren kek hamurlarının akma zırlıklarının kayma oranıyla değışimi (Power-law modeli)

(ks: ksantan, krg: karagenan, kbg: keçiboynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)

Kek hamurlarının kıvamı, özgül ağırlık gibi önemli bir fiziksel özellik olup, kekin karıştırılması sırasında tutulan hava kabarcıklarının hamur içinde kalmasını temsil etmektedir. Eğer kek hamurunun viskozitesi çok düşük olursa, bu hava kabarcıkları yüzeye doğru kolayca yükselip, buradan havaya doğru kaybolabilmektedir. Reolojik ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek viskozitenin ksantan ve ksantan-guar gam karışımı içeren kek hamurlarından elde edildiği görülmüştür. Ayrıca, en yüksek kıvamlilik katsayıları da, ksantan içeren kek hamurlarından elde edilmiştir (Tablo 2). Ksantan ve guar gam arasındaki sinerjik etkileşim, bu iki gamın diğer gamlara göre, birlikte kullanıldıklarında daha yüksek viskozite vermelerini sağlamaktadır.

Formülasyonlarda keçiboynuzu gamı kullanıldığında, HPMC içeren formülasyonlara göre daha yüksek, ksantan içeren kek hamurlarına göre ise daha düşük görünen akma zırlık değeri vermiştir. Guar gam, keçiboynuzu gamına göre daha yüksek moleküler ağırlığa sahip olduğu için, daha yüksek akma zırlık değeri vermiştir.

En düşük viskozite değeri HPMC içeren kek hamurlarından elde edilmiştir. Bu sonuç, özgül yoğunluk değeriyle de paralellik göstermektedir, çünkü hava tutma arttıkça kek hamurlarının özgül yoğunluğu da, viskozitesi de azalmaktadır.

Kappa-karagenan da HPMC’de olduğu gibi düşük viskozite değerleri vermiştir. Unlu ürünlerde sertliği düşürme etkisine sahip olan bu gam tipi, glutensiz keklerde istenen yapının elde edilmesine yardımcı olamamıştır. Kappa-karagenanın genel olarak süt proteinleriyle reaksiyona girdiği bilinmektedir ve glutensiz pirinç keklerinde süt ürünü kullanılmamıştır. Bu sebeple istenilen kalite edilmemiş olabilir.

Emülgatör eklenmesinin viskozite üzerindeki etkisi gam tipine göre değişim göstermiştir. İstatistiksel değerlendirmeye göre, emülgatörün gam tipiyle etkileşimi etkili bulunmuş olup, tek başına emülgatör eklenmesi viskozite üzerinde etkili çıkmamıştır. Ksantan içeren kek hamurlarına emülgatör eklenmesi, hava tutulmasını arttırdığı için emülgatör içermeyenlere göre daha düşük görünen viskozite değerleri elde edilmesine sebep olmuştur.

**Tablo 2.** Power-law ve Casson modellerine göre hesaplanan sabitler

Formülasyon	Power			Casson			
	n	K	r <sup>2</sup>	n	K	r <sup>2</sup>	
kontrol	0.421	38.356	0.977	63.030	0.500	0.817	0.999
ks	0.563	61.870	0.997	107.848	0.500	1.798	0.997
guar	0.399	100.524	0.987	170.459	0.500	1.171	0.997
ks-guar	0.552	69.580	0.994	126.293	0.500	1.811	0.992
krğ	0.418	52.568	0.965	84.339	0.500	0.957	0.997
kg	0.496	35.730	0.994	63.915	0.500	1.047	0.994
hpmc	0.596	12.898	0.991	20.025	0.500	0.952	0.999
ks-krğ	0.541	53.091	0.986	86.902	0.500	1.569	1.000
ks-eml	0.610	46.980	0.997	78.711	0.500	1.871	0.997
guar+eml	0.399	111.830	0.991	213.131	0.500	1.149	0.949
ks+guar+eml	0.545	59.377	0.997	114.833	0.500	1.595	0.981
kg+eml	0.513	35.710	0.997	65.398	0.500	1.113	0.993
krğ-eml	0.495	52.740	0.996	102.394	0.500	1.227	0.975
ks-krğ-eml	0.623	29.520	0.997	47.967	0.500	1.557	0.999
hpmc-eml	0.611	12.780	0.997	20.994	0.500	0.983	0.999

Ks:ksantan, krğ: karagenan, kg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz, eml: emülgatör

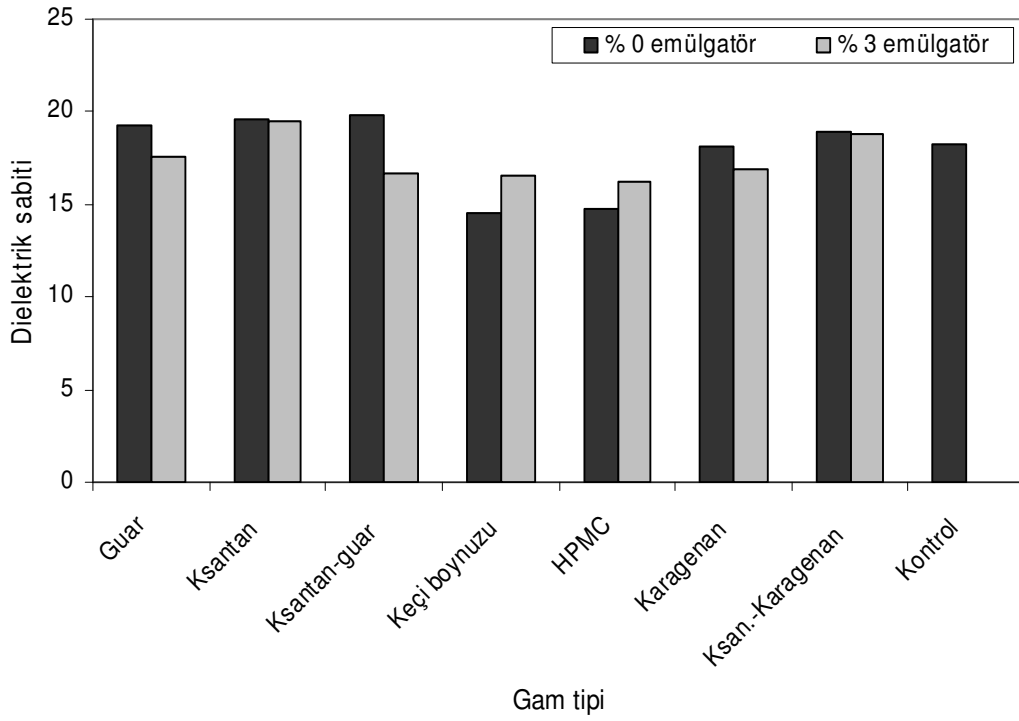
### *Dielektrik Özelliklerin Ölçümü*

Değişik gam tiplerinin, emülgatör eklenmesinin ve sıcaklık değişiminin glutensiz kek hamurlarının dielektrik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Değişik gam tiplerinin kullanılmasının kek hamurlarının dielektrik sabiti ve kayıp faktörlerini etkilediği gözlenmiştir. Öte yandan emülgatör eklenmesinin dielektrik özellikler üzerindeki etkisi önemli derecede olmamıştır. Şekil 5’de, 25°C sıcaklıkta gam tiplerine göre, dielektrik sabiti değerlerinin değişimi görülmektedir. Emülgatör içeren ve içermeyen kek hamurlarının herbirinde de ksantan ve guar gam içeren formülasyonlar en yüksek dielektrik sabiti değerlerini vermiştir. Ksantan ve ksantan-guar karışımı içeren kek hamurlarının verdiği sonuçlar arasında önemli ölçüde fark çıkmamıştır. Bu üç formülasyon da kontrol olarak hazırlanan kek hamurundan daha yüksek değerler vermişlerdir.

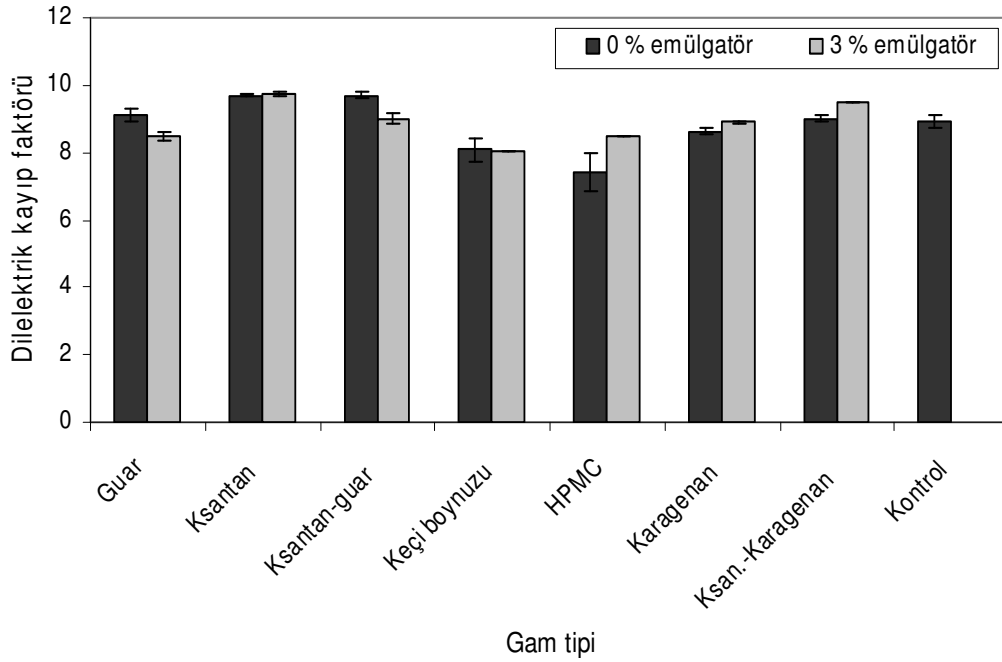
Şekil 6’da, 25°C sıcaklıkta gam tiplerine göre, dielektrik kayıp faktörü değerlerinin değişimi görülmektedir. Dielektrik sabiti değerlerinde olduğu gibi, ksantan ve ksantan-guar gam karışımı içeren kek hamurları en yüksek değerleri vermişlerdir. Dielektrik kayıp faktörü, mikrodalgayla ısınmayı etkileyen en önemli parametredir. Dielektrik kayıp faktörü arttıkça, mikrodalga fırında ısınma daha hızlı olmaktadır. Bu sebeple, ksantan ve ksantan guar gam karışımı içeren kek hamurlarının mikrodalgaya maruz kaldığında diğer gamlara göre daha hızlı ısınması ve bunun sonucunda daha hızlı jelatinize olması beklenmektedir. Mikrodalgada pişirilecek bir unlu mamül için bu tip gamların kullanılması önerilebilir.

Şekil 7-10 da değişik tiplerde gam ve emülgatör içeren kek hamurlarının dielektrik sabiti ve kayıp faktörü değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi incelenebilmektedir. Tüm şekillerde, 30 ve 40°C sıcaklığa kadar hafif artış, sonrasında hafif bir düşüş ve 80°C sıcaklıktan sonra keskin bir artış görülmektedir. Su moleküllerinin hareketliliği sistemin dielektrik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Sıcaklığın 40°C dan daha fazla artması dielektrik özelliklerde, 80°C sıcaklığa kadar hafif bir düşüş gözlenmesine neden olmuştur. Bunun sebebi ise sıcaklık artışıyla beraber gelen nem kaybı ve kek hamuru içindeki hava kabarcıklarının artması ile ilgili olabilir. 80°C sıcaklıktan sonra, dielektrik özelliklerde keskin bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeni pirinç unu içindeki nişastanın jelatinize olması ile açıklanabilir. Nişastanın jelatinize olmasıyla, şişen nişasta granüllerinin suyu absorbe etmesi sonucunda ortamdaki serbest su moleküllerinin miktarı değişmektedir.

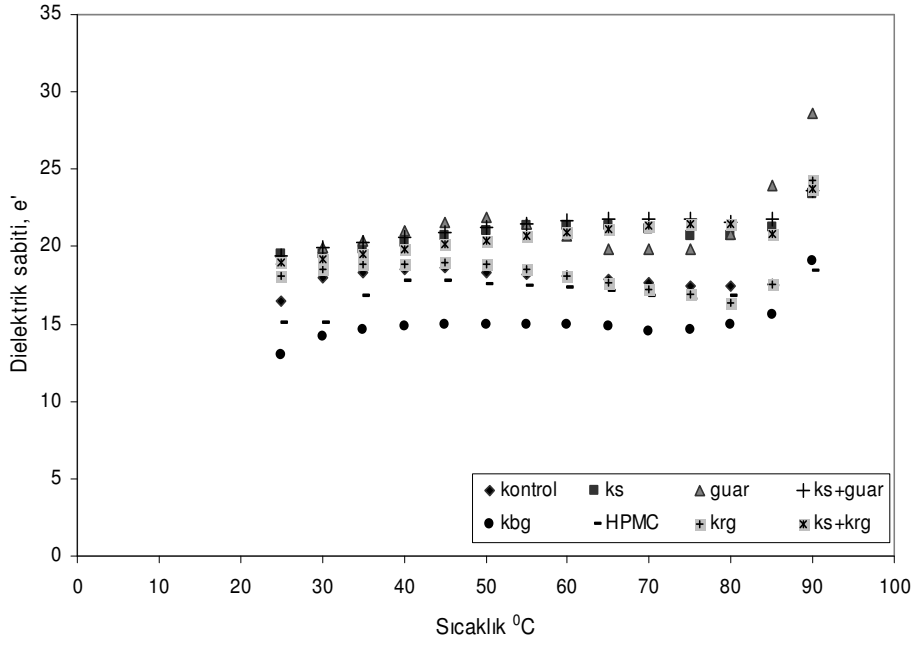




Şekil 5. Gam tipine göre glutensiz kek hamurlarının dielektrik sabiti değerleri.

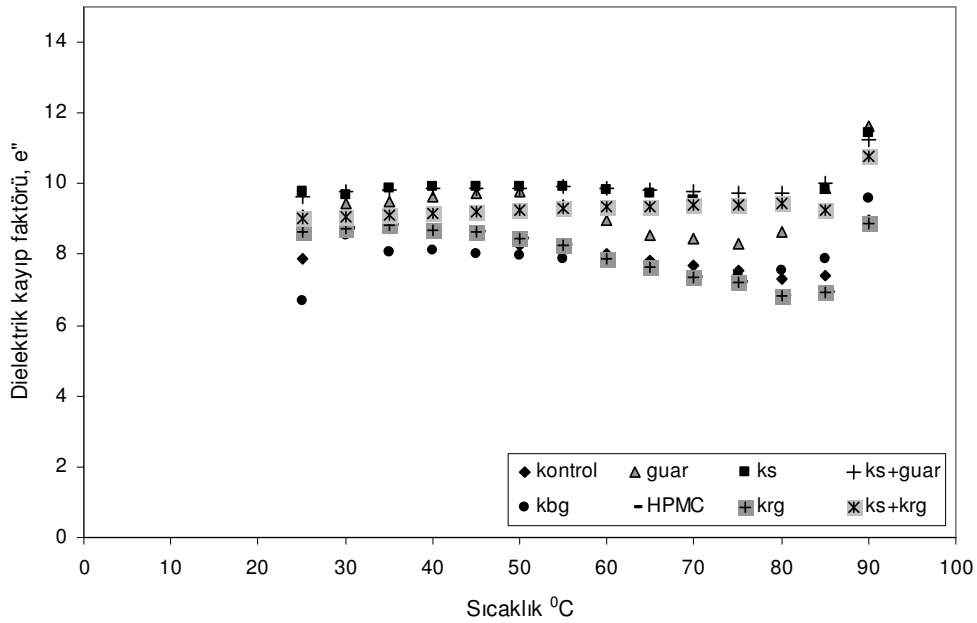


Şekil 6. Gam tipine göre glutensiz kek hamurlarının dielektrik kayıp faktörü değerleri.



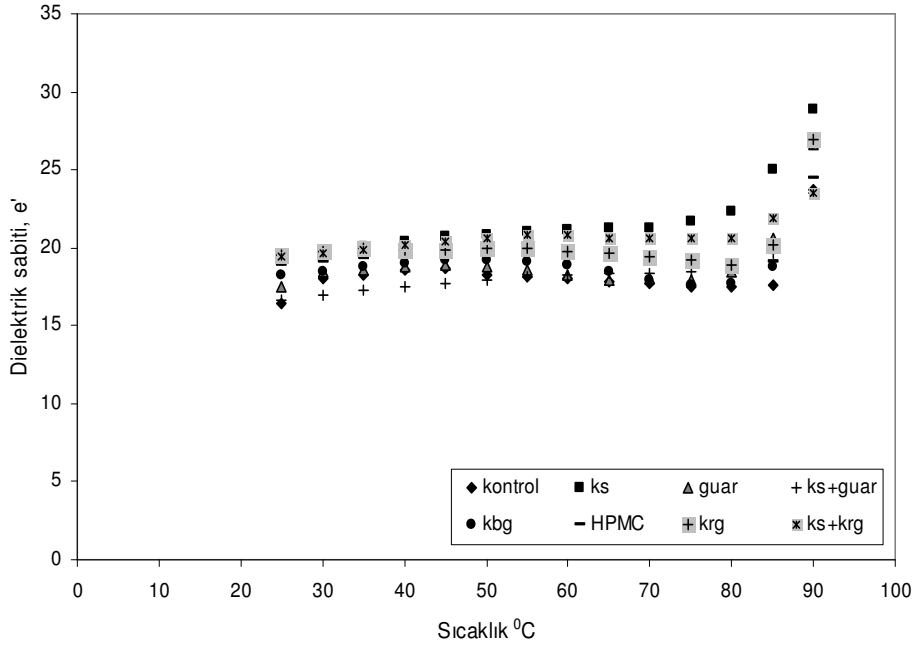
**Şekil 7.** Emülgatör içermeyen glutensiz kek hamurlarının dielektrik sabiti değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi

(ks: ksantan, krg: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)



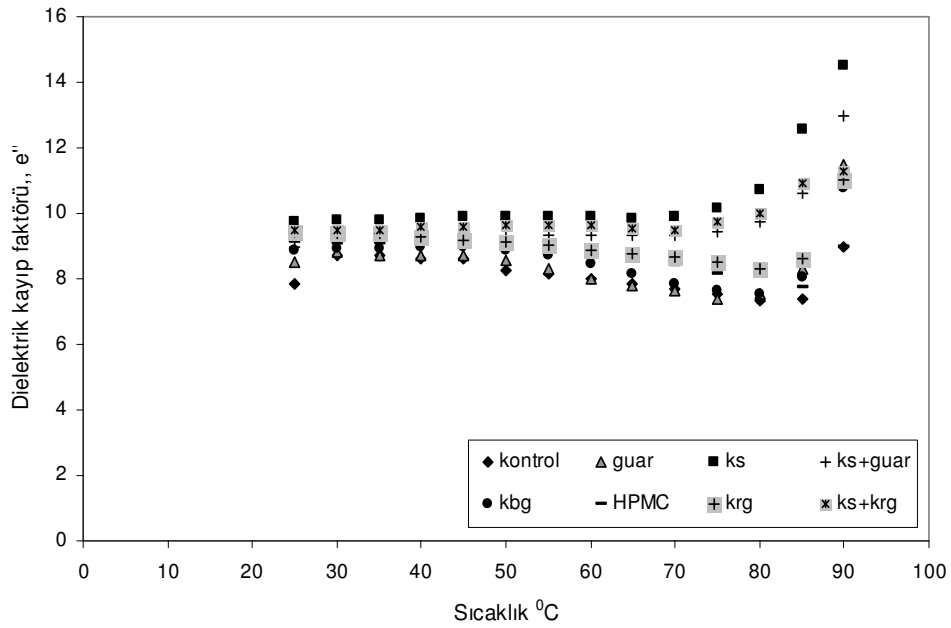
**Şekil 8.** Emülgatör içermeyen glutensiz kek hamurlarının dielektrik kayıp faktörü değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi

(ks: ksantan, krg: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)



**Şekil 9.** Emülgatör içeren glutensiz kek hamurlarının dielektrik sabiti değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi

(ks: ksantan, krg: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)

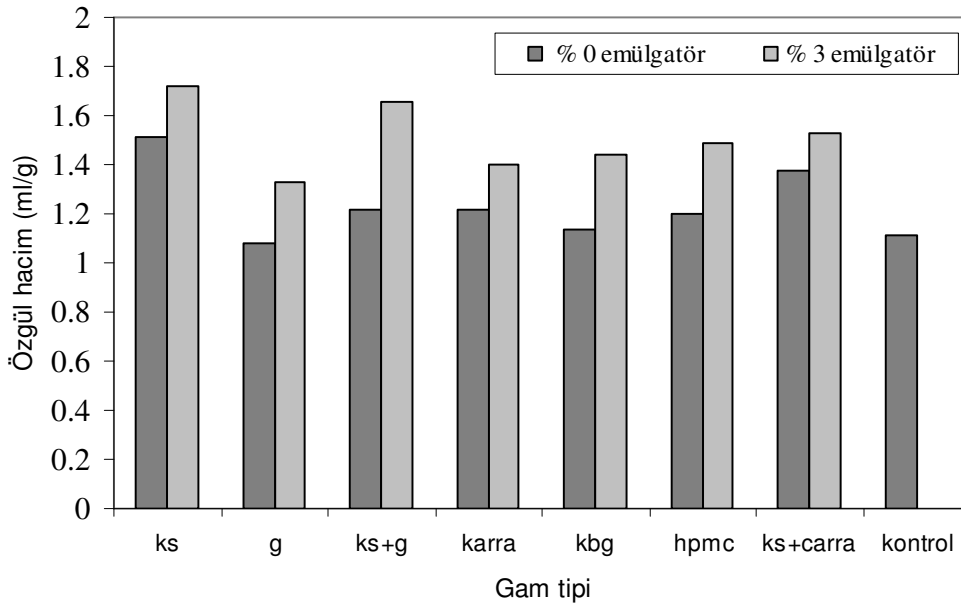


**Şekil 10.** Emülgatör içeren glutensiz kek hamurlarının dielektrik kayıp faktörü değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi

(ks: ksantan, krg: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)

### Gam çeşidinin kek kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması

Ksantan gam ve ksantan-guar karışımı kullanıldığında en yüksek özgül hacim elde edilmiştir (Şekil 11). Emülgatör eklenmesi kek hamurunun özgül yoğunluk değerlerinin düşmesine sebep olduğu için, özgül hacim değerlerinin yükselmesini yani daha hacimli kekler elde edilmesini sağlamıştır (Tablo 3). Homojenlik indeksi değerlerine bakıldığında (Tablo 3) keklerin HPMC içeren emülgatörsüz formülasyon dışında 0 değeri verdiği yani homojen olduğu gözlemlenmiştir. Hacim indeksi değerlerinde ise yüksek değerleri veren, ksantan ve ksantan-guar karışımı içeren kekler olmuştur. Yapılan deneylerde, emülgatör içermeyen keklerde, ksantan gamın olduğu formülasyonlar dışındaki keklerin ortasında çökme görülmüştür.



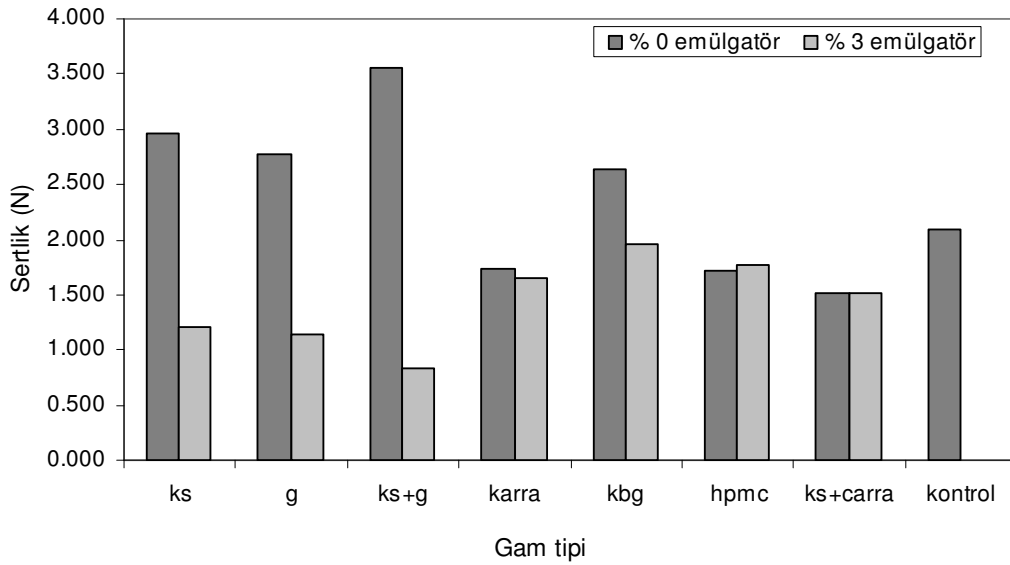
**Şekil 11.** Değişik gam tipleri içeren ve emülgatör eklenen glutensiz pirinç keklerinin özgül hacim değerleri.

(ks: ksantan, g: guar gum, karra: karagenan, kbg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)

Keklerin iç sertliklerinin genel olarak emülgatör eklenmesiyle azaldığı ve daha yumuşak kekler elde edildiği sonucuna varılmıştır (Şekil 12).

**Tablo 3.** Değişik kek formülasyonlarının özgül hacim ve AACC şablon değerleri

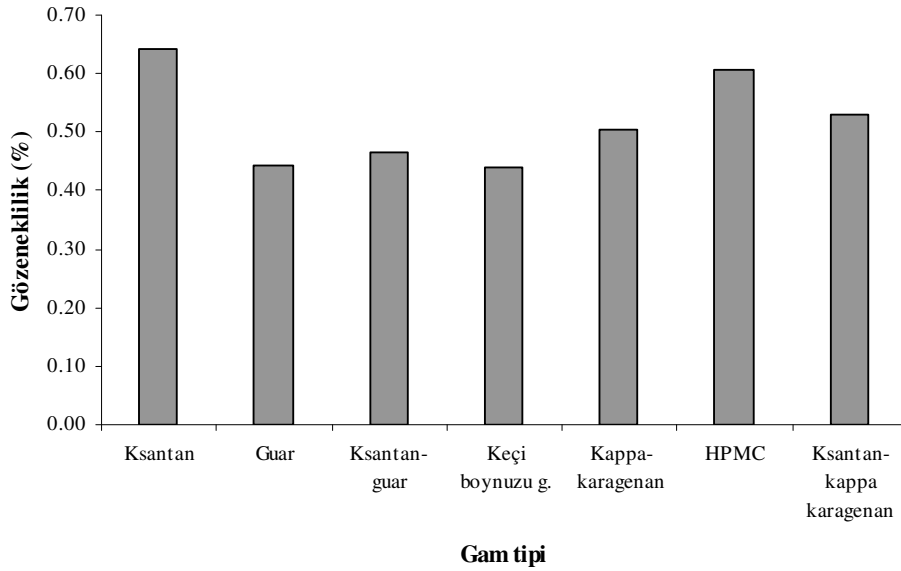
Formülasyon	özgül hacim (ml/g)	hacim			hacim indeksi	Homojenlik indeksi
		B	C	D		
Ks	1,51	31,5	31,5	31,5	94,5	0
Guar	1,08	26,0	24,0	26,0	76,0	0
Ks+guar	1,22	29,5	29,5	29,5	88,5	0
Krg	1,22	29,5	25,0	29,5	84,0	0
Kbg	1,14	28,0	25,5	28,0	81,5	0
Hpmc	1,20	26,0	25,5	27,0	78,5	-1
Ks+kr	1,38	32,0	30,5	32,0	94,5	0
Ks-eml	1,72	36,5	36,5	36,5	109,5	0
Guar-eml	1,33	31,0	26,5	31,0	88,5	0
Ks+guar-eml	1,66	36,0	36,0	36,0	108,0	0
Krg -eml	1,40	31,0	29,0	31,0	91,0	0
Kbg -eml	1,44	34,0	30,0	34,0	98,0	0
hpmc-eml	1,49	31,0	28,0	31,0	90,0	0
Ks+kr-eml	1,53	36,0	36,0	36,0	108,0	0
Kontrol	1,11	25,0	23,5	25,0	73,5	0



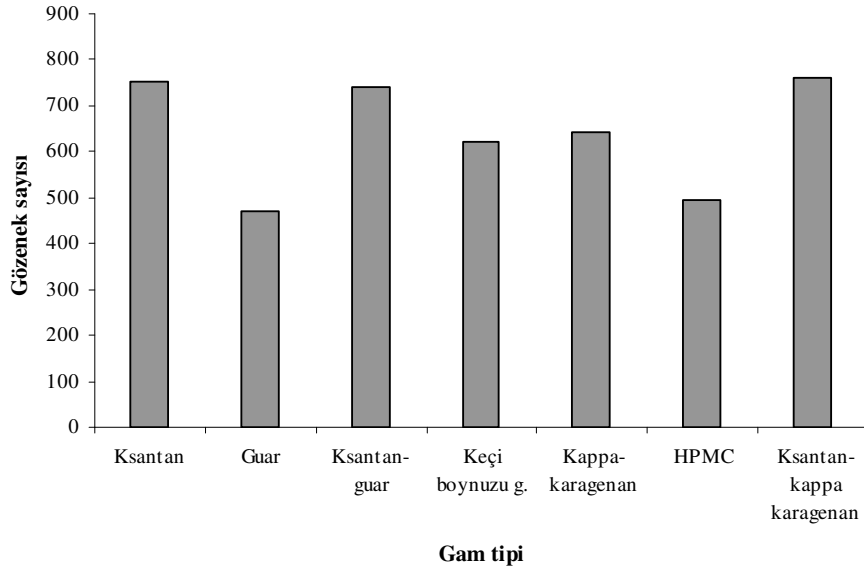
**Şekil 12.** Değişik gam tipleri içeren ve emülgatör eklenen glutensiz pirinç keklerinin sertlik değerleri (ks: ksantan, g: guar gum, karra: karagenan, kg: keçiyoynuzu gamı, hpmc: hidroksi propil metil selüloz)

Yedi farklı tipde gam içeren glutensiz kekler, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş ve bu keklerin gözeneklilik, gözenek boyutu ve dağılımı görüntü analizi yöntemiyle, Image J adlı yazılım kullanılarak incelenmiştir. Şekil 11 ve 13'de sırasıyla keklerin deneysel olarak belirlenen özgül hacim ve gözeneklilik değerleri görülmektedir. Şekil 14 ve 15 de ise sırasıyla görüntü analizi ile belirlenen gözenek sayısı ve gözenek yüzdeleri görülmektedir.

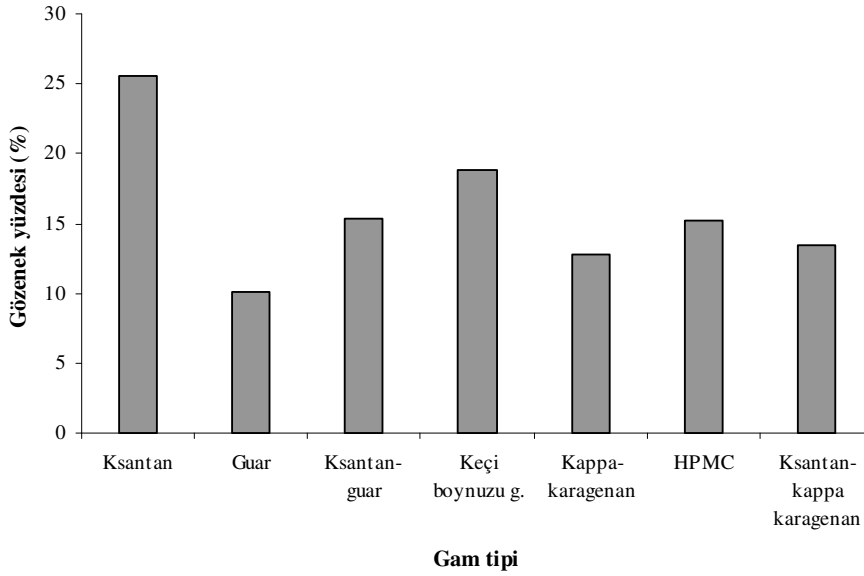
Grafikler incelendiğinde, ksantan içeren tüm keklerin en yüksek özgül hacim değerleri verdiği ve aynı anda gözenek sayılarının da en yüksek olduğu gözlenmektedir. Gözeneklilik yüzdelere bakıldığında ksantan gam içeren kek en yüksek değerleri vermiştir. Buradan ulaştığımız sonuç, ksantan gamın glutensiz kek yapımında yüksek hacim elde etmemizi sağlayacaktır. Öte yandan, özgül hacim olarak en düşük değeri veren guar gamın gözenek sayısında da en az değeri verdiği görülmektedir. Guar gam ayrıca gözenek yüzdesi olarak da en düşük değeri vermiştir. Buradan anlaşılmaktadır ki, guar gamın glutensiz pirinç keki yapımında tek başına kullanılması hacim olarak istenen sonucu vermeyecektir.



**Şekil 13.** Gam tiplerine göre kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş glutensiz pirinç keklerinin gözeneklilik değerleri (%).

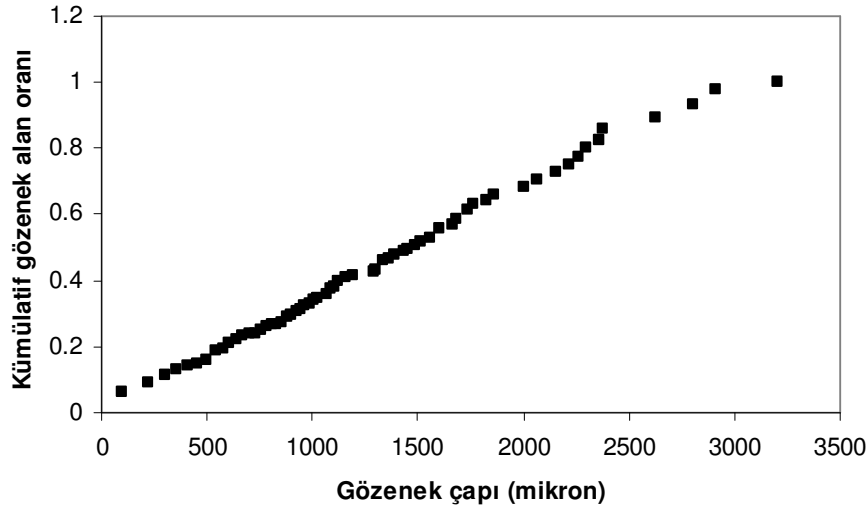


**Şekil 14.** Gam tiplerine göre kızıl ötesi-mikroalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş glutensiz pirinç keklerinin Image J yazılımına göre bulunan gözenek sayıları.



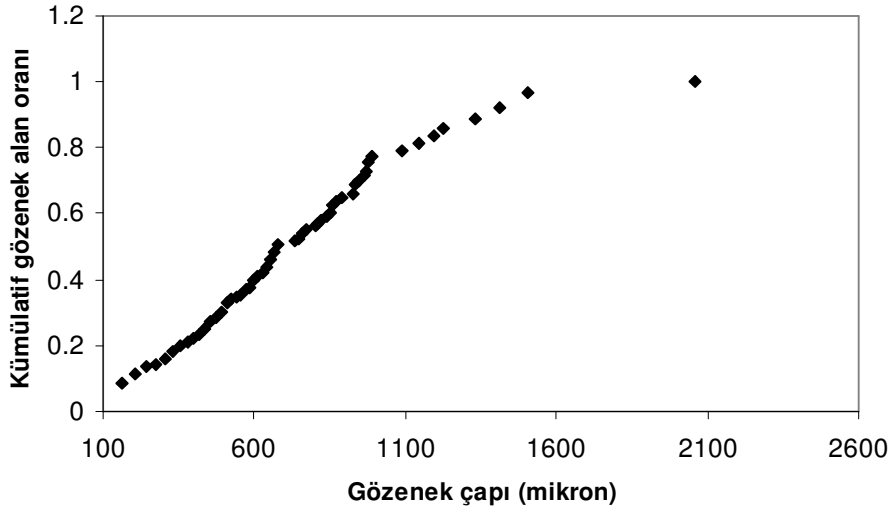
**Şekil 15.** Gam tiplerine göre kızıl ötesi-mikroalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş glutensiz pirinç keklerinin Image J yazılımına göre bulunan gözeneklilik yüzdeleri (%).

Şekil 16-22’de her bir gam tipi için elde edilen görüntü analiz sonuçlarına göre çizilen grafikler görülmektedir. En yüksek hacmi, gözenekliliği ve gözenek yüzdesini elde ettiğimiz ksantan gam içeren keklerdeki gözenekler homojen olarak dağılmaktadır (Şekil 16). Keçiboynuzu gamının (Şekil 19) gözenek çapları diğer keklere göre daha büyük çıkmıştır. Ksantan-kappa karagenan karışımı, kappa-karagenan ve guar gamları içeren keklerdeki gözenek dağılımı homojen değildir (Şekil 17, 20 ve 21). Ancak keçiboynuzu gamının aksine gözenek çapları daha küçüktür. En çok gözenek sayısı ksantan-kappa karagenan gam içeren keklerde en az gözenek sayısı ise guar gam içeren keklerde bulunmuştur.

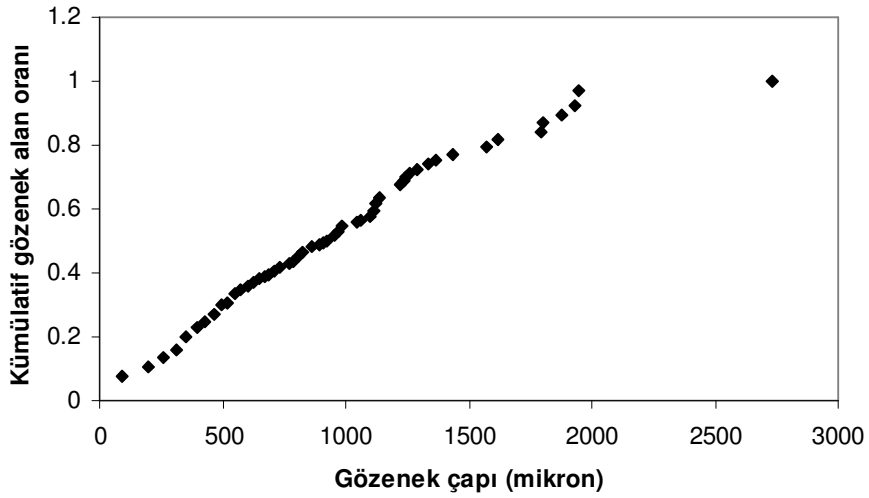


Şekil 16. Ksantan gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranlarının değişimi

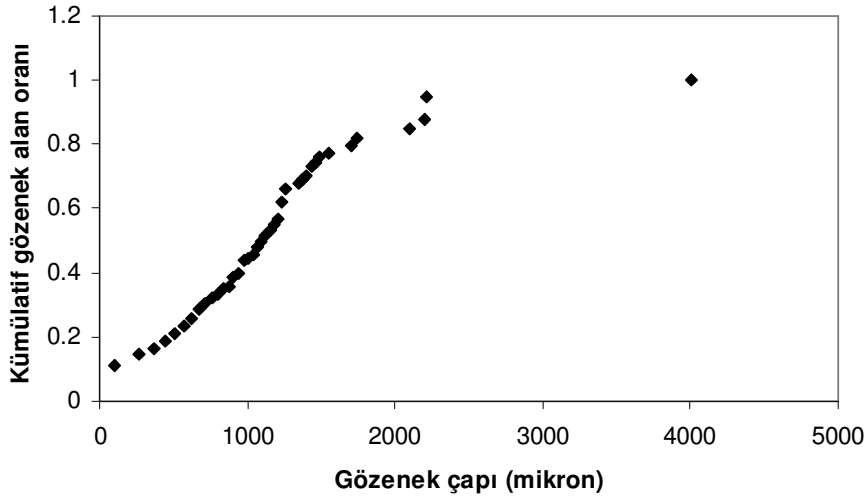




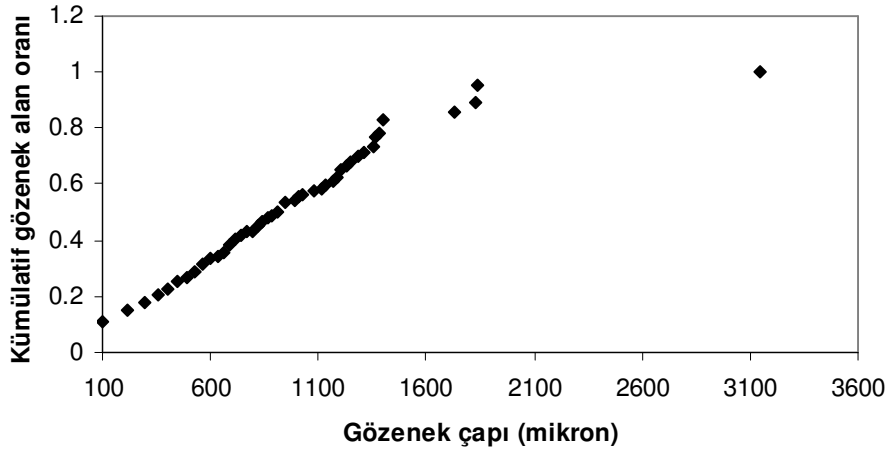
Şekil 17 Guar gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi



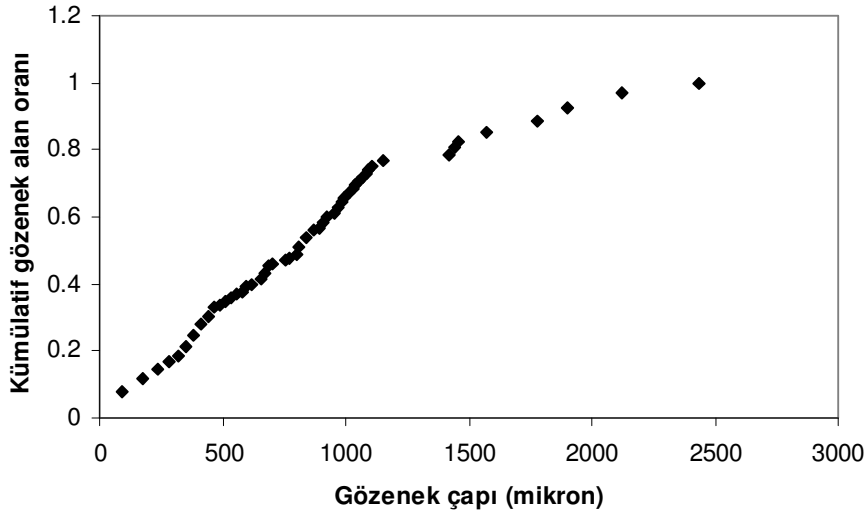
Şekil 18. Ksantan-guar gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi



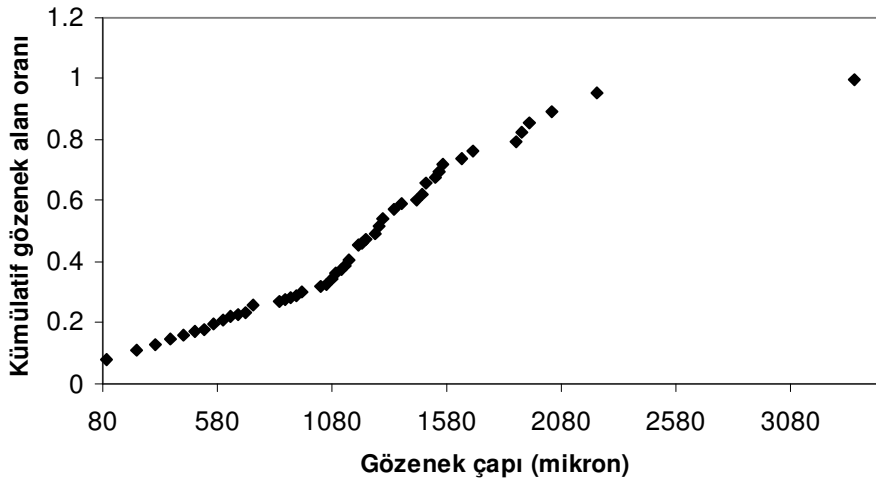
Şekil 19. Keçiboynuzu gamı içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi



Şekil 20. Kappa-karagenan gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranların değişimi



**Şekil 21.** Ksantan-kappa karagenan gam içeren pirinç keklerinin kümülatif gözenek alan oranlarının değişimi



**Şekil 22.** HPMC gamı içeren pirinç keklerinin gözenek çaplarının kümülatif gözenek alan oranlarının değişimi

Görüntü analizi sonuçlarına ve gözeneklilik değerlerine dayanarak, en yüksek özgül hacim değerleri veren ksantan içeren keklerin gözenek sayısı en çoktur. Ayrıca gözeneklilik yüzdelerinde de en yüksek değerleri veren ksantan içeren kek olmuştur. En düşük gözenek sayısı ve gözenek yüzdesini veren kek en düşük özgül hacim değerini veren guar gam içeren kek olmuştur. Elde edilen sonuçlar

doğrultusunda çalışmanın devamında optimum koşulların belirlenmesi için ksantan-guar karışımı içeren kekler kullanılmıştır.

### Optimum pişirme koşullarının belirlenmesi

Optimum pişirme koşullarının bulunması amacıyla yanıt yüzey metodu kullanılarak yapılan optimizasyonda bağımlı değişkenlerin (ölgül hacim, toplam renk değışimi, sertlik ve ağırlık kaybı) ikinci dereceden polinom denklemlerine uyduğu gözlemlenmiştir;

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_{12} + b_{13}X_{13} + b_{23}X_{23} \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemden,  $X_i$  bağımsız değışkenleri (emülgatör yüzdesi, üst halojen lamba gücü ve pişme süresi) ve  $b_i$  model sabitlerini temsil etmektedir.

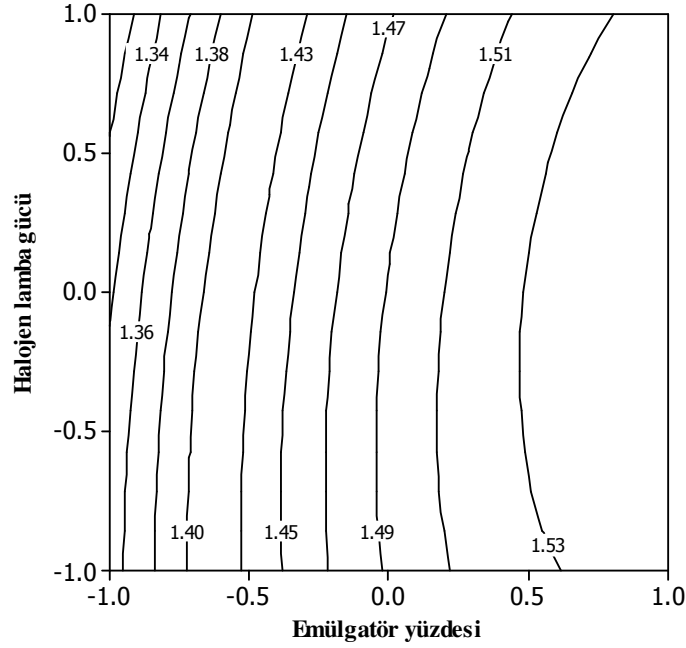
Regresyon eşitlikleri ve katsayıları çoklu regresyon analizi kullanılarak bulunmuştur. Model eşitlikleri ve regresyon katsayıları Tablo 4'te görülmektedir.

**Tablo 4.** Değişik koşullarda pişirilen kekler için model eşitlikleri

Kalite parametresi		Denklem	$r^2$
Özgül hacim		$Y_1 = 1.4913 + 0.1043X_1 - 0.0120X_2 - 0.0228X_3 - 0.0499X_1X_1 - 0.0109X_2X_2 -$	0.967
		$0.0009X_3X_3 + 0.0125X_1X_2 + 0.016X_1X_3 - 0.0410X_2X_3^*$	
Toplam renk değışimi		$Y_2 = 28.2667 + 4.5250X_1 + 5.2750X_2 + 2.4250X_3 - 2.5958X_1X_1 + 0.1542X_2X_2 +$	0.985
		$0.0042X_3X_3 - 1.9250X_1X_2 - 0.4250X_1X_3 - 0.0250X_2X_3$	
Sertlik		$Y_3 = 3.2162 - 0.4256X_1 + 0.0452X_2 + 0.2284X_3 + 0.2547X_1X_1 - 0.2965X_2X_2 +$	0.923
		$0.4555X_3X_3 - 0.4270X_1X_2 + 0.2210X_1X_3 + 0.0355X_2X_3$	
Ağırlık kaybı		$Y_4 = 13.8567 + 0.5363X_1 + 0.8550X_2 + 1.3338X_3 - 0.2133X_1X_1 -$	0.826
		$0.3658X_2X_2 + 0.2367X_3X_3 + 0.0175X_1X_2 + 0.1800X_1X_3 - 0.2125X_2X_3$	

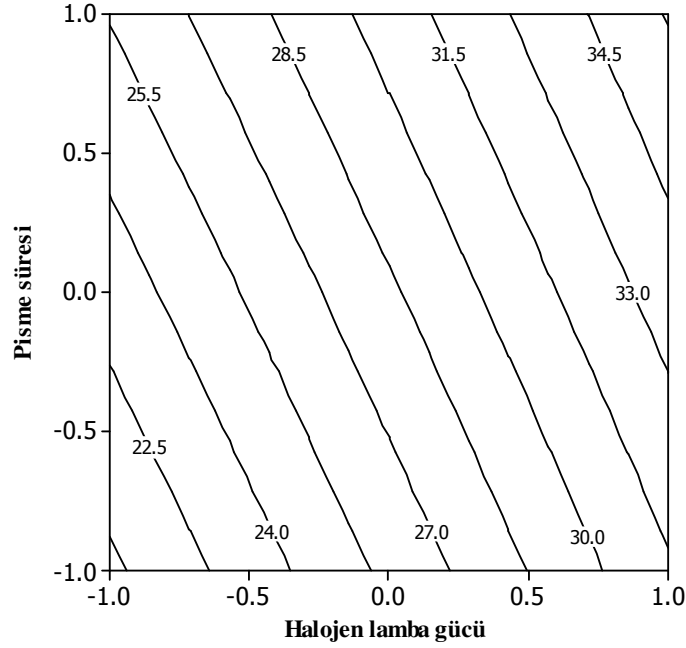
\* $p \leq 0.05$  için önemli

Emülgatör yüzdesi, ölgül hacim üzerinde önemli biçimde etkili bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ) (Tablo 4). Şekil 23'de gösterildiği gibi, emülgatör yüzdesi arttıkça keklerin ölgül hacmi artmıştır. Emülgatör eklenmesi havanın tutulmasına yardımcı olmakta ve bu ölgül hacmi arttırmaktadır. 7.5 dakikalık pişirme süresi için, halojen lamba gücündeki değışim ölgül hacim üzerinde önemli değışikliğe sebep olmamıştır.



**Şekil 23.** Emülgatör yüzdesi ( $X_1$ ) ve üst halojen lamba gücünün ( $X_2$ ) özgül hacim üzerindeki etkisi ( $X_3=0$ )

Toplam renk değişimi için, tüm bağımsız değişkenler önemli ölçüde etkili bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ) (Tablo 4). Şekil 24 incelendiğinde, pişirme süresiyle üst halojen lamba gücündeki artışların toplam renk değişiminde artışa sebep olduğu görülmüştür. Daha yüksek sıcaklık anlamına gelen daha uzun pişirme süresi ve/veya yüksek halojen gücü Maillard reaksiyonlarının oluşumunu arttırmıştır. Ayrıca, sıcaklık dışında, karbonhidrat, protein gibi içerikler de Maillard reaksiyonları üzerinde etkilidir. İçinde soya proteini bulunan emülgatörün yüzdesinin artması da Maillard reaksiyonlarının oluşumunu arttırdığından toplam renk değişimini arttırmıştır. Tablo 4'te görüldüğü gibi, emülgatör yüzdesi ve üst halojen lamba gücü arasında önemli derecede etkileşim vardır ( $p \leq 0,05$ ).



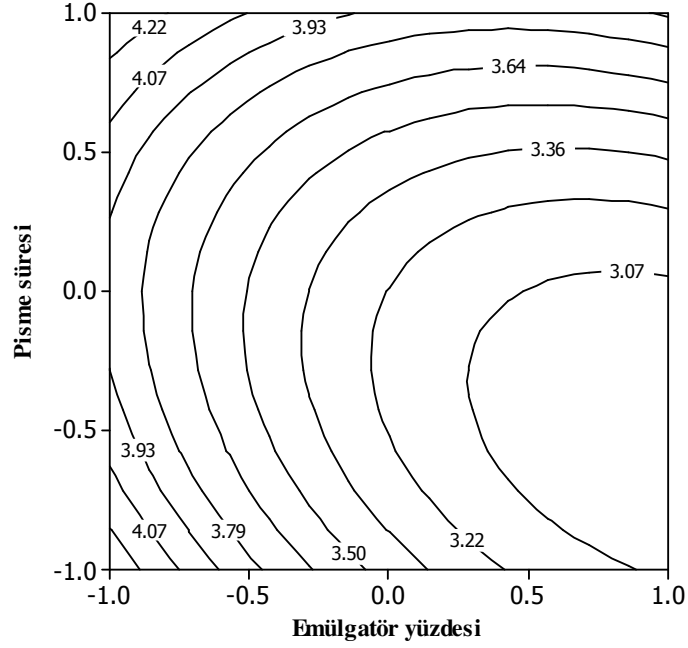
**Şekil 24.** Üst halojen lamba gücü ( $X_2$ ) ve pişirme süresinin ( $X_3$ ) toplam renk değişimi üzerindeki etkisi ( $X_1=0$ )

İstatistiksel sonuçlara göre, keklerin sertliği üzerinde sadece emülgatör yüzdesinin önemli ölçüde etkili olduğu bulunmuştur (Tablo 4). Şekil 25’de emülgatör yüzdesi ve pişirme zamanının keklerin sertliği üzerindeki etkisi görülmektedir. Emülgatör yüzdesi arttıkça, keklerin sertliği azalmaktadır. Yüksek emülgatör yüzdesi için, pişirme süresindeki artış, keklerin sertliğini arttırmıştır. Düşük emülgatör yüzdeleri için, pişirme süresi sertlik üzerinde etkili olmamaktadır. Şekil 25’e göre, sabit üst halojen lamba gücü için, optimum sertlik değeri, yüksek emülgatör yüzdesi ve düşük pişirme süresi için görülmüştür.

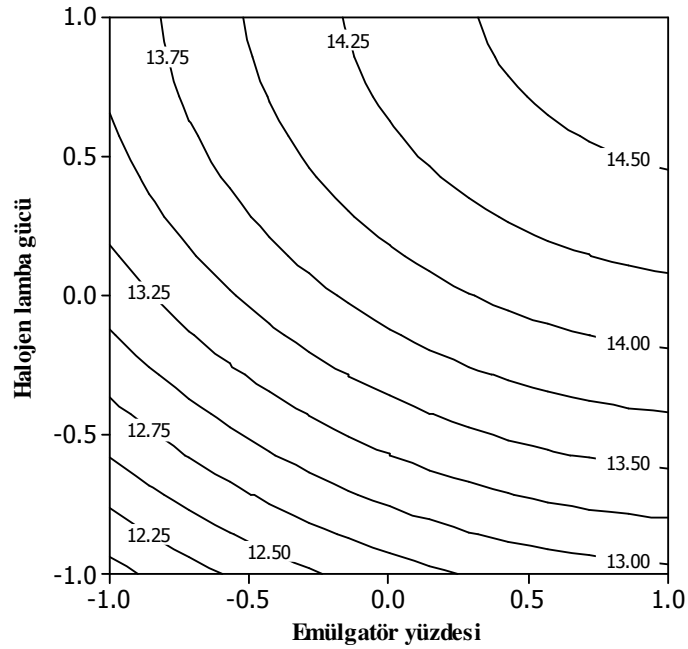
Şekil 26’da görüldüğü gibi, üst halojen lamba gücünün artması ile ağırlık kaybı önemli ölçüde artmıştır. Öte yandan, pişirme süresi arttıkça yüksek nem kaybı olduğundan, Şekil 27’de görüldüğü gibi ağırlık kaybı da artmıştır. Yüksek pişirme süreleri için, halojen lamba gücü etkili olmamaktadır.

Optimum noktanın belirlenmesi için, en yüksek özgül hacim, en yüksek renk değişimi, en düşük sertlik ve en düşük ağırlık kaybı göz önüne alınmıştır. Optimum nokta, emülgatör yüzdesi için, % 4,68, üst halojen lamba gücü için, %70 ve pişirme süresi içinse 7 dakika olarak bulunmuştur.

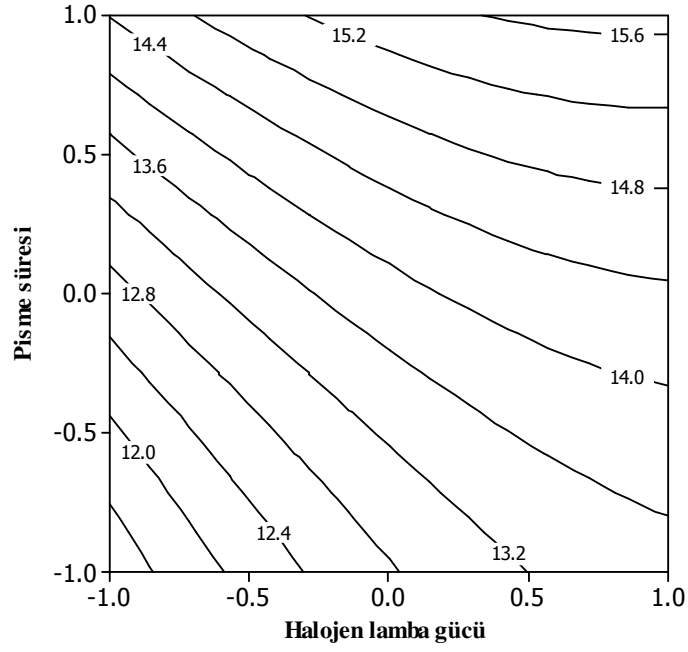
Optimum noktada, kekin hacmi 1,57 ml/g, toplam renk değişimi 32,18, sertliği 2,58 N ve ağırlık kaybı ise %13,69 olmuştur.



Şekil 25. Emülgatör yüzdesi (X<sub>1</sub>) ve pişme süresinin (X<sub>3</sub>) keklerin sertliği üzerindeki etkisi (X<sub>2</sub>= 0)



Şekil 26. Emülgatör yüzdesi (X<sub>1</sub>) ve üst halojen lamba gücünün (X<sub>2</sub>) ağırlık kaybı üzerindeki etkisi (X<sub>3</sub>= 0)

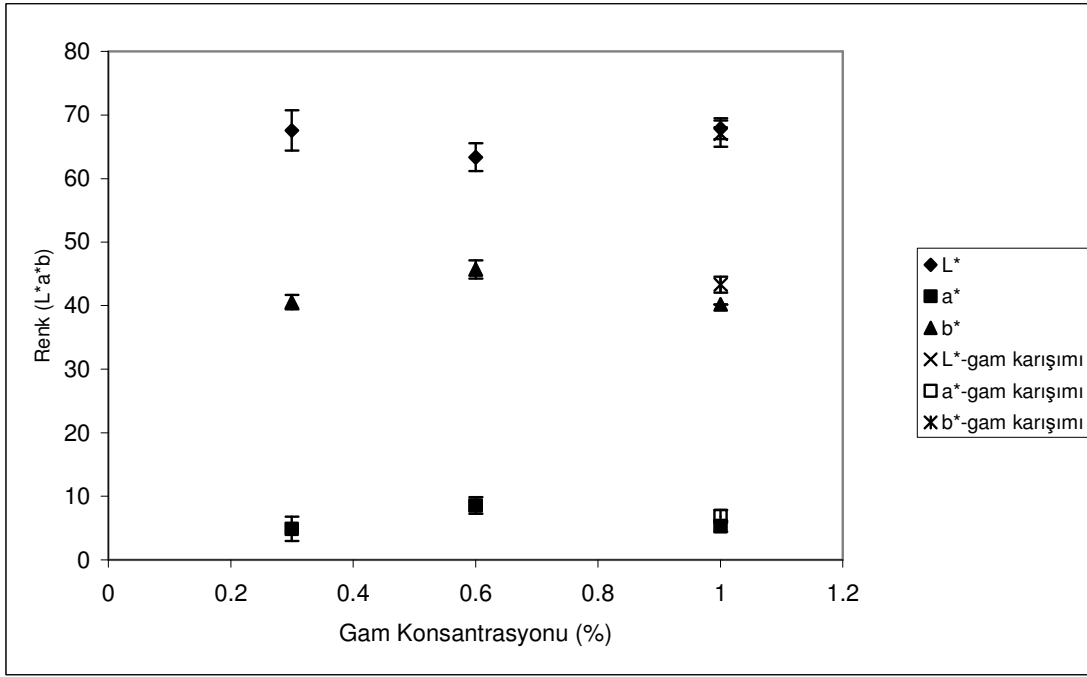


Şekil 27. Üst halojen lamba gücü ( $X_2$ ) ve pişme süresinin ( $X_3$ ) ağırlık kaybı üzerindeki etkisi ( $X_1=0$ )

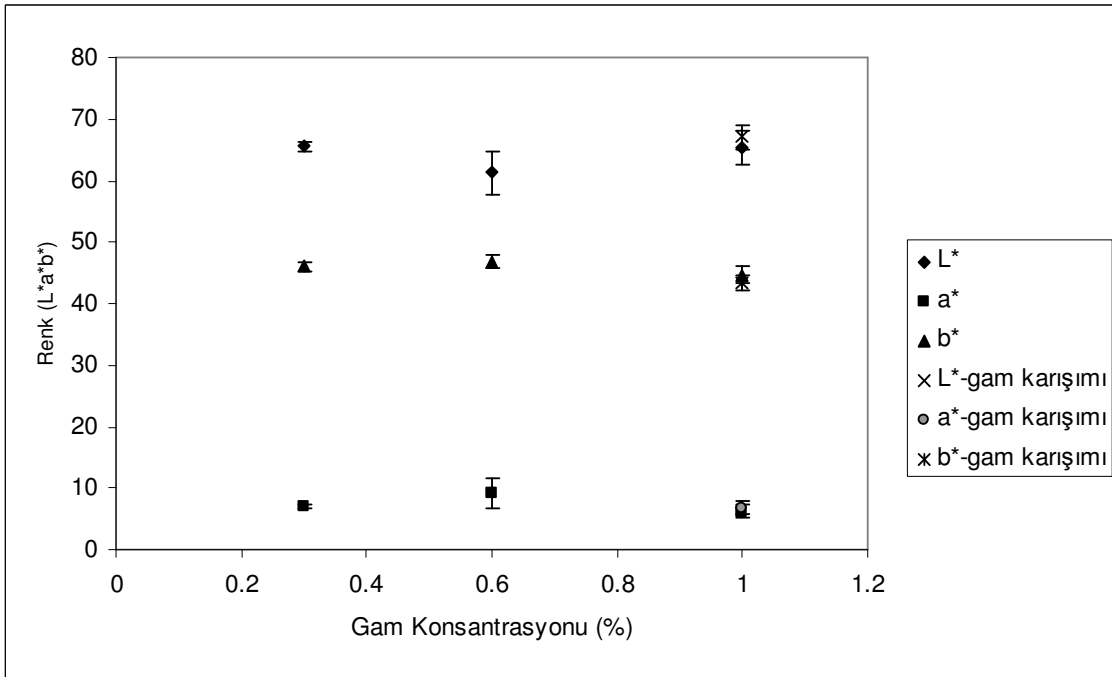
### Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin kalite özellikleri üzerine etkisi

Şekil 28, 29, 30 ve 31’de; sırasıyla ksantan gam kullanılarak konvansiyonel yöntemle pişirilmiş, guar gam kullanılarak konvansiyonel yöntemle pişirilmiş, ksantan gam kullanılarak kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş ve guar gam kullanılarak kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin değişik gam konsantrasyonundaki renk özelliklerini göstermektedir.

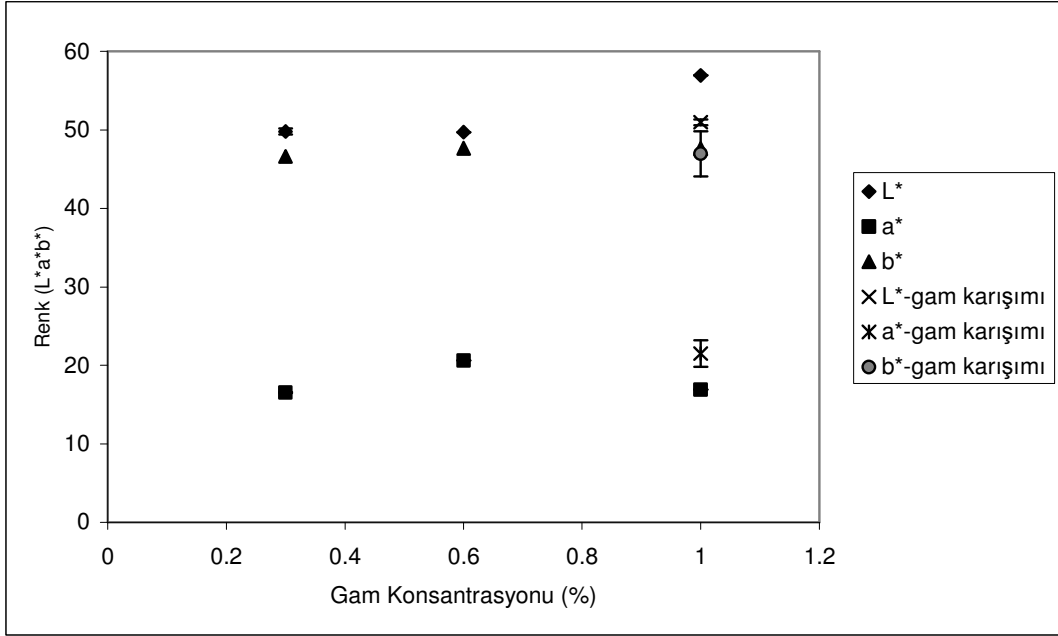




**Şekil 28.** Ksantan gam kullanılarak, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin renk özellikleri  
Gam karışımı: ksantan-guar gam karışımı

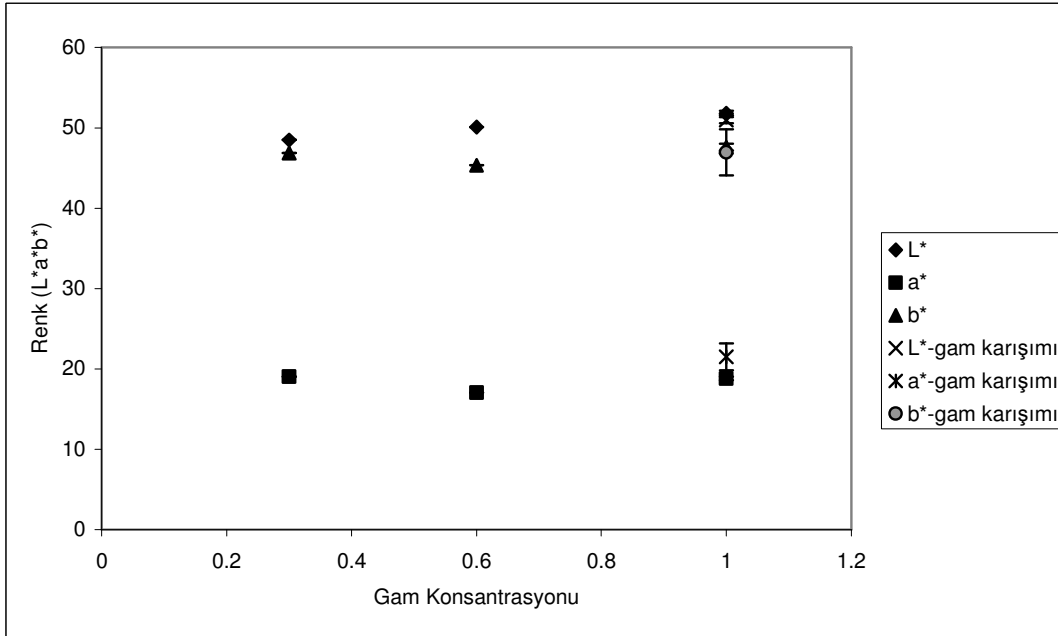


**Şekil 29.** Guar gam kullanılarak, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin renk özellikleri  
Gam karışımı: ksantan-guar gam karışımı



**Şekil 30.** Ksantan gam kullanılarak, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin renk özellikleri

Gam karışımı: ksantan-guar gam karışımı

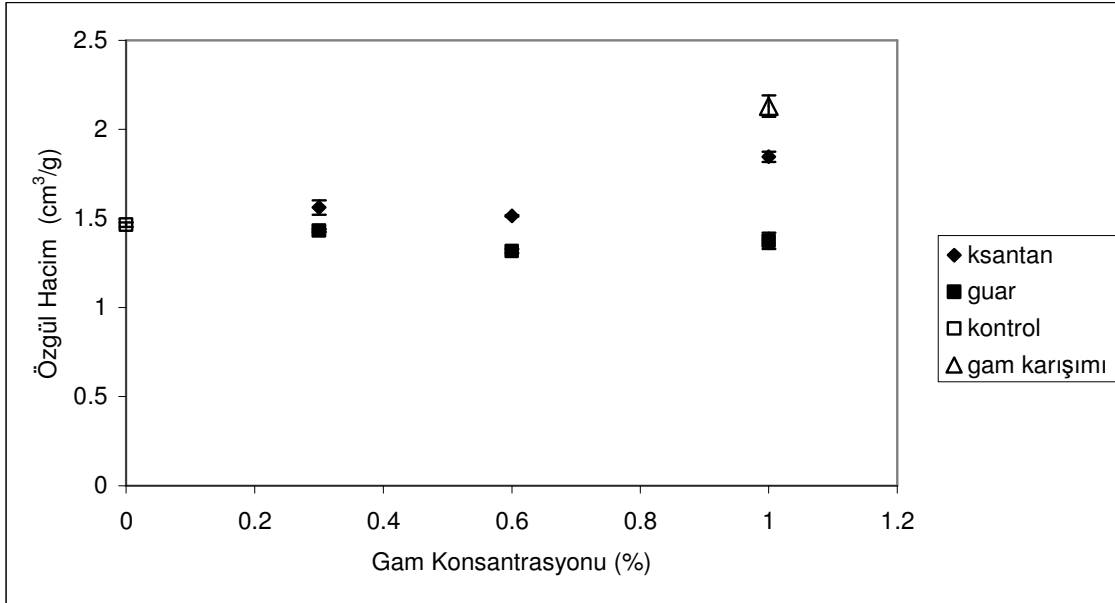


**Şekil 31.** Guar gam kullanılarak, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin renk özellikleri

Gam karışımı: ksantan-guar gam karışımı

Şekiller incelendiğinde, gam konsantrasyonunun değişiminin, renk değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlenmektedir. Aynı şekilde, renk değerleri, gam karışımı kullanılan kek formülasyonunda da değişiklik göstermemiştir.

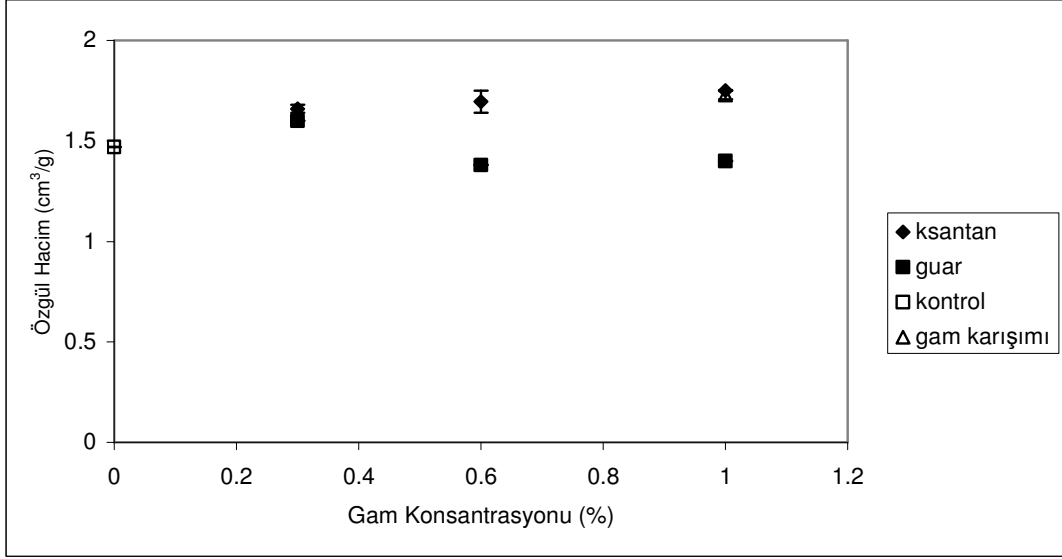
Şekil 32’de değişik konsantrasyonlarda ksantan gam ve guar gam kullanılan ve kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin özgül hacim değerleri gösterilmektedir. %1.0 konsantrasyondaki ksantan gam kullanılarak hazırlanmış kek formülasyonlarında özgül hacmin en yüksek olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, ksantan ve guar gam karışımı kullanıldığında sinerjik etkiden dolayı özgül hacim iki gamın ayrı ayrı kullanılmasına göre daha fazla arttırmıştır. Ksantan gamın %1 konsantrasyonda kullanılmasıyla ve gam karışımının kullanılmasıyla elde edilen keklerin özgül hacmi, kontrol keklerinden daha fazladır.



**Şekil 32.** Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin gam konsantrasyonuna göre özgül hacimlerinin değişimi

Şekil 33’de değişik konsantrasyonlarda ksantan ve guar gam kullanılarak, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin özgül hacim değerleri gösterilmektedir. Ksantan gam için, %1.0 gam kullanılarak hazırlanmış kek formülasyonlarında özgül hacmin en yüksek olduğu görülmektedir. Guar gam için ise, %0.3 konsantrasyonda gam kullanılarak hazırlanmış kek formülasyonlarında, özgül hacmin en yüksek olduğu görülmektedir. Diğer iki konsantrasyonda (%0.6 ve %1.0) ise, keklerin özgül hacimleri, kontrole göre daha düşük bulunmuştur. Buna ek olarak, gam karışımının kullanılması, sadece %1 oranında guar gam kullanılmasına göre özgül hacmi belirgin bir şekilde arttırmıştır. Ksantan gamın

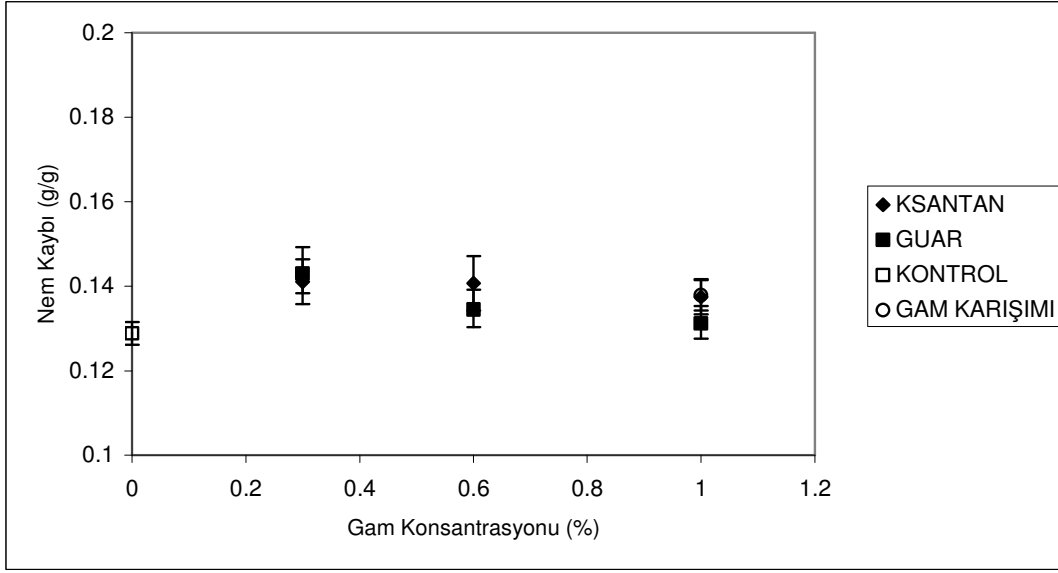
%1 konsantrasyonunda kullanılması ve gam karışımının toplamda %1 konsantrasyonunda kullanılması sonucunda elde edilen keklerin özgül hacmi, kontrol örneğinden daha fazladır.



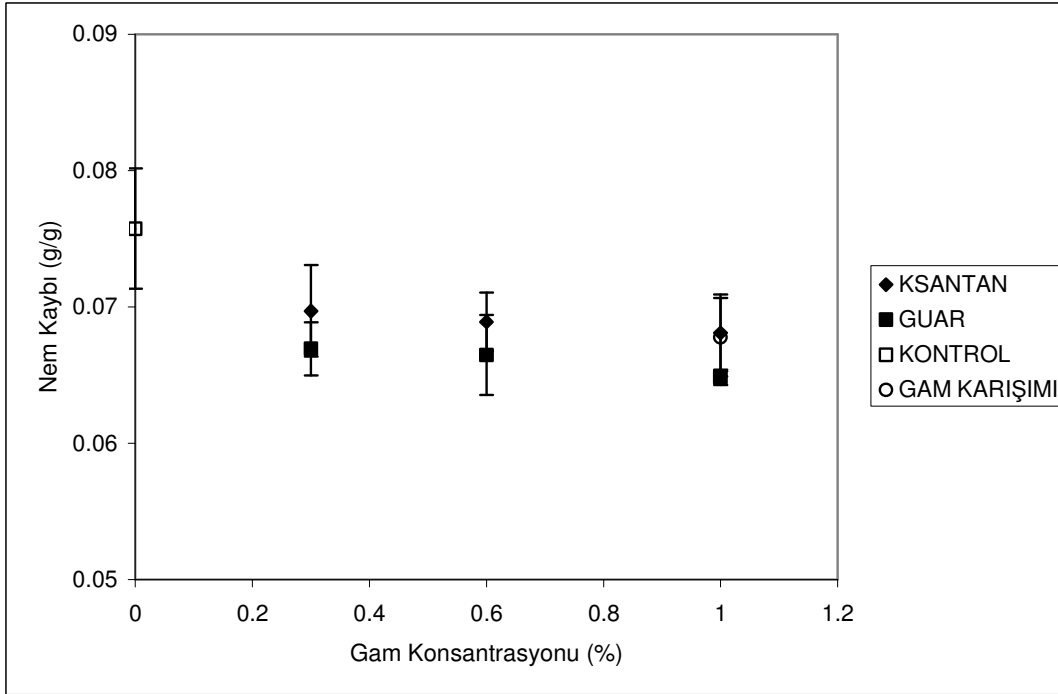
**Şekil 33.** Konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin gam konsantrasyonuna göre özgül hacimlerinin değişimi

Gamlar su bağlama özelliğine sahip olan maddelerdir ve bu nedenle kekteki nem kaybını etkileyebilirler. Şekil 34, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerde nem kayıplarının, gam konsantrasyonlarına göre değişimi, Şekil 35’de ise, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerde nem kayıplarının gam konsantrasyonlarına göre değişimi gösterilmektedir. Bu iki şekil karşılaştırıldığında, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın kullanımının konvansiyonel fırın kullanımına göre daha çok nem kaybına sebep olduğu görülmektedir.

Şekil 35 incelendiğinde, gamlar düşük konsantrasyonda (%0.3) kullanıldığında, nem kaybının fazla olduğu görülmektedir. Gam konsantrasyonu arttırıldıkça, nem kaybı giderek azalmıştır. Ksantan ve guar gam karşılaştırıldığında ise, bütün konsantrasyonlarda guar gamın nem tutabilme özelliğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Gam kullanıldığında keklerin nem kayıpları kontrol keke göre daha azdır.



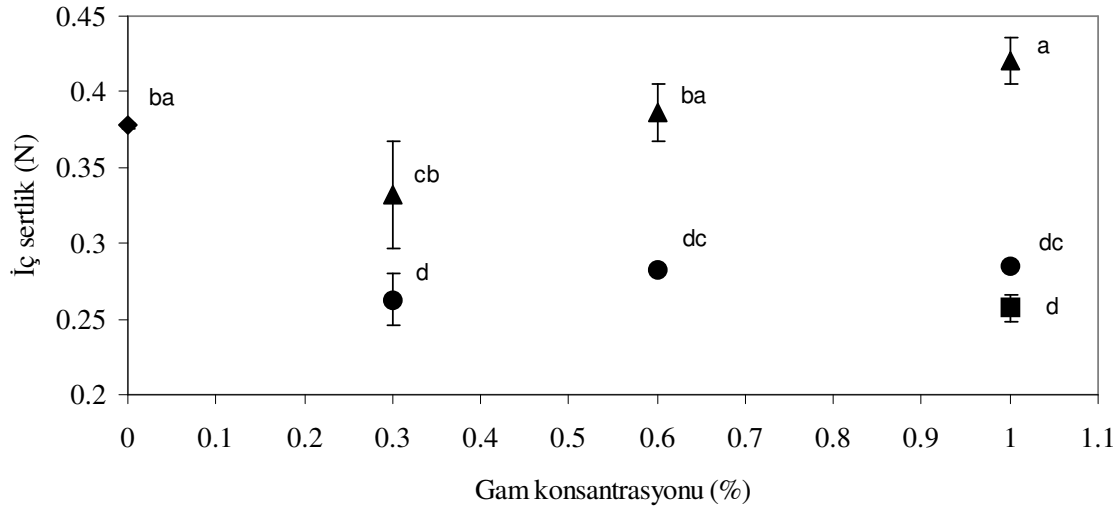
**Şekil 34.** Kızıl ötesi- mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin nem kayıplarının, gam konsantrasyonlarına göre değişimi



**Şekil 35.** Konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin nem kayıplarının gam konsantrasyonlarına göre değişimi

Şekil 36'da farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin, iç sertlik değerleri üzerine etkisi gösterilmiştir. Ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerin iç sertlik değerleri diğer keklerle göre daha düşük bulunmuştur. Kontrol kekinin, %0.3 ve %0.6 guar gam içeren keklerin iç sertlik değerleri birbirleri ile benzer ve ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerin iç sertlik değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Literatürde, gamların, pişirilmiş ürünlerin içini lastiksi ve elastik yaptığı belirtilmiştir. Bu lastiksi ve elastik yapı, düşük gam konsantrasyonlarında yumuşaklık ve tazelik hissi verirken, yüksek gam konsantrasyonlarında sertlik hissi verebilmektedir (HEFLICH, 1996). Bu ifade, %0.3 guar gam içeren kekin neden %1.0 guar gam içeren keke göre daha yumuşak olduğunu açıklamada yardımcı olmaktadır.

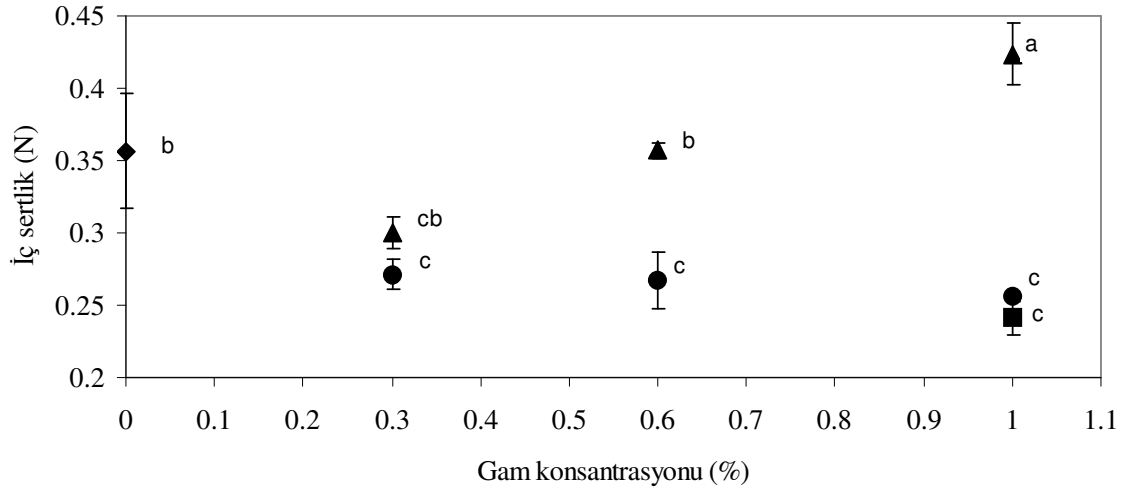


**Şekil 36.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin, iç sertlik değerleri üzerine etkisi

(◆): Kontrol kek, (●): Ksantan gam, (■):Gum karışımı, (▲):Guar gam

Şekil 37'de değişik gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin, iç sertlik değerleri üzerine etkisi gösterilmiştir. Kızıl ötesi-mikrodalga fırında olduğu gibi ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerin iç sertlik değerleri diğer keklerle göre daha düşük bulunmuştur. İstatistiksel olarak en yüksek iç sertlik değeri %1.0 guar gam içeren kekde gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Guar gam içeren kekler göz önüne alındığında, gam konsantrasyonu arttıkça, iç sertlik değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bu da guar gam konsantrasyonunun artmasının, kekin iç sertlik değerleri üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu göstermiştir.

GOMEZ ve arkadaşlarının (2007) çalışmalarında, %1.0 guar gam içeren keklerin kontrol kekine göre daha yüksek iç sertlik değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Ksantan gam içeren kekler incelendiğinde ise, konsantrasyon artışının, iç sertlik değerlerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Ayrıca, GOMEZ ve arkadaşları (2007), farklı gamların keklerin iç sertlik değerlerine farklı etkileri olmasını, gamların ve nişastanın değişik kimyasal tepkimeleri ile açıklamışlardır



**Şekil 37.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin, iç sertlik değerleri üzerine etkisi

(◆): Kontrol kek, (●): Ksantan gam, (■): Gam karışımı, (▲): Guar gam

Tablo 5’de farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin esneklik, çiğneme ve sakızimsılık özelliklerine etkisi görülmektedir. Esneklik değerleri göz önüne alındığında, kek formülasyonuna farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının eklenmesinin istatistiksel olarak belirgin bir farka yol açmadığı görülmüştür. Keklerin çiğneme değerleri, ksantan gam, gam karışımı ve %0.3 guar gam içeren keklerde benzer bulunmuştur. Fakat %0.6 ve %1.0 guar gam içeren keklerin çiğneme değerleri, ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerle göre belirgin bir şekilde yüksek bulunmuştur. Guar gam konsantrasyonu %0.3’den %1.0’e çıkartıldığında, keklerin çiğneme değerlerinin istatistiksel olarak belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Genel anlamda, keklerin çiğneme değerleri, iç sertlik değerleri ile benzer bir eğilime sahip bulunmuştur. Sakızimsılık değerleri göz önüne alındığında, %1.0 guar gam içeren kekin en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Ksantan gam konsantrasyonunun artması, keklerin sakızimsılık değerleri üzerinde belirgin bir farka yol açmamıştır. Genel anlamda, keklerin sakızimsılık değerleri, iç sertlik değerleri ile benzer bir eğilime sahip bulunmuştur.

**Tablo 5.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin esneklik, çiğneme ve sakızimsılık özelliklerine etkisi

Gum çeşidi ve konsantrasyonu	Esneklik (mm)	Çiğneme (N*mm)	Sakızimsılık (N)
<b>Kontrol</b>	4.20 <sup>a*</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.23 <sup>b</sup>
<b>0.3% Guar gam</b>	4.06 <sup>a</sup>	0.67 <sup>cb</sup>	0.18 <sup>c</sup>
<b>0.3% Ksantan gam</b>	4.06 <sup>a</sup>	0.60 <sup>c</sup>	0.17 <sup>c</sup>
<b>0.6% Guar gam</b>	4.16 <sup>a</sup>	0.85 <sup>ba</sup>	0.22 <sup>b</sup>
<b>0.6% Ksantan gam</b>	4.13 <sup>a</sup>	0.59 <sup>c</sup>	0.17 <sup>c</sup>
<b>1.0% Guar gam</b>	4.17 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>
<b>1.0% Ksantan gam</b>	4.19 <sup>a</sup>	0.53 <sup>c</sup>	0.16 <sup>c</sup>
<b>Gam karışımı</b>	4.12 <sup>a</sup>	0.55 <sup>c</sup>	0.16 <sup>c</sup>

\*Aynı kolondaki farklı harfler gamlar ve konsantrasyonlar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 6’da, farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin esneklik, çiğneme ve sakızimsılık özelliklerine etkisi görülmektedir. Esneklik değerlerine bakıldığında, farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının belirgin bir etkisi bulunmamıştır. Keklerin çiğneme değerleri, ksantan gam, gam karışımı ve 0.3% guar gam içeren keklerde benzer bulunmuştur. Guar gam konsantrasyonu %0.3’den %1.0’e çıkartıldığında, keklerin çiğneme değerlerinin istatistiksel olarak belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür ( $p<0.05$ ). Genel anlamda, keklerin çiğneme değerleri, iç sertlik değerleri ile benzer bir eğilime sahip bulunmuştur. Sakızimsılık değerleri göz önüne alındığında, ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerin daha düşük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Genel anlamda, keklerin sakızimsılık değerleri, iç sertlik değerleri ile benzer bir eğilime sahip bulunmuştur. Bu sonuçlar, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen keklerin sonuçları ile de benzerdir.

Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırın göz önüne alındığında, çiğneme ve sakızimsılık değerlerinin gam çeşidinden ve konsantrasyonundan etkilendiği, esneklik değerlerinin ise etkilenmediği görülmüştür. Çiğneme ve sakızimsılık değerlerinin iç sertlik değerleri ile paralel çıkması, bu iki değer de iç sertlik değerinin bir fonksiyonu olmaları ile açıklanabilmektedir. GOMEZ ve diğerleri (2007) de keklerin sakızimsılık ve çiğneme değerlerinin iç sertlik değerlerine bağlı olduğunu belirtmiştir. ÖZKOÇ (2008)’da ekmeklerin çiğneme değerlerinin gam çeşidinden ve konsantrasyonundan etkilendiğini fakat esneklik değerlerinin etkilenmediğini bulmuştur.



**Tablo 6.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin esneklik, çiğneme ve sakızimsılık özelliklerine etkisi

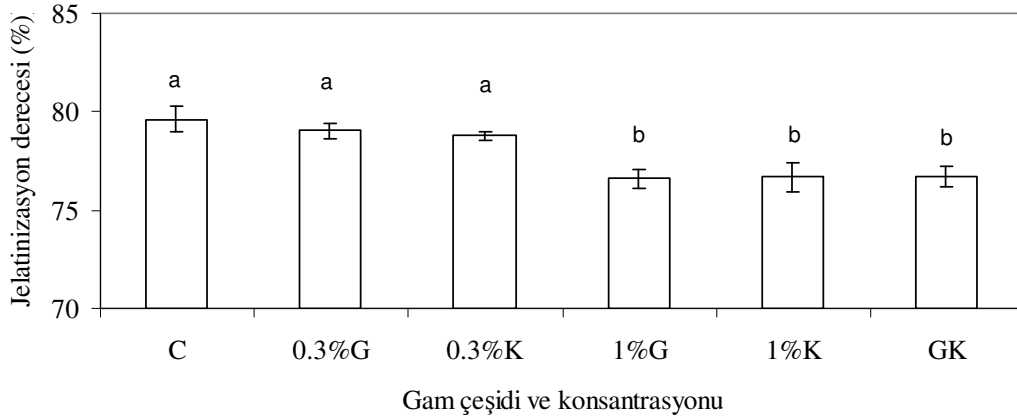
<b>Gum çeşidi ve Konsantrasyonu</b>	<b>Esneklik (mm)</b>	<b>Çiğneme (N*mm)</b>	<b>Sakızimsılık (N)</b>
<b>Kontrol</b>	4.26 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>
<b>0.3% Guar gam</b>	4.07 <sup>a</sup>	0.59 <sup>cb</sup>	0.17 <sup>c</sup>
<b>0.3% Ksantan gam</b>	3.80 <sup>a</sup>	0.54 <sup>c</sup>	0.14 <sup>d</sup>
<b>0.6% Guar gam</b>	4.22 <sup>a</sup>	0.73 <sup>ba</sup>	0.21 <sup>b</sup>
<b>0.6% Ksantan gam</b>	3.84 <sup>a</sup>	0.56 <sup>cb</sup>	0.13 <sup>d</sup>
<b>1.0% Guar gam</b>	4.21 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>
<b>1.0% Ksantan gam</b>	4.36 <sup>a</sup>	0.59 <sup>cb</sup>	0.14 <sup>d</sup>
<b>Gam karışımı</b>	4.00 <sup>a</sup>	0.51 <sup>c</sup>	0.13 <sup>d</sup>

\*Aynı kolondaki farklı harfler gamlar ve konsantrasyonlar arasında fark olduğunu göstermektedir.

### **Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin jelatinizasyon derecelerine etkisi**

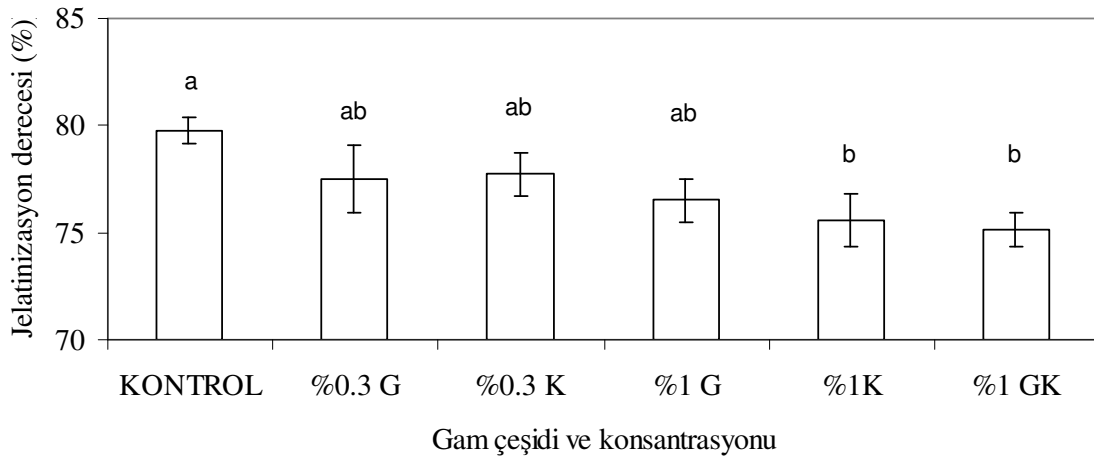
Çalışmanın bu kısmında, ksantan ve guar gamın %0.3 ve %1.0 konsantrasyonlarının ve gam karışımının, mikrodalga-kızılötesi kombinasyon fırında pişirilen keklerin jelatinizasyon derecelerine etkisi araştırılmıştır. Karşılaştırma için, aynı formülasyonlu ve konvansiyonel fırında pişirilmiş kekler kullanılmıştır.

Şekil 38'den görüldüğü üzere, kontrol kekin, 0.3% guar gam ve 0.3% ksantan gam içeren kekin jelatinizasyon değerleri arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark yoktur. Bu keklerin jelatinizasyon değerleri, %1.0 guar gam, %1.0 ksantan gum ve gam karışımı içeren keklerden belirgin bir şekilde yüksek bulunmuştur. Gamlar jelatinizasyonu geciktirdiği için, gam içermeyen ya da düşük konsantrasyonda gam içeren keklerin daha yüksek jelatinizasyon derecesine sahip olması beklenen bir sonuçtur.



**Şekil 38.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, mikrodalda-kızılötesi kombinasyon fırında pişirilmiş keklerin jelatinizasyon dereceleri üzerine etkisi

Şekil 39'da farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin jelatinizasyon dereceleri üzerine etkisi görülebilmektedir.



**Şekil 39.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin jelatinizasyon dereceleri üzerine etkisi

Konvansiyonel fırında pişirilen kekler göz önüne alındığında, kek formülasyonuna %1.0 ksantan gam veya gam karışımı eklendiği zaman, keklerin jelatinizasyon dereceleri kontrol kekine göre belirgin bir şekilde azalmıştır. Kontrol kekine en yüksek jelatinizasyon derecesine sahip olması beklenen bir sonuçtur çünkü gamlar, su mevcudiyetini sınırlayarak ve suyun nişasta granülünün içine girişini geciktirerek, pişme sırasında jelatinizasyonu ertelerler (STAUFFER, 1990).

CHAI SAWANG ve Supphantharika (2006), guar gam and ksantan gam ile modifiye edilmiş tapyoka nişastasının çirilenme özelliklerini incelemişlerdir. Gamların eklenmesi ile jelatinizasyon derecelerinde bir azalma gözlemlemişlerdir. Bu sonuçlar, mevcut çalışmanın sonuçları ile örtüşmektedir.

## Duyusal Analiz

Hedonik ölçme testine göre, yüksek skorlar, kabul edilebilirliği daha yüksek olan gıdaları belirtir (RESURRECCION, 2008). Duyusal değerlendirmede, kalite parametreleri (ağırlık kaybı, özgül hacim ve iç sertlik) açısından daha iyi sonuçlar vermiş olan, gam karışımı içeren kekler ve karşılaştırma için kontrol kekleri seçilmiştir.

Tablo 7 incelendiğinde hem tat hem de tekstür açısından en yüksek skorlar, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırında pişirilen kekler arasında, gam karışımı içeren keklerde elde edilmiştir. Gam karışımı içeren keklerin skorları, fırın çeşidinden istatistiksel olarak belirgin bir şekilde etkilenmemiştir. En düşük skor ise, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş kontrol keki için elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

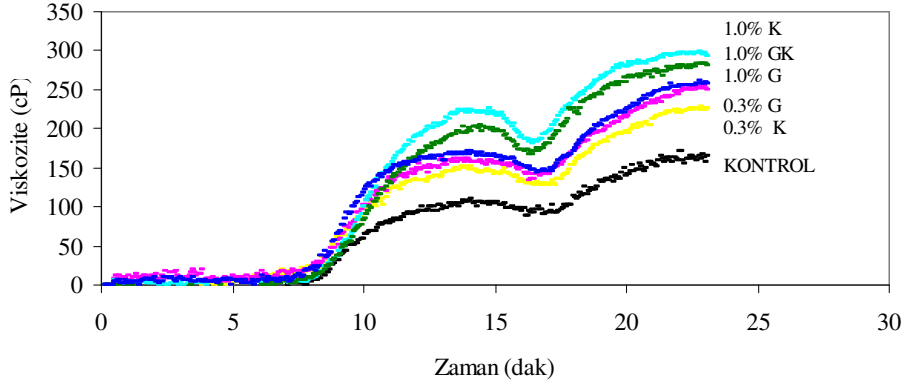
**Tablo 7.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin tadı ve tekstürü üzerine etkisi

Gam çeşiti	Tat		Tekstür	
	Pişirme metodu			
	Kızıl ötesi-mikrodalga	Konvansiyonel	Kızıl ötesi-mikrodalga	Konvansiyonel
Kontrol	1.67 <sup>c</sup>	2.45 <sup>c</sup>	1.73 <sup>c</sup>	2.27 <sup>b</sup>
Gam karışımı	4.27 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>

## Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin çirilenme özellikleri üzerine etkisi

Çalışmanın bu kısmında, 0.3 ve 1.0% konsantrasyonda ksantan ya da guar gam ve gam karışımı içeren kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin RVA özellikleri incelenmiştir. Karşılaştırma için aynı formülasyonlu ve konvansiyonel fırında pişirilmiş kekler kullanılmıştır.

Şekil 40, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin RVA profillerini göstermektedir. RVA eğrilerinden elde edilen pik, incelme sonrası, karıştırma ile azalan, katılma ve son viskozite değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir.



**Şekil 40.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin RVA profilleri üzerine etkisi

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş kontrol kekinin pik, incelme sonrası, katılma ve son viskozite değerleri, gam içeren keklerinkilerden daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç, kontrol kekinin daha fazla jelatinizasyona uğradığını göstermektedir ki bu da kontrol kek su bağlayacak gam içermediği için beklenen bir sonuçtur. CHAISAWANG ve Suphantharika (2006) da tapyoka nişastası üzerine yaptıkları bir çalışmada gam eklemenin, RVA eğrisinden elde edilen pik, incelme sonrası, katılma ve son viskozite değerlerini arttırdığını göstermiştir..

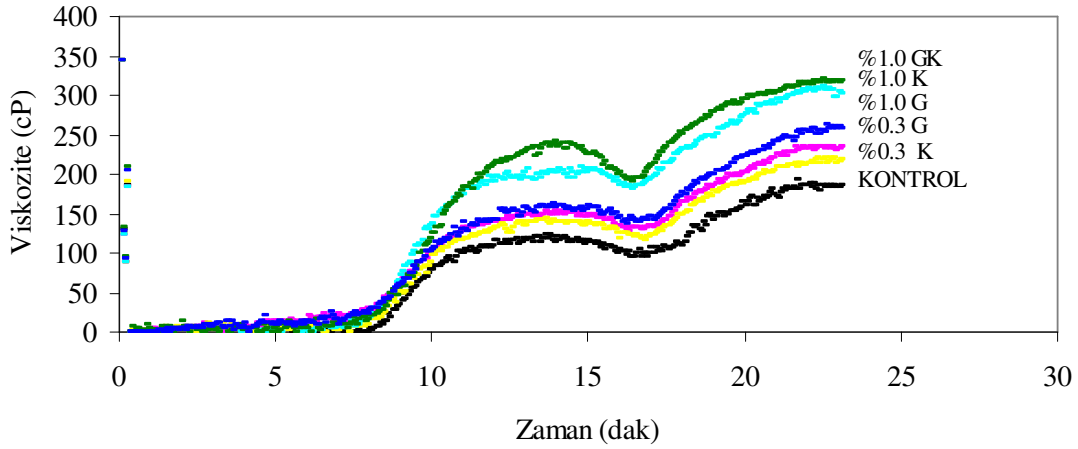
Şekil 40’den anlaşılacağı üzere, %0.3 ksantan gam içeren kekin pik, incelme sonrası ve son viskozite değerleri, %1.0 ksantan gam içeren keke göre daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde, %0.3 guar gam içeren kekin pik, incelme sonrası ve son viskozite değerleri, %1.0 guar gam içeren keke göre daha düşük bulunmuştur yani gam konsantrasyonu arttıkça, pik, incelme sonrası ve son viskozite değerleri de artmıştır. Bu değerlerin artması gam konsantrasyonunun artışıyla, jelatinizasyon

derecelerinin düştüğünü göstermiştir. Gamların bu özelliği, su bağlama kapasiteleri ile açıklanabilir. Gamlar, su mevcudiyetini sınırlayarak, su aktivitesini düşürerek ve suyun nişasta granülüne geçişini erteleyerek jelatinizasyonun hızını keserler (STAUFFER, 1990). Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş kekler arasında daha yüksek pik, incelme sonrası, katılaşma ve son viskozite değerleri, %1.0 ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerde görülmüştür. VITURAWONG ve ark. (2008), pirinç nişastası/ksantan gam karışımlarının jelatinizasyon özelliklerini RVA ile incelemiş ve kek formülasyonuna ksantan gam eklenmesinin pik, incelme sonrası, katılaşma ve son viskozite değerlerini arttırdığını bulmuşlardır.

**Tablo 8.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin pik, incelme sonrası, karıştırma ile azalan, katılaşma ve son viskozite değerleri üzerine etkisi

<b>Gam çeşidi ve konsantrasyonu</b>	<b>Pik (cP)</b>	<b>İncelme sonrası (cP)</b>	<b>Karıştırma ile azalan (cP)</b>	<b>Son (cP)</b>	<b>Katılaşma (cP)</b>
<b>Kontrol</b>	104 <sup>d</sup>	87.5 <sup>d</sup>	16.5 <sup>b</sup>	163.5 <sup>d</sup>	76 <sup>b</sup>
<b>0.3% guar</b>	145.5 <sup>c</sup>	125 <sup>c</sup>	20.5 <sup>ba</sup>	228 <sup>b</sup>	103 <sup>a</sup>
<b>0.3% ksantan</b>	161 <sup>c</sup>	132.5 <sup>cb</sup>	28.5 <sup>ba</sup>	251 <sup>cb</sup>	118.5 <sup>a</sup>
<b>1.0% guar</b>	169.5 <sup>cb</sup>	144.5 <sup>cb</sup>	25 <sup>ba</sup>	260.5 <sup>cba</sup>	116 <sup>a</sup>
<b>1.0% ksantan</b>	215 <sup>a</sup>	180 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	297.5 <sup>a</sup>	117.5 <sup>a</sup>
<b>Gam karışımı</b>	190 <sup>ba</sup>	164.5 <sup>ba</sup>	25.5 <sup>ba</sup>	275.5 <sup>ba</sup>	111 <sup>a</sup>

Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin RVA profilleri üzerine etkisi Şekil 41'de gösterilmektedir.



**Şekil 41.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin RVA profilleri üzerine etkisi

RVA eğrilerinden elde edilen pik, incelme sonrası, katılaşma ve son viskozite değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir. Konvansiyonel fırında pişirilmiş kontrol kekinin pik, incelme sonrası, katılaşma ve son viskozite değerleri, gam içeren keklerinkilerden daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç, kontrol kekinin daha fazla jelatinizasyona uğradığını göstermektedir. Bu da kontrol kek su bağlayacak gam içermediği için beklenen bir sonuçtur. Konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin RVA eğrisinden elde edilen viskozite değerleri, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerinkilerle benzer bir eğilim göstermiştir. Konvansiyonel fırında pişirilen kekler arasında, en yüksek pik ve incelme sonrası viskozite değerleri, gam karışımı içeren kek için bulunmuştur. ACHAYUTHAKAN ve Suphantharika (2007), çalışmalarında mumsu mısır nişastasının pik viskozite değerinin artan guar gam ya da ksantan gam konsantrasyonu ile arttığını göstermişlerdir.

**Tablo 9.** Farklı gamların ve gam konsantrasyonlarının, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin pik, incelme sonrası, katılaşma ve son viskozite değerleri üzerine etkisi

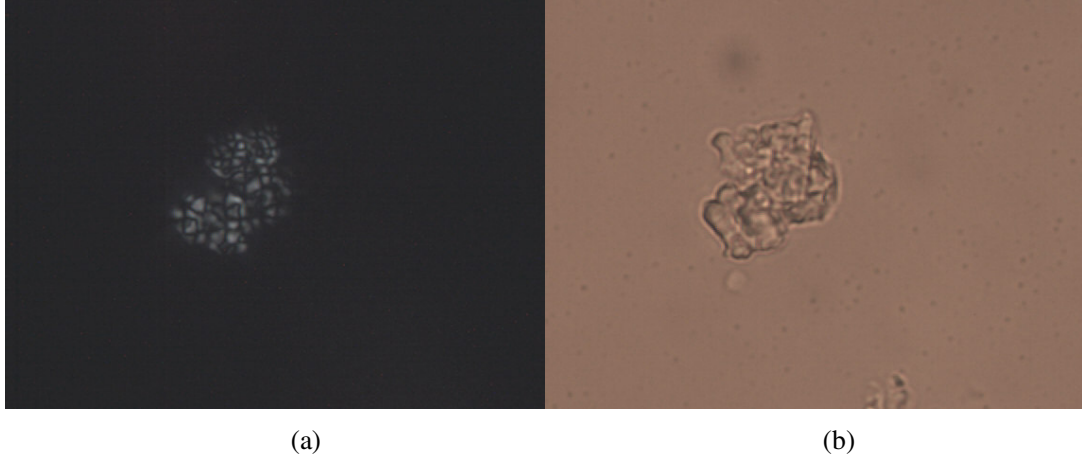
Gam çeşidi ve Konsantrasyonu	Pik (cP)	İncelme sonrası (cP)	Karıştırma ile azalan (cP)	Son (cP)	Katılaşma (cP)
<b>Kontrol</b>	119.5 <sup>d</sup>	93.5 <sup>d</sup>	26 <sup>b</sup>	186 <sup>d</sup>	92.5 <sup>d</sup>
<b>0.3% guar</b>	151 <sup>c</sup>	125 <sup>cb</sup>	26 <sup>b</sup>	234.5 <sup>c</sup>	109.5 <sup>cb</sup>
<b>0.3% ksantan</b>	144 <sup>c</sup>	117 <sup>c</sup>	27 <sup>b</sup>	219.5 <sup>c</sup>	102.5 <sup>dc</sup>
<b>1.0% guar</b>	160 <sup>c</sup>	134.5 <sup>b</sup>	25.5 <sup>b</sup>	259 <sup>b</sup>	124.5 <sup>ba</sup>
<b>1.0% ksantan</b>	210 <sup>b</sup>	181 <sup>a</sup>	29 <sup>b</sup>	302 <sup>a</sup>	121 <sup>ba</sup>
<b>Gum karışımı</b>	233.5 <sup>a</sup>	191 <sup>a</sup>	42.5 <sup>a</sup>	318 <sup>a</sup>	127 <sup>a</sup>

Literatürde, pik viskozite, jelatinizasyon entalpisi ile ilişkilendirilmiştir. Daha yüksek pik viskozitesinin daha az nişasta jelatinizasyonundan dolayı olduğu belirtilmiştir (ÖZKOÇ, 2008). Farklı fırınlarda pişirilen keklerin RVA viskozite değerleri incelendiğinde, genel anlamda, keklerin pik viskozite değerleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.

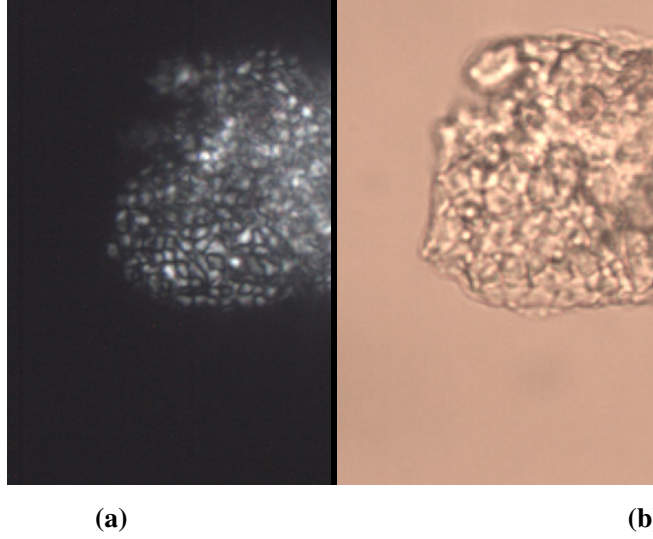
### **Farklı gamların farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin çift kırınım özellikleri üzerine etkisi**

Nişasta molekülü polimer bir yapıya sahiptir ve amiloz ve amilopektin olarak adlandırılan iki bileşenden oluşmaktadır. Nişasta molekülüne kristal yapıyı veren amilopektindir. Doğal nişasta granülleri % 15-45 arasında kristalliğe sahiptirler. Mikroskop altında polarize ışıktan incelendiklerinde malta haçı (birefringence) görüntüsü verirler. Nişasta granülleri suda çözünmezler fakat, su ile temas ettiklerinde suyu absorbe ederek şişerler. Sistemin jelatinizasyon sıcaklığından daha düşük sıcaklık derecelerine ısıtılması granülde, hacim artışından başka bir değişikliğe neden olmaz. Daha yüksek sıcaklıklara ısıtma ile nişasta granülünün düzenli yapısı bozulur ve polarize ışık mikroskopunda gözlenen malta haçı görüntüsü kaybolur (KÖKSEL, 2005).

Şekil 42, 43, 44 ve 45 sırasıyla; pirinç ununun, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş kontrol kekin, %0.6 konsantrasyonunda guar gam içeren konvansiyonel yöntemle pişirilen kekin, %0.6 konsantrasyonunda guar gam içeren kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş kekin, polarize ışık mikroskobu ve normal ışık mikroskobu altında görüntüsünün fotoğraflarıdır. Bu örneklerin polarize ışık mikroskobu altındaki görüntüleri karşılaştırılınca, pirinç unundaki malta haçı görünümünün (Şekil 42), keklerdeki malta haçı görünümüne (Şekil 43, 44, 45) göre daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu fark, pirinç ununun jelatinizasyona uğramamış olduğunu ancak keklerin belli bir miktar jelatinizasyona uğrayarak, malta haçı görüntülerini belli bir derecede kaybetmiş olduklarını göstermektedir. Kek örneklerinin fotoğrafları incelendiğinde ise, polarize ışık mikroskobu altındaki malta haçı görünümündeki kayboluşun benzer olmasından yola çıkılarak, keklerin jelatinizasyon derecelerinin benzer olduğu görülebilmektedir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerle, konvansiyonel yöntemle pişirilmiş keklerin jelatinizasyon dereceleri benzer bulunmuştur.

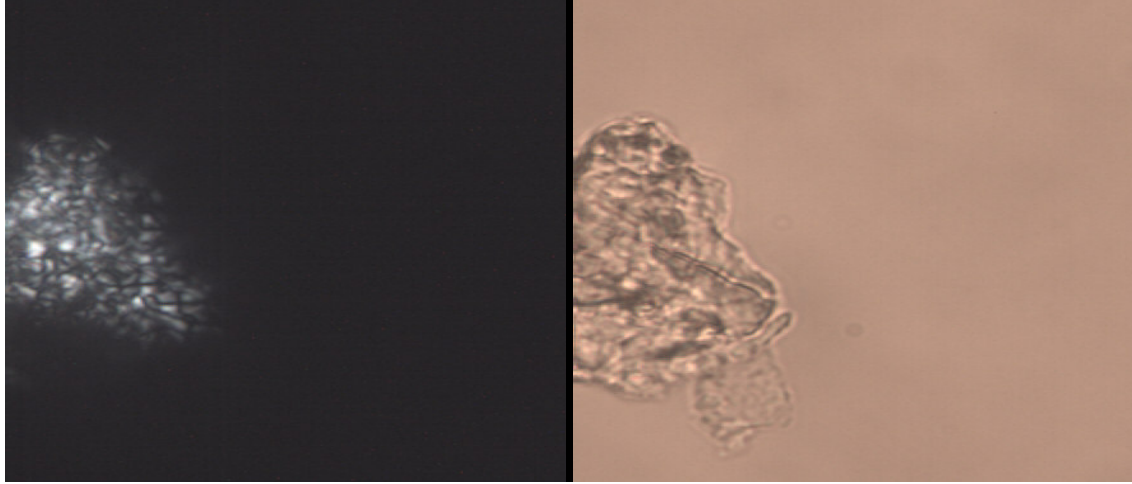


**Şekil 42.** (a) Pirinç Ununun Polarize Işık Mikroskopunda Görünüşü, (b) Pirinç Ununun Normal Işık Mikroskopunda Görünüşü



**Şekil 43.** (a) Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş Kontrol Kekin Polarize Işık Mikroskopunda Görünüşü, (b) Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş Kontrol Kekin Normal Işık Mikroskopunda Görünüşü

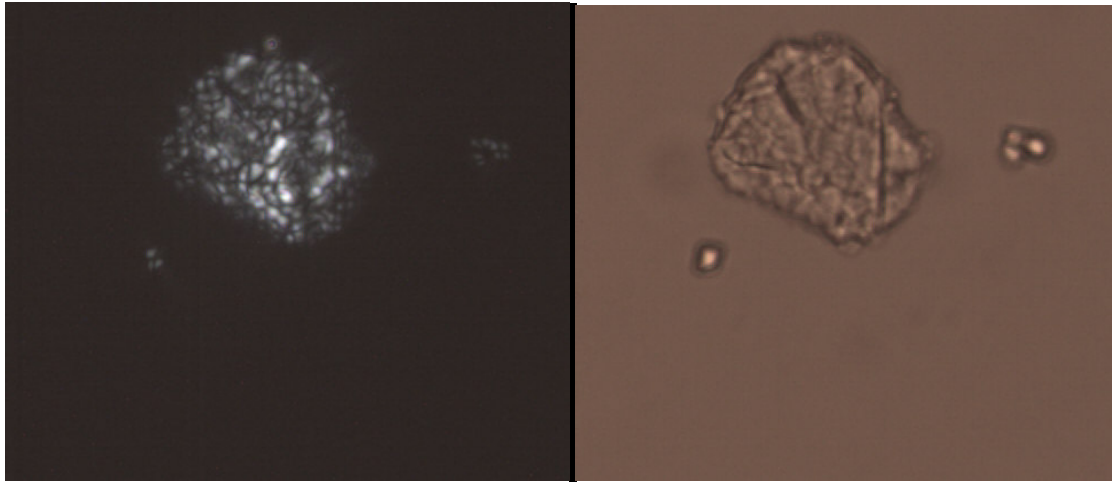




(a)

(b)

**Şekil 44.** Konvansiyonel Yöntemle Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Polarize Işık Mikroskopunda Görünüşü, (b) Konvansiyonel Yöntemle Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Normal Işık Mikroskopunda Görünüşü



(a)

(b)

**Şekil 45.** Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Polarize Işık Mikroskopunda Görünüşü, (b) Kızılötesi-mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmiş, % 0.6 Konsantrasyonunda Guar Gam İçeren Kekin Normal Işık Mikroskopunda Görünüşü

#### **Gluten Analizi:**

Çölyak tanısı konulan bireylerde, tanı konulduktan sonraki aşamada uyulması gereken tek tedavi yöntemi uzman hekim tarafından önerilen gluten içermeyen besinlerle beslenmektir. Gluten buğdayda, ve gluten benzeri proteinler arpa, çavdar ve yulafta bulunduğu için bu gıdalardan uzak durmak

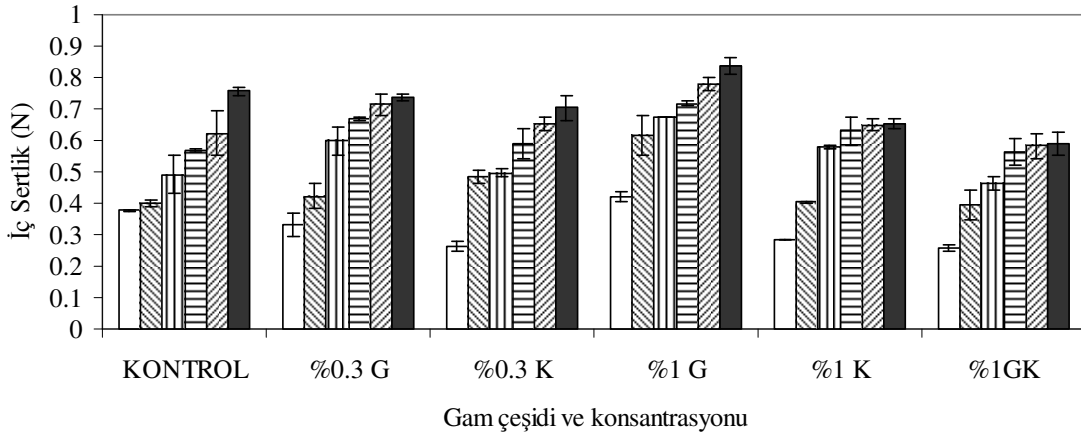
gereklidir. Çölyak hastaları için glutensiz diyet ömür boyu gereklidir ve gıdaya gluten bulaşmamış olmalıdır.

AOAC 991.19 metodu esasına dayalı olarak “Biokits Gluten Analiz Kiti” ile yapılan deneyler sonucunda, kek formülasyonunda kullanılan pirinç ununda, ksantan gamda, guar gamda ve keklerde gluten bulaşmasına rastlanmamıştır.

### Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin bayatlama özelliklerine etkisi

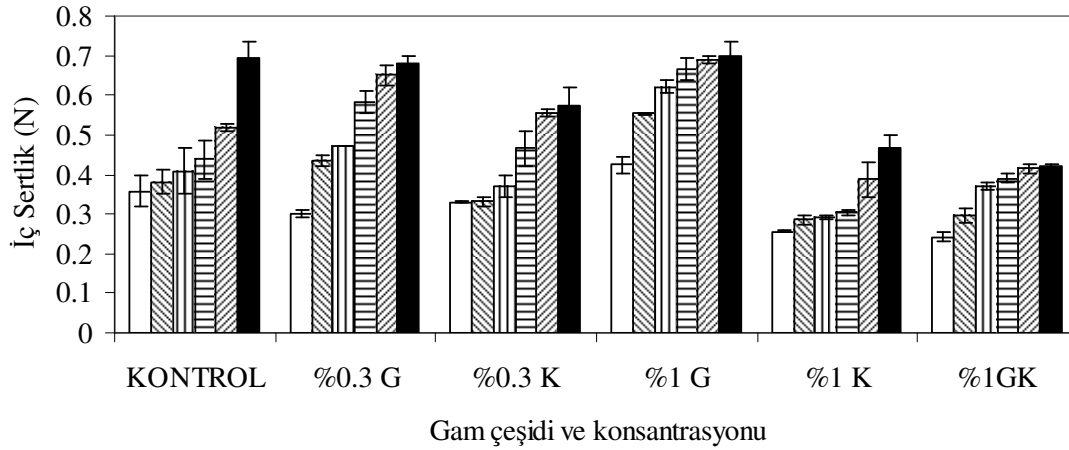
*Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin iç sertlik değerleri üzerine etkisi*

Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin iç sertlik değerlerine etkisi, sırasıyla Şekil 46 ve 47’de gösterilmiştir. Her iki fırın tipi için de, depolama süresi arttıkça, iç sertlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin iç sertlik değerleri incelendiğinde, %1.0 guar gam içeren kekin ve kontrol kekin, diğer keklerle göre istatistiksel olarak belirgin bir şekilde daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür ( $p < 0.05$ ). En düşük iç sertlik değeri ise %1.0 ksantan gam ve gam karışımı içeren kek için elde edilmiştir.



**Şekil 46.** Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin iç sertlik değerlerine etkisi ((□): 0 saat, (▨):24 saat, (▩):48 saat, (▧):72 saat, (▦):96 saat, (■):120 saat depolama süresi)  
(G:Guar gam, K:Ksantan gam, GK: Gam karışımı)

Konvansiyonel fırında pişirilmiş ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin iç sertlik değerleri incelendiğinde, guar gam içeren kekin ve kontrol kekin, diğer keklere göre istatistiksel olarak belirgin bir şekilde daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. En düşük iç sertlik değeri ise %1.0 ksantan gam ve gam karışımı içeren kek için elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen keklerin iç sertlik sonuçlarıyla benzer bir eğilime sahiptir. GOMEZ ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, guar gam içeren keklerin, depolama süresi sonunda iç sertliği en fazla olan kekler olduğunu bulmuşlardır. Kek formülasyonuna ksantan gam eklenmesinin ise, kontrol keke göre iç sertlik değerini düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Buna ek olarak, hidrokolloidlerin iç sertlik üzerine etkilerinin, eklenen gam çeşidine bağlı olduğunu da belirtmişlerdir.



**Şekil 47.** Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin iç sertlik değerlerine etkisi ((□): 0 saat, (▨):24 saat, (▩):48 saat, (▧):72 saat, (▦):96 saat, (■):120 saat depolama süresi)  
(G:Guar gam, K:Ksantan gam, GK: Gam karışımı)

ROJAS ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada; pişirme sırasında nişasta granülünden dışarı çıkan amiloz zincirlerinin, soğuma sırasında retrograde olduğunu belirtmişlerdir. Bu da iç sertlik değerlerinin, pişirme sonrasındaki bir kaç saatte artmasına neden olmaktadır. Çalışmada, iç sertlik değerlerinin yükselmesini erteleyecek katkı maddelerinin kek formülasyonuna eklenmesinin kullanışlı olabileceği vurgulanmıştır. Ek olarak, ekmek yapımında buğday ununa ksantan gam ilavesinin bayatlamayı ertelemek açısından kullanışlı olabileceği belirtilmiştir.

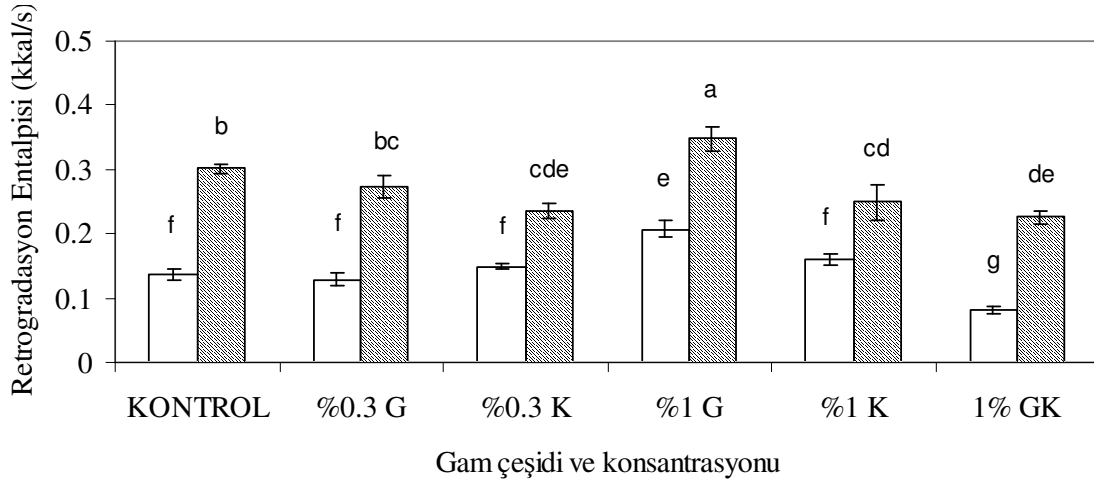
Farklı fırınlarda pişirilmiş ve 120 saat depolanmış kekler karşılaştırıldığında kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklere benzer ya da daha

yüksek iç sertlik değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Bunun sebebi, iki fırın çeşidindeki ısıtma yöntemlerinin farklı olması ile açıklanabilmektedir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın, mikrodalga ve kızılötesi ısıtmayı birleştirir ve mikrodalga ile ısıtma sonucunda, konvansiyonel ısıtmaya göre pişmiş üründe yüksek su kaybı oluşur. Pişirme sırasında kaybedilen yüksek miktardaki su, kızılötesi-mikrodalga kombinasyon fırında pişirilen keklerde daha yüksek iç sertlik değerlerine sebep olabilir. Böylece, pişirme sonrasında bile daha sert olan kekler depolama süresi sonunda da, konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerle göre daha sert olabilirler. Sonuç olarak, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen keklerin iç sertlik değerlerinin konvansiyonel fırında pişirilenlere göre daha fazla olmasının sebebi hızlı bayatlamaları değil, pişirme sırasında kaybedilen su miktarının daha fazla olması ile ilişkilendirilmiştir.

*Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin retrogradasyon entalpilerine etkisi*

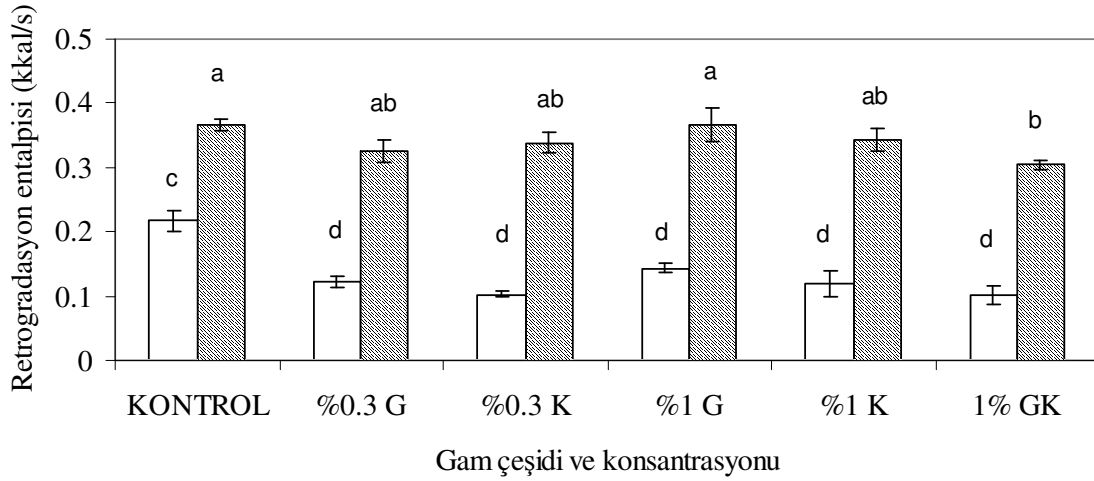
Retrograde olmuş nişastada, retrogradasyon entalpisi tekrar kristalize olmuş amilopektinin erimesi sırasında açığa çıkan enerji dönüşümünün nicel olarak ölçümünü ve aynı zamanda bu endotermik olayın, kesin dönüşüm sıcaklığının belirlenmesini sağlar (KARIM ve ark., 2000). Literatürde, amilopektin retrogradasyonu, jelatinizasyon entalpisinin bulunduğu sıcaklıktan daha düşük sıcaklıkta bulunan entalpi olarak değerlendirilmiş ve ölçülmüştür. Bu endoterme “bayatlama endotermi” denir ve büyüklüğü depolama süresince artar (LEON ve ark., 1997).

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş, 24 ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin retrogradasyon entalpileri Şekil 48’de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, her kek formülasyonu için, depolama süresi 24 saatten 120 saate çıkartıldığında retrogradasyon entalpisi de artmıştır. İstatistiksel olarak en düşük retrogradasyon entalpisi gam karışımı içeren kekler için gözlenmiştir. En yüksek retrogradasyon entalpisi ise %1.0 guar gam içeren kek için bulunmuştur.



**Şekil 48.** Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş, 24 ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin retrogradasyon entalpileri  
(G:Guar gam, K:Ksantan gam, GK: Gam karışımı)

Konvansiyonel fırında pişirilmiş, 24 ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin retrogradasyon entalpileri Şekil 49'da gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, her kek formülasyonu için, depolama süresi 24 saatten 120 saate çıkartıldığında retrogradasyon entalpisi de artmıştır. Bu sonuçlar, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş keklerin sonuçları ile paralel bir eğilim göstermektedir. Konvansiyonel fırında pişirilmiş ve 24 saat depolanmış kekler göz önüne alındığında, kek formülasyonuna gam eklenmesinin, kontrol kekine göre, retrogradasyon entalpisinde istatistiksel olarak belirgin bir şekilde düşüşe sebep olduğu görülmektedir. 120 saatlik depolama süresinin sonunda ise, kontrol kek ile karşılaştırıldığında, sadece gam karışımı eklenmiş kekin retrogradasyon entalpisinde belirgin bir düşüş olduğu görülmüştür. Ksantan gam ve guar gum birlikte kullanıldıklarında sinerjistik bir etki göstermektedirler.



**Şekil 49.** Konvansiyonel fırında pişirilmiş, 24 ve 120 saat süreyle depolanmış keklerin retrogradasyon entalpileri

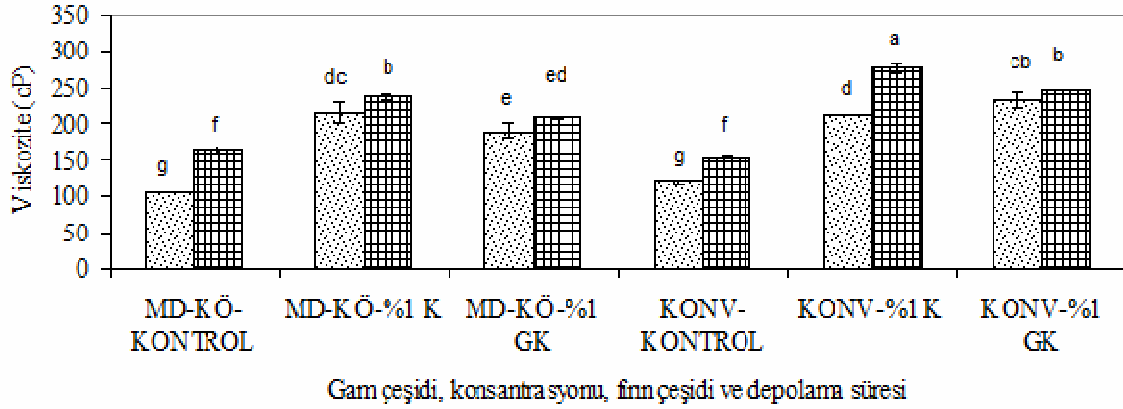
(G:Guar gam, K:Ksantan gam, GK: Gam karışımı)

Aynı kek formülasyonu iki farklı fırında pişirildiğinde ve 120 saat depolandığında ise, farklı fırınlarda pişirilen keklerin retrogradasyon entalpileri arasında fark yoktur.

*Farklı gamların ve depolama sürelerinin farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin katılaşma viskoziteleri üzerine olan etkisi*

Literatürde, nişastanın retrogradasyona uğrama eğilimi çirleşme davranışından, genellikle RVA viskozite değerlerindeki değişikliklere bakılarak anlaşılabilir (KARIM ve ark., 2000; PATEL ve ark., 2005).

Şekil 50'de, farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin pik viskozite değerlerine etkisi gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, her iki fırın tipi için de, depolama süresi 120 saate çıkartıldığında pik viskozite değerlerinin arttığı görülmüştür. Benzer bir sonuç, farklı fırınlarda pişirilmiş ve farklı gamlar içeren ekmeklerin kalite özelliklerini ve bayatlamalarını inceleyen ÖZKOÇ (2008) tarafından da bulunmuştur. ÖZKOÇ bu çalışmasında, depolama süresi arttırıldıkça, ekmeklerin pik viskozite değerlerinin de arttığını belirtmiştir.



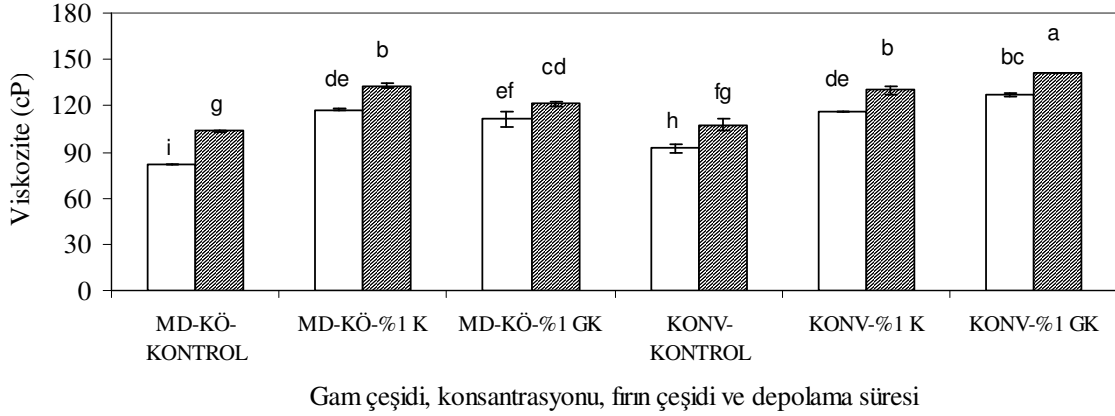
**Şekil 50.** Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin pik viskozite değerlerine etkisi

Literatürde katılma viskozitesi bir çok araştırmacı tarafından retrogradasyon ile bağdaştırılmıştır (LENT ve Grant, 2001; COLLAR, 2003; SOPADE ve ark., 2006). Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin, farklı fırınlarda pişirilmiş keklerin katılma viskozite değerlerine etkisi Şekil 51’de gösterilmektedir. Bütün kek formülasyonları ve fırın çeşitleri için, depolama süresi 120 saate çıkartıldığında, katılma viskoziteleri de istatistiksel olarak belirgin bir şekilde artmıştır. Benzer bir sonuç, farklı fırınlarda pişirilmiş ve farklı gamlar içeren ekmeklerin bayatlamalarını inceleyen ÖZKOÇ (2008) tarafından da bulunmuştur. ÖZKOÇ bu çalışmasında, depolama süresi arttırıldıkça, ekmeklerin RVA eğrilerinden elde edilen katılma viskozite değerlerinin arttığını belirtmiştir.

ROJAS ve ark. (1998) da belirttiği gibi retrogradasyon, depolama sırasında ekmek iç sertliğinin armasından sorumludur. Çalışmada, katılma viskozite değerlerinin yükselmesini erteleyecek katkı maddelerinin eklenmesinin kullanışlı olabileceği ve böylece iç sertlik değerlerindeki artışın da ertelenebileceği vurgulanmıştır.

Sadece kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu veya konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin katılma viskozite değerleri incelendiğinde, karmaşık sonuçlar çıkartılabilir. Çünkü kontrol keklerinin katılma viskozite değerleri, gam içeren keklerinkilere göre daha düşük bulunmuştur. Fakat literatürde (COLLAR, 2003; CHAISAWANG ve Suphantharika, 2006; ÖZKOÇ, 2008), nişasta/hidrokolloid karışımlarının ısıtma ve soğutma sonrasındaki viskozite değerleri, sadece nişastaninkilere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu özellik gamların su bağlama kapasiteleri ve su mevcudiyetini azaltmaları ile açıklanabilmektedir yani, gam eklenmesi ile artan viskozite değerleri

bayatlama ile ilgili değildir. Bu sebeple, katılaşma viskoziteleri, depolama süresince katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişime çevrilmiştir.



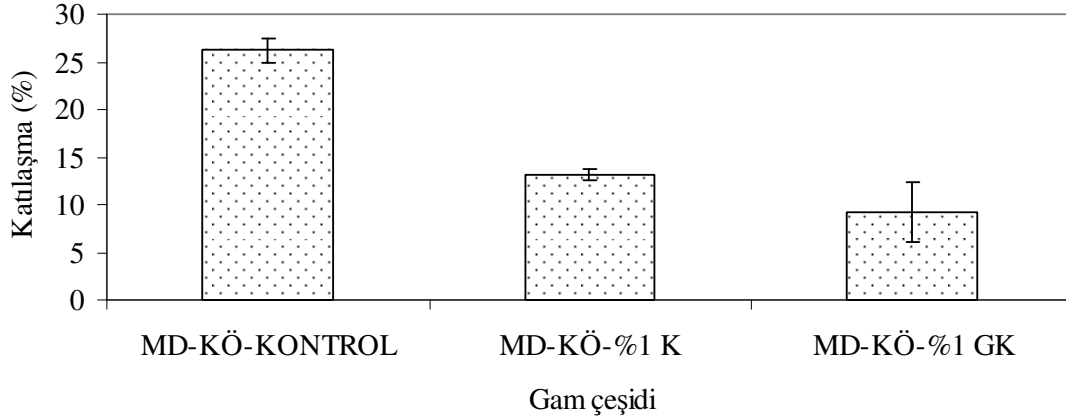
**Şekil 51.** Farklı gamların, gam konsantrasyonlarının ve depolama sürelerinin katılaşma viskozite değerlerine etkisi

MD-KÖ: Mikrodalga-kızıl ötesi, K: Konvansiyonel, %1 K: ksantan gam, GK: Gam karışımı

Farklı gam ve gam konsantrasyonlarının kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş ve 120 saat depolanmış keklerin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi üzerine etkileri Şekil 52’de gösterilmiştir. Kontrol kekin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi %1.0 ksantan gam ve gam karışımı içeren keke göre daha yüksek bulunmuştur. Bu kontrol kekin, gam içeren keklere göre daha hızlı bayatlıyor olmasından dolayıdır. RVA eğrisinden elde edilen bu sonuçların, retrogradasyon entalpi sonuçları ile ilişkili olduğu bulunmuştur.

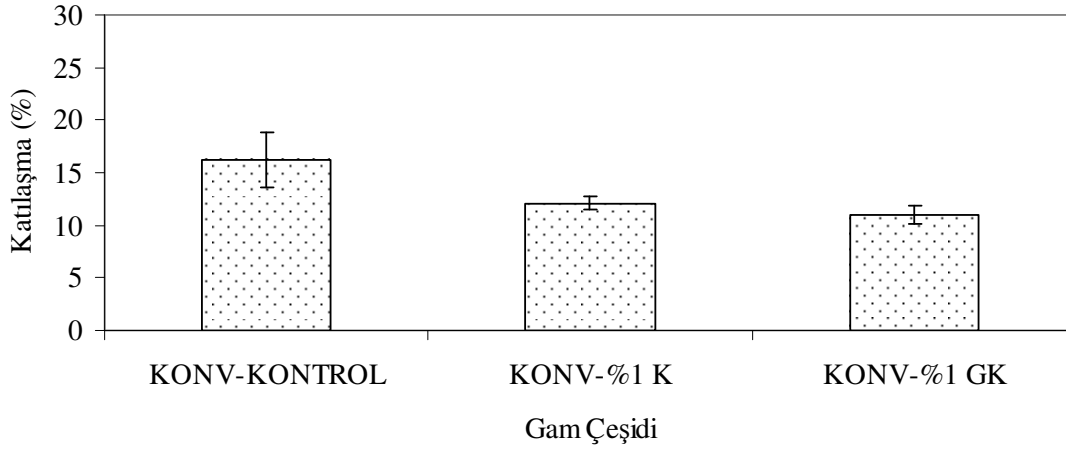
Farklı gam ve gam konsantrasyonlarının konvansiyonel fırında pişirilmiş ve 120 saat depolanmış keklerin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi üzerine etkileri Şekil 53’de gösterilmiştir. Kek formülasyonuna %1.0 konsantrasyonda ksantan gam ya da gam karışımı eklendiğinde katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişim kontrol keke göre daha düşük bulunmuştur. Kontrol kek için daha yüksek bulunan katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişim, kontrol kekin, gam içermeyen keklere göre, depolama süresi sonunda daha yüksek retrogradasyon entalpisine sahip olması ve daha hızlı bayatlaması ile açıklanabilir.





**Şekil 52.** Farklı gam ve gam konsantrasyonlarının kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş ve 120 saat depolanmış keklerin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi üzerine etkileri

(MD-KÖ: Mikrodalga-kızıl ötesi, %1 K: ksantan gam, GK: Gam karışımı)



**Şekil 53.** Farklı gam ve gam konsantrasyonlarının konvansiyonel fırında pişirilmiş ve 120 saat depolanmış keklerin katılaşma viskozite değerlerindeki yüzde değişimi üzerine etkileri

(K: Konvansiyonel, %1 K: ksantan gam, GK: Gam karışımı)

## SONUÇLAR

Çeşitli gam tipleri içeren, emülgatörlü veya emülgatörsüz pirinç keki hamurları reolojik olarak kaymaya bağlı incelen davranış göstermişlerdir. Power yasası ve Casson modellerinin her ikisi de kek hamurlarının reolojik özelliklerinin açıklanmasında uygun modeller olarak bulunmuştur. Diğer gamlarla kıyaslandığında, ksantan ve guar gamların sinerjik etkileşimde bulunmaları kek hamurlarının daha yüksek görünür viskozite göstermelerine neden olmuştur. Ksantan ve guar gam içeren kekler en yüksek dielektrik değerlerini vermişlerdir. Dielektrik özelliklerin ölçülmesi mikrodalga ile glutensiz ürün tasarlanması, modellenmesi ve geliştirilmesine yardım edecektir.

Keklerin gözenek yapıları görüntü analiziyle incelendiğinde, en yüksek özgül hacim değerleri veren ksantan içeren keklerin gözenek sayısı en çok bulunmuştur. Ayrıca gözeneklilik yüzdelerinde de en yüksek değerleri veren ksantan içeren kekler olmuştur.

YYM kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyon çalışmalarına göre, emülgatör karışım miktarının artması keklerin yüzeylerinin renk değişimini arttırmış ve sertliğini azaltmıştır. Halojen lamba gücünün artması özgül hacmi düşürmüştü ve sertlikte, nem kaybında ve renk değişiminde artmaya sebep olmuştur. Pişirme süresi arttıkça keklerin rengi koyulaşmış ve daha çok nem kaybı olmuştur. Kızıl ötesi-mikrodalga fırın için optimum pişirme süresi belirlenmiştir.

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında ve konvansiyonel fırında pişirilen keklerin, ağırlık kaybı, özgül hacim ve sertlik gibi kalite parametrelerinin, gam çeşidi ve gam konsantrasyonuna bağlı olduğu bulunmuştur. Farklı gam çeşitleri arasında, ksantan-guar gam karışımının ilavesi, her iki pişirme yönteminde de kontrol keke göre, keklerin özgül hacim değerlerini arttırıp, ağırlık kaybı ve iç sertlik değerlerini azaltmıştır. Tekstür ve tat değerlendirmelerinin skorları, her iki pişirme yönteminde de, ksantan-guar gam karışımı içeren keklerde daha yüksek bulunmuştur.

Kontrol keklerinin pik, incelme sonrası viskozite ve son viskozite gibi RVA viskozite değerleri, her iki fırın çeşidi için de gam içeren keklerinkilere göre daha düşük bulunmuştur. Gam konsantrasyonu arttıkça, pik, incelme sonrası viskozite ve son viskozite değerleri artmıştır. Bu, gam konsantrasyonunun arttırılmasıyla, jelatinizasyon derecesinin azaldığını göstermiştir. DTK analizi sonuçları göz önüne alındığında, hiç gam içermeyen veya düşük konsantrasyonda gam içeren keklerin jelatinizasyon derecelerinin diğer keklerinkilere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek jelatinizasyon derecesi kontrol kekde gözlenmiştir. Farklı fırınlarda pişirilen keklerin jelatinizasyon dereceleri benzer bulunmuştur.

Pirinç ununun polarize ışık mikroskobu incelemeleri, pirinç unu örneklerinin bütün nişasta granüllerinin belirgin “Malta haçı” görünümünü koruduğunu göstermiştir. Çift kırınım incelemeleri, bütün kek örneklerinin yaklaşık 1/4’ ünün çift kırınımını koruduğunu ve 3/4’ünün kaybettiğini göstermiştir. Görsel inceleme ile, mikrodalga-kızılötesi kombinasyon fırında ve konvansiyonel fırında pişirilen keklerin, jelatinizasyon dereceleri arasında bir fark bulunmamıştır.

Retrogradasyon entalpileri göz önüne alındığında, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen kekler, konvansiyonel fırında pişirilen keklerle neredeyse benzer bayatlama hızına sahip bulunmuştur. Kek formülasyonuna gam karışımı ilavesi, kontrol keke göre, ağırlık kaybı değerlerinde belirgin bir düşüş sağlamıştır. Genel olarak, yüksek gam konsantrasyonları, kontrol keke göre, düşük ağırlık kaybı, retrogradasyon entalpisi ve katılma viskozitesinde yüzde değişime neden olmuştur. Bu da bayatlamının geciktirildiği anlamına gelmektedir.

Hidrokoloidlerin depolama süresindeki sertlik artışına etkisinin, eklenen gam çeşidine bağlı olduğu bulunmuştur. Her iki fırın tipinde pişirilen kekler için, en düşük sertlik değerleri %1.0 ksantan gam ve gam karışımı içeren keklerde görülmüştür. Farklı fırınlarda pişirilen ve 120 saat depolanan kekler karşılaştırıldığında, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen keklerin, kek formülasyonuna bağlı olarak, konvansiyonel fırında pişirilen keklerle benzer ya da daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırında pişirilen glutensiz keklerde ksantan-guar gam karışımının kullanılmasının, kaliteyi artırma ve bayatlamayı geciktirmek açısından en etkili hidrokoloid olduğu bulunmuştur. Ksantan-guar gam karışımı her iki fırın tipinde pişirilecek keklerle eklenmesi için önerilebilir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ile konvansiyonel fırında pişirilen keklerle benzer kalitede glutensiz kek üretimi, üstelik pişme süresi % 75 oranında azaltılarak mümkün olmuştur.

Gelecek çalışmalarda, glutensiz keklerde kaliteyi arttırmak ve bayatlamayı ertelemek amacıyla farklı oranlarında değişik bileşenlerin (emülgatörler, nişastalar) kek formülasyonlarına katılmasının etkilerinin araştırılması önerilebilir. Ayrıca, çalışmalarda pirinç unu yerine kestane unu veya kestane unu-pirinç unu karışımı kullanılabilir.

## REFERANSLAR

AACC, *Approved methods of the AACC*, Method 74-09, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, (1983).

ACHAYUTHAKAN P., Suphantharika M., Pasting and rheological properties of waxy corn starches as affected by guar gum and xanthan gum, *Carbohydrate Polymers*, 71, 9-17, (2008).

AHMED J., Ramaswamy H. S., Raghavan V.G.S., Dielectric properties of Indian Basmati rice flour slurry, *Journal of Food Engineering*, 80, 1125-1133, (2007).

AOAC Official methods for analysis, AOAC Official method 991.19. Gliadin as a measure of gluten in foods. Colorimetric monoclonal antibody enzyme immunoassay method, 32, 15-17, (1995).

ARMERO E., Collar C., J., Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives, *Journal of Cereal Science*, 28, 165–174, (1998).

BÁRCENAS M. E., Rosell, C. M., Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread, *Food Hydrocolloids*, 19, 1037–1043 (2005).

BECKER A., Katzen, F., Puhler A., Ielpi, L., Xanthan gum biosynthesis and application: a biochemical/genetic perspective, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 50, 145–152, (1998).

BELL D. A., Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking, *Cereal Foods World*, 35, 1001–1006, (1990).

BERTRAND D., Le Guerneve C., Marion D., Devaux, M.F., Robert P., Description of textural appearance of bread crumb by video image analysis, *Cereal Chemistry*, 69, 257-261, (1992).

BONADUCE I., Brecoulaki H., Colombini M. P., Lluveras A., Restivoo V., Ribechini E., Gas chromatographic mass spectrometric characterisation of plant gums in samples from painted works of art, *Journal of Chromatography A*, 1144, 275–282, (2007).

BUFFLER C., *Engineering Fundamentals for the Food Scientist*. Avi Book, New York, (1993), Pp: 6–7, 150–151.

CHAISAWANG M., Suphantharika S., Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum, *Food Hydrocolloids*, 20, 641–649, (2006).

CHINACHOTI P., Carbohydrates: functionality in foods, *American Journal of Clinical Nutrition*, 61, 922–929, (1995).

COLLAR C., Significance of viscosity profile of pasted and gelled formulated wheat doughs on bread staling. *European Food Research and Technology*, 216, 505-513, (2003).

CHUN S. Y., Yoo, B. J., Rheological behavior of cooked rice flour dispersions in steady and dynamic shear, *Journal of Food Engineering*, 65, 363–370, (2004).

DATTA, A.K., Sahin S., Sumnu G., Keskin SO., Porous Media Characterization of Bread Baked Using Different Heating Modes, *Journal of Food Engineering*, 79, 106-116, (2007).

DAVIDOU S., Le Meste M., Debever E., Bekaert D., A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid, *Food Hydrocolloids*, 10, 375–383, (1996).

DEMIREKLER, P., Sumnu, G., Sahin, S., Optimization of bread baking in halogen lamp-microwave combination oven, *European Food Research and Technology*, 219, 341-347, (2004).

DZIEZAK J. D. A focus on gums, *Food Technology*, 45, 115–132, (1991).

FARRELL R. J., Kelly C. P., Celiac sprue, *The American Journal of Gastroenterology*, 96, 3237–3246, (2001).

FERNANDES P. B., Goncalves M. P., Doublier J. L., Influence of locust bean on the rheological properties of kappa-carrageenan systems in the vicinity of the gel point. *Carbohydrate Polymers*, 22, 99–106, (1993).

GARCIA-OCHOA F., Santos, V. E., Casas, J. A., Gómez, E., Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18, 549–579, (2000).

GIMENO E., Morau C. I., Kokini J. L., Effect of xanthan gum and CMC on the structure and texture of corn flour pellets expanded by microwave heating, *Cereal Chemistry*, 8, 100–107, (2004).

GOMEZ M., Ronda F., Caballero P.A., Blanco C.A., Rosell C.M., Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes, *Food Hydrocolloids*, 21, 167-173 (2007).

GONÇALVES S., Romano, A., Locust bean gum (LBG) as a gelling agent for plant tissue culture media, *Scientia Horticulturae*, 106, 129–134, (2005).

GONÇALVES M. P., Sittikijyothin W., Vázquez da Silva M., Lefebvre J., A study of the effect of locust bean gum on the rheological behaviour and microstructure of a  $\beta$ -lactoglobulin gel at pH 7. *Rheologica Acta*, 43, 472–481, (2004).

GUARDA, A., Rosell, C. M., Benedito, C., Galotto, M. J., Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents, *Food Hydrocolloids*, 18, 241–247, (2004).

GUJRAL H.S., Rosell, C.M., Improvement of bread making quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Research International*, 37, 75-81, (2004).

HEFLICH, L.W., A Baker's Perspective, *Baked Goods Freshness, Technology, Evaluation and Inhibition of Staling*, ed: Hebeda R. E, Zobel H., Marcel Dekker, New York, (1996). Pp: 239-256.

KARIM, A.A., Norziah, M.H., Seow, C.C., Methods for the study of starch retrogradation, *Food Chemistry*, 71: 9-36, (2000).

KESKIN, O., Sumnu, G. and Sahin, S., A study on the effects of different gums on dielectric properties and quality of breads baked in infrared-microwave combination oven, *European Food Research and Technology*, 224, 329-334, (2007).

KESKIN S.Ö., Sumnu G., Sahin S., Bread baking in halogen-lamp microwave combination oven. *Food Research International*. 37, 489–495, (2004).

KESKIN S. O., Ozturk S., Sahin S., Koxsel H., Sumnu G., Halogen lamp-microwave combination baking of cookies, *European Food Research and Technology*, 220, 546-551, (2005).

KIM C., Yoo B, Rheological properties of rice starch–xanthan gum mixtures, *Journal of Food Engineering*, 75, 120–128, (2006).

KNUTSEN S. H., Mylabodski D. E., Larsen B., Usov A. I., A modified system of nomenclature for red algal galactans. *Botanica Marina*, 37, 163–169, (1994).

KOHAJDOVÁ Z., Karovičová J, Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*, 63, 26–38, (2009).

KÖK M. S., Hill S. E., Mitchell, R., A., Comparison of the rheological behaviour of crude and refined locust bean gum preparations during thermal processing, *Carbohydrate Polymers*, 38, 261–265, (1999).

KÖKSEL, H., Karbonhidratlar, Bölüm 2, *Gıda Kimyası*, ed: Saldamlı İ., Hacettepe Üniversitesi Yayınları, (2005), Pp: 95-97.

KÖKSEL H. , Sahbaz F., Ozboy, O., The influence of wheat drying temperatures on the birefringence and X-ray diffraction patterns of wet harvested wheat starch, *Cereal Chemistry*, 70, 481-483, (1993).

LENT P.J., Grant L.A., Effects of additives and storage temperature on staling properties of bagels, *Cereal Chemistry*, 78, 619-624, (2001).

LEÓN A. E., Durán E., Benedito de Barber C., A new approach to study starch changes occurring in the dough-baking process and during bread storage, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und – Forschung*, 204: 316-320, (1997).

LEÓN A. E., Ribotta P. D., Ausar S. F., Fernández C., Landa C. A., Beltramo, D. M., Interactions of different carrageenan isoforms and flour components in breadmaking, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2634–2638, (2000).

MANDALA I., Karabela, I., ve Kostaropoulos, A., Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. I. Effect of chilling, *Food Hydrocolloids*, 21, 1397–1406, (2007).

MANDALA I. G., Palogou E. D., Kostaropoulos A. E., Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan–starch mixtures, *Journal of Food Engineering*, 53, 27–38, (2002).

MCCARTY D. F., Gallagher E., Gormley T. R., Schober T. J., ve Arendt E. K., Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread, *Cereal Chemistry*, 82, 609–615, (2005).

MIYAZAWA T., Funazukuri T., Noncatalytic hydrolysis of guar gum under hydrothermal conditions, *Carbohydrate Research*, 341, 870–877, (2006).

MORRIS E. R., Foster T. J., Role of conformation in synergistic interactions of xanthan, *Carbohydrate Polymers*, 23, 133–135, (1994).

NDIFE M.K., Sumnu G. and Bayindirli L., Dielectric properties of six different species of starch at 2450 MHz, *Food Research International*, 31, 43-52, (1998a).

NDIFE M., Sumnu G., Bayindirli L., Differential scanning calorimetry determination of gelatinization rates in different starches due to microwave heating. *Food Science and Technology*, 31, 484-488, (1998b).

OZBOY, O., Development of starch-gum bread for phenylketonuria patients. *Nahrung/Food*, 46, 87–91, (2002).

ÖZKOC, S.O., *Investigation of quality and staling of breads with different gum formulations baked in different ovens* (Doktora tezi), O.D.T.Ü., Ankara, (2008).

PATEL B.K., Waniska R.D., Seetharaman K., Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in breadcrumb, *Journal of Cereal Science*, 42: 173-184, (2005).

RESURRECCION, A.V.A., Consumer sensory testing for food product development, *Developing new food products for a changing marketplace*, Second edition, ed: Brody A. L., Lord J. B., CRC Press Taylor and Francis Group, Florida, USA, (2008). Pp: 369-376.

ROJAS J. A., Rosell C. M., Benedito de Barber C., Pasting properties of different wheat flour-hydro colloid systems, *Food Hydrocolloids*, 13, 27-33, (1999).

ROSELL C. M., Rojas J.A, ve Benedito de Barber C., Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, *Food Hydrocolloids*, 15, 75-81, (2001).



SAHIN, S., Sumnu S. G., *Physical Properties of Foods*, Springer, New York, (2006). Pp: 19-20.

SANCHEZ H.D, Osella C.A, De La Torre M.A., Use of response surface methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk. *Food Science & Technology International*, 10, 5–9, (2004).

SANCHEZ-PARDO M.E., Ortiz-Moreno A., Mora-Escobedo R., Chanona-Perez, Necoechea-Mondragon H., Comparison of crumb microstructure from pound cakes baked in a microwave or conventional oven, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 41, 620-627, (2008).

SANCHEZ HD, Osella CA, De La Torre M. A., (2002), Optimization of gluten free bread prepared from cornstarch, rice flour, cassava starch, *Journal of Food Science*, 67, 416–9, (2002).

SAKIYAN O., Sumnu G., Sahin S., Meda V. Investigation of dielectric properties of different cake formulations during microwave and infrared-microwave combination baking. *Journal of Food Science*, 72, 205-213, (2007).

SARKAR N., Walker L. C., Hydration-dehydration properties of methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose. *Carbohydrate Polymers*, 27, 177–185 (1995).

SEVIMLI, K. M., Sumnu, G., Sahin, S., Optimization of halogen lamp-microwave combination baking of cakes: A response surface methodology study. *European Food Research and Technology*, 221, 61–68, (2005).

SHARADANANT, R., Khan, K., Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: electron microscopy, protein solubility, and electrophoresis studies, *Cereal Chemistry*, 83, 411–417, (2006).

SHARADANANT R., Khan K., Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality, *Cereal Chemistry*, 80, 764–772, (2003).

SIVARAMAKRISHNAN H. P., Senge B., Chattopadhyay P. K., Rheological properties of rice dough for making rice bread, *Journal of Food Engineering*, 62, 37–45, (2004).

SLAVIN J. L., Greenberg N. A., Partially hydrolyzed guar gum: clinical nutrition uses. *Nutrition*, 19, 549–552, (2003).

SOPADE P.A., Hordin M., Fitzpatrick P., Desmee H., Halley P., Macromolecular interactions during gelatinization and retrogradation in starch-whey systems as studied by Rapid Visco-Analyser. *International Journal of Food Engineering*, 2, 1-17, (2006).

STAUFFER, C.E., *Functional Additives for Bakery Foods*, Van Nostrand Reinhold, New York, USA (1990). Pp: 165-176.

SUMNU G., Datta A. K., Sahin S., Keskin S. O., Rakesh, V., Transport and related properties of breads baked using various heating modes, *Journal of Food Engineering*, 78, 1382–1387, (2007).

TOUFEILI I, Dagher S, Shadarevian S, Noureddine A, Sarakbi M, Farran MT. Formulation of gluten-free pocket type flat breads: optimization of methylcellulose, gum arabic, and egg albumen levels by response surface methodology, *Cereal Chemistry*, 71, 594–601, (1994).

VITURAWONG Y., Achayuthakan P., Suphantharika M., Gelatinization and rheological properties of rice starch/xanthan mixtures: Effects of molecular weight of xanthan and different salts, *Food Chemistry* 111, 106–114, (2008).

XUE J., Ngadi M., Thermal properties of batter systems formulated by combinations of different flours, *LWT Food Science and Technology*, 40, 1459-1465 (2007).

XUE J., Ngadi, M. Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with different flour combinations. *Food Hydrocolloids*, 23, 286-295, (2009).

YASEEN E. I., Herald T. J., Aramouni F. M., Alavi, S., Rheological properties of selected gum solutions. *Food Research International*, 38, 111–119, (2005).

YOO B., Steady and dynamic shear rheology of glutinous rice flour dispersions, *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 601–608, (2006).

YOO D., Kim C., Yoo B., Steady and dynamic shear rheology of rice starch–galactomannan mixtures, *Starch*, 57, 310–318, (2005).

ZGHAL M. C., Scanlon M G., Sapirstein, H.D., Cellular structure of bread crumb and its influence on mechanical properties, *Journal of Cereal Science*, 36, 167-176, (2002).

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No:</b> TOVAG 1060702
<b>Proje Başlığı:</b> Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirmeye uygun glutensiz kek formülasyonunun optimizasyonu
<b>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</b> Prof. Dr. S. Gülüm Şumnu, Y.Doç.Dr. Arzu Başman, Elif Turabi, Metin Öztürk
<b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> O.D.T.Ü. Gıda Müh. Böl. 06531 Ankara
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b> Arçelik A.Ş. Yukarı Soku Köyü Deliklitaş Mevkii 14300 Bolu
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 15.01.2007-15.01.2009
<b>Öz (en çok 70 kelime)</b> Bu çalışmanın amacı, kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın kullanarak, çölyak hastalığı olan bireyler için pirinç unu içeren glutensiz kek formülasyonlarının ve pişirme koşullarının optimizasyonudur. Gam karışımının ilavesi keklerin sertlik, ağırlık kaybı, retrogradasyon entalpisi ve katılaşma viskozitesini düşürmüştü ve bayatlamayı kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda, sırasıyla 2 ve 3 gün yavaşlatmıştır. Kızıl ötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ile konvansiyonel fırında pişirilen keklere benzer kalitede kek üretimi, üstelik pişme süresi %75 oranında azalarak mümkün olmuştur.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Bayatlama, Dielektrik, Gam, Kek pişirme, Kızılötesi, Mikrodalga, Reoloji
<b>Projeden Yapılan Yayınlar:</b> 1. Koksel, F., Sumnu, G., Sahin, S., Basman, A. The effects of of different hydrocolloids on gluten free cakes baked in microwave infrared combination oven ICC Bosphorus 2008, April 24-26, İstanbul, p.111, 2008. 2. Koksel, F., Sumnu, G., Sahin, S., Basman, A. The effects of xanthan gum on pasting properties of starch in gluten free cakes baked in microwave-infrared combination oven. CIGR 2008-International Conference on Agricultural Engineering, August 31-September 4, Iguassu Falls, Brazil, 2008 ( (PAP 834)