

Farklı Oranlarda Gam, Protein ve Emülgatör Kullanımı ve Jelatinizasyonun Pirinç Makarnası Kalitesine Etkisi

Dilek Büyükebeş¹  , Emine Elçin Emre¹ , Ahmet Kaya² 

¹Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 27310, Gaziantep,

²Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 27310, Gaziantep

Geliş Tarihi (Received): 12.07.2019, Kabul Tarihi (Accepted): 18.03.2020

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): buyukbese@gantep.edu.tr (D.Büyükebeş)

☎ 0 342 317 29 92 📠 0 342 360 10 32

ÖZ

Çölyak hastalığı, kalıcı gluten toleranssızlığı olduğu için hastaların yeme alışkanlıklarını değiştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle günümüzde, glutensiz makarna gibi yüksek kaliteli glutensiz ürünlere karşı talep artmıştır. Çalışmamızın amacı, hidrokolloid, emülgatör ve proteinlerin eklenmesiyle oluşan pirinç bazlı makarnanın reolojik ve tekstürel özelliklerini değerlendirmektir. Yüzde 60, 80 ve 100 jelatinize edilmiş pirinç (JP) içeren hamurlara eklenen proteinlerin ve hidrokolloidlerin etkisi, reolojik ve renk ölçümleri ile belirlenmiştir. Çalışmalarda, karboksimetil selüloz (KMS), ksantan gam (XG), guar gam (GG), karagenan gam (KG), keçiyoynuzu gamı (KBG), kazein (KZN), yumurta akı (YA) ve gliserin monostearat (GMS) kullanılmıştır. Hamurlar, hidrokolloid (%2 g/g) veya hidrokolloid+protein (farklı miktarlarda, toplam %2 g/g) karışımları ile hazırlanmıştır. Hamurların reolojik davranış çalışması; Reometre, Dinamik Mekanik Analiz (DMA) ve Tekstür Analiz cihazlarıyla yapılmıştır. Hamurun deformasyona karşı direnci ve elastikliği, sürünme-geri kazanım ve dinamik viskoelastik ölçümleriyle belirlenmiştir. Sürünme test sonuçları 4 parametrelili Burger denklemiyle modellenmiştir. Eklenen hidrokolloidler arasında en düşük sürünme komplians değerlerini XG ve KMS gamlarının gösterdiği bulunmuştur. Pirinç hamurunun elastik davranışı KZN eklendiğinde artmıştır. %100 JP hamuruna gam olarak KMS ve XG eklendiğinde geri kazanım sonuçlarının daha iyi olduğu ve en yüksek geri kazanım değerinin ise %80 JP ve KMS içeren hamur karışımının gösterdiği belirlenmiştir. Üretilen makarna örneklerine pişirme sonrası uygulanan Tekstür Profil Analizi (TPA) sonuçları %80 ve %100 JP hamuruna XG, KZN ve GMS beraber eklendiğinde yapışkanlığın azaldığı ve sertlik değerinin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pirinç, Glutensiz makarna, Reoloji, Hidrokolloid, Protein

Effect of Gum, Protein and Emulsifier Use at Different Ratios and Gelatinization on Rice Pasta Quality

ABSTRACT

Celiac disease is a permanent intolerance to gluten. So, patients need to change their eating habits. Currently, this creates a high demand for high-quality gluten-free products, such as gluten-free pasta. The objective of this work is to evaluate the effect of compositions such as hydrocolloids, emulsifier, and proteins on the rheological and textural properties of pasta based on rice at different gelatinization ratios. The effect of hydrocolloids and proteins on gluten-free formulations having 60, 80 and 100% gelatinized rice doughs were determined with rheological and color experiments. Carboxymethyl cellulose (CMC), xanthan gum (XG), guar gum (GG), carrageenan gum (CG), locust bean gum (LBG), casein (CSN), egg-white (EW) and glycerin monostearate (GM) were used. Hydrocolloid (2% w/w) or hydrocolloid+protein (in different amount, total 2% w/w) for doughs were added. The study on the rheological behavior of doughs was performed by Rheometer, Dynamic Mechanical Analyzer (DMA) and Texture Analyzer. The elasticity and resistance to the deformation of dough were determined by creep-recovery and dynamic viscoelastic

measurements, and the results were modeled by Burger equation. It was found that XG and CMC exhibited the lowest creep compliance values among the added hydrocolloids. Incorporation of casein was the elastic behavior of the rice dough. It was determined that the recovery result was better when CMC and XG were added to 100% JP dough and the dough mixture containing 80% JP and CMC showed the highest recovery value. The results of Texture Profile Analysis (TPA) applied to pasta samples after cooking showed that stickiness values decreased and hardness values increased when XG, KZN and GMS were added together to 80% and 100% JP dough.

Keywords: Rice, Gluten-free pasta, Rheology, Hydrocolloid, Protein

GİRİŞ

Makarnanın temel yapısını, irmik ve unda bulunan gluten oluşturmaktadır. Gluten içeren tahıllar arasında; yapısında depo proteini (prolamin) bulunan; buğday (gliadin), çavdar (sekalin), arpa (hordein) ve yulaf (avenin) yer almaktadır [1]. İnce bağırsak alerjisi çeşidi olan Çölyak hastalığına (gluten intoleransı veya buğday alerjisi) sahip kişilerin gluten içerikli gıdaları yemesi yasaktır. Çünkü çölyak hastaları gluten içeren gıda tükettiklerinde, bağırsaklı sistemleri ince bağırsağa zarar verir. Böylece, ince bağırsak zarında bulunan ve villi olarak adlandırılan, küçük parmak benzeri çıkıntılar kaybolur. Besinler, villi sayesinde kan dolaşımına emilirler. Villi olmazsa, bu emilim gerçekleşmeyeceğinden önemli besinlerin absorplanması olmaz [2]. Bundan dolayı, çölyak hastalığı absorpsiyon bozukluğu olarak ifade edilmektedir. Vücudun bağırsaklı sisteminde hasar olur ve çölyak hastalığı otoimmün bozukluk olarak kabul edilir. Çölyak hastalığı, ayrıca çölyak psiloz, tropikal olmayan psiloz ve gluten-duyarlı enteropati olarak bilinmektedir.

Gluten, hamura viskoelastik yapıyı veren bir proteindir [3, 4]. Gluten; glutenin ve gliadin olmak üzere iki çeşit protein içerir. Bu proteinler, su emiliminin çok önemli olduğu temel işlevleri yerine getirir. Gluteninin, gluten proteininin elastik yapısına, gliadinin de viskoz yapısına katkı sağladığı kabul edilir. İrmik içine su eklendiğinde ve hamur mekanik olarak karıştırıldığında, glutenin ve gliadin, hamurun yapısında bir tür ağ oluşturan, nişasta tanelerini yakalayan ve pişirme sırasında makarnanın polentaya dönüşmesini önleyen bir protein bileşiği olan gluteni oluşturur [5-8]. İrmikte bulunan gluten değerinin yüksekliği makarnanın kalitesini arttırmakta ve makarnanın pişme özelliklerini direkt etkilemektedir [9]. Makarnanın kalitesini ifade ederken, pişme direnci, sertliği, yapışkanlığı ve pişme suyu içerisine bıraktığı organik maddelerin salınımı gibi özellikler esas alınarak karakterize edilebilmektedir [10]. Gluten, makarna ürünlerine kuvvetli matriks sağladığından, makarnanın pişirilmesinde sırasında nişastanın fazla miktarda çözülmesini engelleyerek pişme kaybını azaltmaktadır. Aynı zamanda su tutma kapasitesi, hamura ve pişmiş makarnaya viskoelastik yapı vermesinden dolayı önemlidir. Son yıllarda glutensiz gıdalar üzerine daha çok çalışma yapılmakta olup, glutensiz ürünlerin yapısını, tekstürünü, uygulanabilirliğini ve raf ömrünü geliştirmek için, glutene alternatif olarak pirinç ve mısır unları [11, 12], pseudo tahıllardan unlar [13, 14], farklı nişastalar [15], hidrokolloidler (gamlar), süt ürünleri, farklı proteinler [2, 16], prebiyotikler ve bunların kombinasyonları kullanılmıştır [17].

Glutensiz gıda ürünlerinde en sık şekilde buğdayın yerini alan hububat çeşidi pirinçtir [18, 19]. Pirinç (*Oryza sativa*); yumuşak tadı, beyaz rengi, sindirilebilirliği ve hipoalerjenik özellikleri nedeniyle artan popülerliğe sahiptir [20, 21]. Pirinçte bulunan protein orizindir. Orizinin temel birimleri, molekül içi- ve moleküller arası-disülfid bağlarının her ikisinin de bağlanmasıyla oluşur [22]. Gluten işlevselliğinin yoksunluğu, pirinç ununun suyla karıştırılmasından elde edilen hamurda yapışkanlığa neden olmaktadır [23]. Pirinç makarnasının dokusal özelliklerini iyileştirmek için iki alternatif bulunmaktadır; kurutma sırasında pirinç ununun jelatinleşmesidir veya ekstrüde makarnanın yüzeyinin buharlaştırılmasıdır [24]. Ön jelatinleşme, fonksiyonel özelliklerin iyileştirilmesine ve ürüne şekil ve doku verilmesine yardımcı olurlar. Literatürde bazı hidrokolloidlerin hamurdaki glutenin yerini alabileceği de bildirilmiştir [19]. Süt proteinleri ve hidrokolloidler, glutenin viskoelastik özelliklerini taklit etmek için kullanılabilir ve raf ömrünü iyileştirirler [25]. Ön jelatinleştirilmiş pirinç unundan makarna yapılabilen ve bu süreç sırasında özel ekipmanlar gerekmektedir. Ancak, üretim işlemi normal makarna yapımından çokta farklı değildir. Uygun formülasyonlu hamur karışımını hazırlamak için, glutenin yerini alarak viskoelastik yapıyı tutabilecek nişastalar, hidrokolloidler, besinsel lifler, süt proteinleri, farklı tahıl ürünleri, monogliseridler gibi farklı katkı maddelerinin doğru miktarda eklenmesi gerekmektedir [26, 27]. Hidrokolloidler, nişastaların reolojik ve jelatinizasyon özelliklerini etkilemekte olup, ürünün kararlılığını arttırmak, yapısını modifiye etmek ve işlenmesini kolaylaştırmak için kullanılmıştır [25, 28-33]. Örneğin, hidroksimetil selüloz gibi gamlar ve hidrokolloidler buğday gluteni tarafından sağlanan su absorblama ve gaz tutma özelliklerini geliştirmek için kullanılmıştır [34, 35]. Ayrıca, glutensiz makarna formülasyonunda, hidrokolloidlerin hamurda lubrikant olarak ve karıştırma sırasında (özellikle nişasta granülleri) da diğer formülasyon bileşenlerinin zarar görmesini engelleyerek koruduğu gözlenmiştir [36-38]. Modifiye nişasta, XG ve KBGler kullanıldığında makarnanın duyusal ve dokusal özelliklerinin arttığı ve buğday bazlı üretilen makarna özelliklerine benzer davranış gösterdiği bulunmuştur [15]. Çünkü XG ve KBG gibi nişasta içermeyen polisakkaritler ya da hidrokolloidler önemli viskoelastik özelliklere sahip olup, makarnanın elastik yapısını oluşturmada ve glutenin özelliklerini taklit etmek için kullanılmaktadır. XG, GG ve κ-KG'nin hamurun yapısal ve reolojik özellikleri üzerine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada ise, genel olarak gamların ilave edilmesiyle su absorpsiyonu, hamur gelişme süresi, yoğurma tolerans indeksi, dayanıklılık, uzama kabiliyeti, jelatinizasyon sıcaklığı, viskozite ve hamurun mikro yapısı gibi özellikler artmıştır [39]. Raina

vd. [40] yaptığı çalışmada da pirinç unundan yapılan glutensiz makarnaya GG eklenmesinin makarnada sertliği arttırdığını bulmuşlardır. Diğer taraftan, makarna yapısının geliştirilmesi ve besinsel değerinin artırılması için protein eklemesi de yapılmaktadır. Örneğin, sadece yumurta proteininin eklenmesi jelleşme, köpürme ve emülsifiye edici özellikleriyle pişme kaybını azaltmış, elastik ve sert makarna yapısı oluşturarak pişme kalitesine pozitif etki sağlamıştır [41, 42]. Ayrıca, protein ile hidrokoloidlerin hidrofilik komponentleri etkileşim halinde olarak, makarnanın yapısının geliştirilmesine destek vermiştir [40]. Kazein, sütte bulunan ve birçok gıdada (örn. Erişte, çikolata, şekerleme, mayonez, dondurma) bağımsız olarak bağlayıcı bir ajan olarak kullanılan bir proteindir. Jelatinleştirilmiş nişastaların bağlayıcı kuvvetini arttıran yağlı asit mono- ve digliseritler gibi emülsiyonlaştırıcılar da kullanılmaktadır. Emülsiyonlaştırıcı (emülgatör) mono- ve digliseritler hem polar hem de apolar bağ içermeleri nedeniyle, suda ve yağda çözünen yüzey aktif maddelerdir. Pirinç ürünlerinin işlenmesini ve/veya kalitesini geliştirmek için kullanılan katkı maddelerinden biri, emülsiyonlaştırıcıdır. Emülsiyonlaştırıcıların yağlı yapısı, onların ekstrüzyon işleminde bir yağlama maddesi gibi hareket etmelerini sağlamakta, yıpranma ve aşınması azalmakta, böylece üretim kolaylaşmaktadır. Ayrıca makarna üretiminde bazı emülsiyonlaştırıcılar, daha sert yapı, daha az yapışkan yüzey ve daha iyi nişasta tutunum özelliği sağlamaktadır. Pirinç makarnasında yapılan çalışmada, az miktarda kullanılan GMS'nin amiloz ile oluşturduğu yapının, pişirme kaybında azalmayı ve pişmiş makarnada ağırlık artışını desteklediği bulunmuştur [24].

Makarna yapısının istenilen formda olması için, kullanılan içerikler kadar etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu sürecin takibinde reolojik çalışmalar yapmakta olup, üretimde her aşamanın değerlendirilebilmesinde destek sağlamaktadır. Reoloji, ürünlerin işlenebilirliğini, işleme koşullarını ve kalitesini etkilediği için çeşitli gıdaların üretiminde büyük önem taşımaktadır. Gıda malzemelerinin viskoelastisitesini incelemek için dinamik salınım ölçümleri, sürünme testi, stres gevşemesi gibi farklı yöntemler kullanılmıştır [43]. Yani, makarna hamurunun reolojik karakterizasyonu, içinde kullanılan malzemelerin seçiminde, ürününün optimize edilmesi, dizaynı ve geliştirilmesinde faydalı olmaktadır. Örneğin, pirinç hamuruna, YA (%0.25) ve KZN (%0.25) ilavesiyle, yapının incelenmesi sürecinde reolojik çalışmalardan faydalanıldığı belirtilmiştir [9]. Çalışma, glutensiz makarna üretim yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla planlanmıştır. Bu süreçte hamurun yapısında viskoelastik özelliğin kazanımını sağlamak ve ürünün pişirme sırasında dağılmasını önlemek temel amaçlardandır. Bu nedenle, pirinç bazlı karışımlara proteinler, gamlar ve emülgatör eklenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Pirinç irmikleri Beslen Makarna Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Gaziantep, Türkiye) tarafından sağlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan ksantan gam (XG), keçiboynuzu

gamı (KBG), guar gam (GG), karagenan gam (KG), karboksimetil selüloz (KMS) gamı, kazein (KZN) ve yumurta akı (YA) proteinleri ile gliserin monostearat (GMS) emülgatörü Sigma ve Merck firmalarından temin edilmiştir.

Metot

Pirinç İrmigi

Nem ve Protein İçeriği

Yaklaşık 2 g pişmemiş pirinç irmiği öğütülerek 2 saat 105°C'lik etüvde kurutulularak nem içeriği hesaplanmıştır [44]. Pirinç irmiğinin protein içeriği ise standart Kjehldahl metoduyla bulunmuştur [45]. Kuru madde miktarı üzerinden yüzde protein miktarı hesaplanmıştır.

Jelatinizasyon

İrmik örnekleri %40 neme ulaşınca kadar hamur mikserinde (Model 5KSM150PS, KitchenAid, Brüksel, Belçika) üzerine sıcak su püskürtülerek karıştırılmıştır. %40 nemlendirilen örnekler; (i) etüv (Nüve, Nel Elektronik A.Ş., Ankara, Türkiye) içerisinde, 80°C etüv sıcaklığında ve beherlere su konularak nem sağlanması suretiyle, (ii) etüv içerisinde sürekli buhar (80°C) üretici cihaz (rapid vaporizatör, SUTAŞ Makine San. ve Tic. Ltd. Şti.) kullanılarak, (iii) mikrodalga fırın (MD 584, Arçelik A.Ş., İstanbul, Türkiye) içerisinde 360 W güç seçilerek ve beherlere su konularak nem sağlanması suretiyle ve (iv) otoklav (Taşınabilir, Dixons Surgical Instruments, Londra, Birleşik Krallık) kullanılarak 110°C'de jelatinizasyon işlemleri yapılmıştır.

Jelatinize Pirinç İrmिğinin Termal Analizi

Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DTK) ölçümleri için JP ve P irmik örnekleri öğütülüp, 0.25 mm elekten geçirildikten sonra kullanılmıştır. Örneklerin nem miktarına Kızılötesi Kurutucuda (Sartorius Thermo-Control YTC, Göttingen, Almanya) bakılmıştır. Öğütülmüş numunelerden yaklaşık 10 mg DTK kaplarına tartılmış ve 1:3 oranında saf su eklenmiştir. Kaplar kapatıldıktan sonra 4°C buzdolabında bir gece bekletilmiştir. Perkin Elmer DTK 6 (Perkin Elmer Inc., Wellesley, ABD) indiyum ile kalibre ettikten sonra ölçümler yapılmıştır. Boş kap şahit olarak kullanılmıştır. Numuneler, 5°C/dk'lık ısı artırımıyla 20°C'den 140°C'ye kadar ısıtılmıştır. Isının homojen bir şekilde yayılması için azot gazı (40 ml/dk) kullanılmıştır. T_o, T_p ve T_e sıcaklıkları yazılım programıyla belirlenmiştir. Erime aralıkları (ΔT_r = T_e - T_o) hesaplanmıştır. %Jelatinizasyon derecesi Denklem 1 ile hesaplanmıştır [46]:

$$\% \text{Jelatinizasyon derecesi} = (1 - (\Delta H_t / \Delta H_s)) * 100 \quad (1)$$

T_e Bitiş sıcaklığı; T_o Başlangıç sıcaklığı; T_p Tepe sıcaklığı; T_r Erime aralığı; ΔH_s İşlenmemiş irmiğın jelatinizasyon entalpisi (J/g); ΔH_t Farklı jelatinizasyon zamanlarında irmiğın entalpisi (J/g)

Jelatinize İrmik, Gam, Protein ve Emülgatör Karışımlarının Hazırlanması

Tablo 1'de hazırlanan hamur karışımlarına eklenen gam, protein ve emülgatörün miktarları gösterilmiştir. Gam-protein karışımlarının etkisi için ise %1 gam + %1 protein (g/g) olacak oranda örneklere eklenmiştir.

Çalışmalarda XG, KBG, GG, KG ve KMS gamları ve protein olarak ise KZN ve YA kullanılmıştır. Protein ve gamlar su içerisine eklenmiştir, 50°C sabit sıcaklıkta 5 dakika sürekli karıştırılarak JP irmiklerine eklenip, hamur örnekleri hazırlanmıştır. Çalışmalar sonucunda seçilen karışımlara %1 (g/g) GMS eklenmiştir.

Tablo 1. Yüzde 60, 80 ve 100 JPLerin gam, protein ve emülgatörler ile karışım oranları (%)

Jelatinizasyon Derecesi (%)	Gam				Protein		Emülgatör		
	GG	KBG	KG	KMS	XG	KZN	YA	GMS	
60	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	-	-	-	-	-	-	
	-	2	-	-	-	-	-	-	
	-	-	2	-	-	-	-	-	
	-	-	-	2	-	-	-	-	
	-	-	-	-	2	-	-	-	
	-	-	-	-	-	2	-	-	
	-	-	-	-	-	-	2	-	
	1	-	-	-	-	1	1	-	
	-	1	-	-	-	1	-	-	
	-	-	1	-	-	1	-	-	
	-	-	-	1	-	1	-	-	
	-	-	-	-	1	-	1	-	
	-	-	-	-	-	1	1	1	
1	-	-	-	-	-	1	1		
80	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	2	-	-	-	-	-	-	
	-	-	2	-	-	-	-	-	
	-	-	-	2	-	-	-	-	
	-	-	-	-	2	-	-	-	
	-	-	-	-	-	2	-	-	
	-	1	-	-	-	1	-	-	
	-	-	1	-	-	1	-	-	
	-	-	-	1	-	1	-	-	
	-	-	-	-	1	1	-	-	
	-	-	-	1	-	1	-	1	
	-	-	-	-	1	1	-	1	
	100	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	2	-	-	-	-	-	-
-		-	2	-	-	-	-	-	
-		-	-	2	-	-	-	-	
-		-	-	-	2	-	-	-	
-		-	-	-	-	2	-	-	
-		1	-	-	-	1	-	-	
-		-	1	-	-	1	-	-	
-		-	-	1	-	1	-	-	
-		-	-	-	1	1	-	-	
-		-	-	1	-	1	-	1	
-		-	-	-	1	1	-	1	

JP: Jelatinize Pirinç, XG: ksantan gamı, KBG: keçiyoynuzu gamı, GG: guar gamı, KG: karagenan gamı, KMS: karboksimetil selüloz gamı, KZN: kazein, YA: yumurta akı, GMS: gliserin monostearat

Hamur Karışımları Hazırlama

Ölçümler için JP ve jelatinize edilmemiş pirinç (P) irmikleri kullanılmıştır. Tüm numuneler öğütülerek 425 mikronluk eleklerden geçirilmiştir. Planlanan karışımlara, %40 (g su / g toplam madde) su eklenmiştir. Karışımlar

2 dakika elde yoğrulduktan sonra laboratuvar tipi (Marcato, İtalya) erişte makinesinden geçirilerek (7 birim aralıkla başlanıp, 2 birime kadar ikişer kez hamur yoğurma kısmından geçirilmiştir) yaklaşık 2-3 mm kalınlığında hamur tabakaları reometre, DMA, tekstür ve renk ölçümleri için hazırlanmıştır.

Jelatinize Pirinç Hamurlarının Analizleri

Renk Ölçümleri

Hamur örneklerinin renk değerleri HunterLAB ColorFlex (Model A60- 1010-615, Hunter Associates Lab. Inc. Reston VA, ABD) spektrokolorimetre ile ölçülmüştür ve sonuçlar CIE 1976 L*a*b* renk biriminde gösterilmiştir. Hunter Lab renk skalasına göre L = 0 (siyah), L = 100 (beyaz), L*Parlaklık; -a (yeşillik), +a (kırmızılık), a* Kırmızılık; -b (mavilik), +b (sarılık), b*Sarılık, Sarılık İndeksi (SI) değerleri ölçülmüş ve toplam renk farklılığı (ΔE^*) ise hesaplanmıştır.

Reometre Ölçümleri

Sürünme-geri kazanım ölçümleri TCP/peltier ısıtmalı ve sıcaklık kontrollü (DC10) reometre (RheoStress1-Haake GmbH, Karlsruhe, Almanya) ve 35 mm çapında paralel-plaka sensör kullanılarak yapılmıştır. Sürünme-geri kazanım testlerinde hamur örnekleri 25°C sabit sıcaklıkta, 2 mm paralel plakalar aralığında, nem kaybını engellemek amacıyla havaya açık kısımları yağla kaplanarak 4 dakika dengeye gelmesi için bekletilmiştir. Sürünme testinde 750 Pa'lık ani bir gerilim uygulanmıştır ve sürünme deformasyonu için 4 dakika sabit tutulmuştur. Geri kazanım kısmında ise, gerilim 0 Pa'ya azaltılarak hamur 4 dakika süresince geri kazanıma bırakılmıştır.

Dinamik Mekanik Analiz Ölçümleri

Viskoelastik testler statik ve dinamik metotlarla DMA (Pyris-Diamond, PerkinElmer, ABD) ile yapılmıştır. Yaklaşık 6 mm çapında ve 2-3 mm kalınlığında kesilen hamur örnekleri kurumayı önlemek amacıyla ince filmle kaplanarak, paralel plaka sıkıştırma test aparatının alt kısmına yerleştirilmiştir. Testler 25°C'de ikişer kez tekrarlanarak ortalama değerler gösterilmiştir. Hazırlanan hamur numuneleri paralel plakalar arasına yerleştirilmiştir. Salınım testi için 50 mN ve 0.1, 0.2, 0.5, 1 ve 2 Hz frekanslar uygulanarak dinamik testler yapılmıştır. Test sırasında elastik-depolama (E'), viskoz-kayıp (E''), kompleks (E*) modülleri ve faz açısı ($\tan\delta$) değerleri kaydedilmiştir. Sonuçlar modül ve faz açısı değerlerinin frekansa karşı değerleriyle gösterilmiştir.

Tekstür Ölçümleri

Sürünme-geri kazanım ölçümleri, tekstür cihazıyla (TA-Xt2i Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, Birleşik Krallık) yapılmıştır. Yaklaşık 6 mm çapında ve 2-3 mm kalınlığında kesilen hamur örnekleri kurumayı önlemek amacıyla ince filmle kaplanmıştır ve tekstür cihazının alt kısmına yerleştirilmiştir. Sürünme testinde 25 mm silindir (P/25 alüminyum) uç ile 2 N'luk ani bir kuvvet uygulanmıştır ve sürünme deformasyonu için 4 dakika sabit tutulmuştur. Testler 25°C'de ikişer kez tekrarlanarak ortalama değerler gösterilmiştir.

Makarna Üretimi

Reolojik ölçümler sonucunda deformasyonu az olan hamur örnekleri, tek vidalı ekstruder (PolyDrive, Haake GmbH, Karlsruhe, Almanya) ile vakum uygulanarak makarna üretiminde kullanılmıştır.

Makarna Analizleri

Pişirme Kaybı

Pişirme kaybı, pişirme sırasında makarnada suyuna geçen toplam katı madde miktarıdır. Makarna pişirildikten sonra kalan pişirme suyundan alınan örnek 105°C etüvde 2 saat kurutularak, % pişirme kaybı hesaplanmıştır.

Tekstür Profil Analizi (TPA)

Tekstür profil analizleri, reolojik ölçümler sonucunda seçilen karışımların ekstruderde üretilerek kurutulan örneklerin pişme özelliklerinin belirlenmesi için uygulanmıştır. Örneklerde HDP/PFS ucu ile çift basamaklı sıkıştırma analizi yapılmıştır. Prob hızı, test öncesi 3 mm/s, test sırasında ve sonrasında ise 1 mm/s olarak uygulanmıştır. Elde edilen kuvvet-zaman grafiklerinden sertlik, kohezyon, esneklik, yapışkanlık, çignenebilirlik ve geri kazanım değerleri bulunmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Glutensiz makarna karışımları, pirinç irmikleri üzerine yapılan çalışmaları içermektedir. Tablo 2'de pirinç irmiklerinin başlangıç kalite değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Pirinç irmik örneğinin başlangıç kalite değerleri

Parametre	Değer
Nem (%)	13.0
Protein (%)	7.0
Karbonhidrat (%)	79
Yağ (%)	0.6
Renk	
L*	86.6
a*	-0.6
b*	10.5
SI	19.6

Termal Analiz

Nişasta jelatinizasyonu ve erimesi gıda malzemeleri için hem doksusal hem de yapısal özellikler açısından önemlidir. Makarnanın pişme ve ekstrüzyonunun optimizasyonu için nişasta jelatinizasyonunun kinetiği bilinmelidir [47]. Nişasta, irmiğin temel bileşenlerinden birisi olup; pişmiş makarnada sertlik kısmen de olsa jelatinize olmuş nişasta özelliklerinden etkilenmektedir [48]. Jelatinizasyon sıcaklığı, nişasta tipi ve nişastanın amorf kısmının camsı hale geçiş özelliklerine bağlıdır [49]. Tablo 3'te farklı metotlarla jelatinize edilmiş pirinç irmiğinin ortalama DTK jelatinizasyon değerleri gösterilmiştir.

Tablo 3. Jelatinize edilmiş pirinç irmiğinin termal özellikleri

Metot	Zaman	T _o (°C)	T _p (°C)	T _e (°C)	ΔT _r (°C)	ΔH (J/g)	Jelatinizasyon (%)
İşlenmemiş	-	63.83	70.01	76.16	12.33	8.15	-
Etüv-80°C	1 saat	64.09	70.42	75.91	11.82	7.13	10.88
Etüv Buhar-80°C	1 saat	71.54	75.35	82.73	11.19	5.90	26.25
	2 saat	71.92	76.43	83.64	11.72	5.51	31.13
	3 saat	72.96	76.67	83.02	10.06	4.21	47.38
	5 saat	74.37	77.83	84.80	10.43	3.97	50.38
Otoklav-110°C, %40 nem	1 saat	-	-	-	-	0	100
Mikrodalga %40 nem	5 dk.	65.89	71.99	78.86	12.97	6.48	19

Kullanılan farklı metotlar incelendiğinde tepe sıcaklıkları ve jelatinizasyon sıcaklığı aralığında bazı farklılıklar görülmektedir. Kısmi jelatinizasyon, kullanılacak irmiklerin hamur hazırlama esnasında su tutma kapasitelerinin artmasını sağlamak ve hamur yapışkanlığını azaltmak amacıyla yapılır. Ayrıca jelatinizasyonu, ekstrüzyon sonrası çıkan ürünün hızlı kurumasını engellemektedir. Jelatinizasyon farklı metotlar kullanılarak yapılabilmektedir. İşlenmemiş tahıl ürünleri sıcak suda veya basınçlı kaplarda ısıtılarak jelatinize edilirler. İrmik olarak işlenmiş tahıl ürünlerinin ise, önceden nemlendirilerek kapalı kaplarda sıcak buharın etkisiyle, mikrodalga ve ekstruder kullanılarak jelatinize edilmeleri mümkündür. Deneme çalışmalarında irmiklerin kısmi jelatinizasyonu için otoklav metodunun daha uygun olduğu bulunmuştur. Otoklavda jelatinize yöntemi zaman ve enerji kullanımını azaltmasından dolayı tercih edilmiştir.

Reolojik Ölçümler ve Renk Analizi

Jelatinize Pirinç Karışımları

Hamur karışımlarına uygulanan gerilim doğrusal viskoelastik bölgede seçilerek belirlenmiştir. DMA ölçümlerinde elde edilen sürünme-geri kazanım eğrileri glutensiz hamur karışımları elastik ve viskoz özelliğe sahip tipik bir viskoelastik davranışı göstermiştir [50]. Buğday hamuru ile yapılan ölçümlerde benzer sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda da görülmüştür [51, 52]. Ölçümlere öncelikle katkısız pirinç örnekleriyle başlanarak %100, 80 ve 60 jelatinize hamurların viskoelastik davranışları belirlenmiştir. %60 jelatinize derecesinin altında, pirinç örneklerinin hamur tutma özelliğinin olmaması nedeniyle, çalışmalara seçilen bu üç jelatinize derecesi ile devam edilmiştir. DMA ölçümleri sonucunda bulunan gerilim değerleri, denklem (2) kullanılarak sürünüm kompians değerleri olarak düzenlenip Şekil 1'de gösterilmiştir. Kompians değerleri 4 elemanlı Burgers denklemi ile modellenerek, bulunan parametreler Tablo 4'te verilmiştir. Sabit gerilim altında malzemelerin sürünme davranışı Denklem 2 ile incelenmiştir:

$$J = f(t) = J_0 + J_1(1 - \exp(-t/\lambda_{ret})) + (t / \mu_0) \quad (2)$$

J Sürünme kompiansı; J₀ Ani kompians; J₁ Gecikmiş elastik kompians; λ_{ret} Kelvin geciktirme zamanı

μ₀ Serbest deşpotun Newtonian viskozitesi; t Zaman (s)

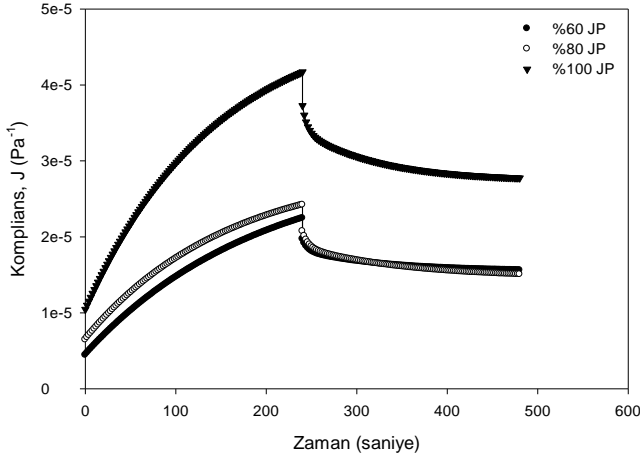
Sürünme ve geri kazanım test sonuçlarından malzemenin deformasyon miktarı veya önceki yapısını ne kadar koruduğu (enerji geri kazanımı) Denklem 3 ile bulunabilmektedir.

$$\% \text{ Geri kazanım} = [(J_M - J_R)/J_M]100 \quad (3)$$

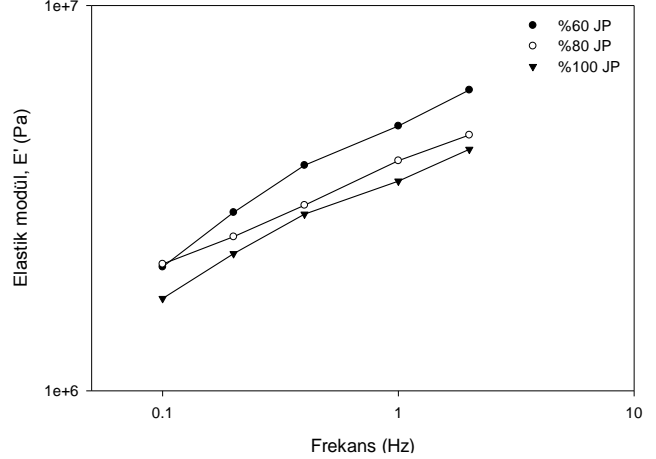
J_M Maksimum sürünme kompians değeri; J_R Minimum geri kazanım kompians değeri

Şekil 1'de farklı jelatinize derecelerine sahip katkısız pirinç hamurlarının sürünüm-geri kazanım kompians değerlerinin zamanla değişimi görülmüştür. Jelatinizasyon derecesinin artması ile hamurlar daha viskoz yapıda, esnek ve kolay deforme olabilmektedir. %60 ve 80 JPden yapılan hamurlar daha elastik bir davranışa sahiptir. Tablo 4'te ani kompians (J₀) değerleri incelendiğinde %60 JPde düşük bir kompians değeri, %80 JPde ise, bu değer daha yüksek görülmüştür. Ancak, %80 JPnin viskozite ve geri kazanım değerlerine bakıldığında daha iyi bir elastik davranış gösterdiği bulunmuştur. Geciktirme zamanı (λ) bunu doğrulamıştır [50]. Lineer elastik davranış gösteren malzemelerde λ değeri sıfıra yaklaşmıştır ve %80 JP hamurunun λ değeri diğer hamur örneklerinden düşüktür. Geciktirme zamanının artması, malzeme karışımlarında bulunan viskoz özellik veren kısımların artması ile açıklanabilmektedir. Hamur içerisinde viskoz davranışı arttıran (nişasta) kısımların fazlalığı, geciktirme zamanını uzatmaktadır. %100 JPden yapılan hamur süngerimsi bir yapıya sahip olduğundan daha fazla deforme olmaktadır. Şekil 1'de, %100 JPnin maksimum sürünme kompians değerinin (sürünme eğrisi tepe noktası) diğer hamur örneklerinden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, %100 JP hamurunun daha yumuşak ve kolay deforme olduğunun göstergesidir.

Şekil 2'de DMA dinamik salınım ölçümlerinden elde edilen elastik modül (E') değerlerinin frekansla değişimi verilmektedir. %60 JPnin elastik modül değeri diğer JPlerden yüksektir. Hamur karışımlarının DMA sonuçlarından bulunan viskoz modül (E'') değerleri çalışılan frekanslarda elastik modül değerlerinden düşüktür. Benzer gözlemler birçok dinamik reolojik çalışmalarında rapor edilmiştir [53, 54].



Şekil 1. Yüzde 60, 80 ve 100 JPlerin zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)

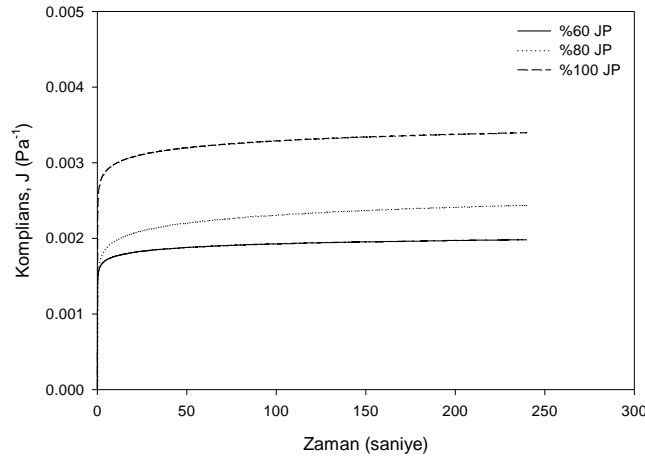


Şekil 2. Yüzde 60, 80 ve 100 JPlerin elastik modül değerlerinin frekansla değişimi (25°C)

Yüzde 60 JPnin sürünme komplians değeri diğer %80 ve %100 değerleriyle karşılaştırıldığında, elastik modül değerinin yüksek olması tekstür analiz ile yapılan sürünme komplians değerleriyle de doğrulanmaktadır (Şekil 3). Enerji sarfiyatını azaltmak ve uygun formülasyonlu hamur karışımını hazırlamak için eklenen hidrokolloid, süt proteini ve monogliserid etkisini daha iyi görebilmek için, elastik modül değeri yüksek olan %60 JP üzerine yoğunlaştırılmıştır [26, 27].

Tablo 4'te jelatinizasyon derecesinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisinde %80 JP değeri en yüksek geri kazanım göstermiştir.

Tablo 5'te jelatinizasyonun pirinç irmiklerinin renk değeri üzerine etkisi gösterilmiştir. %100 JPde L* (beyaz) değeri azalmakta ve b* (sarı) değeri artmaktadır.



Şekil 3. Yüzde 60, 80 ve 100 JPlerin zamana göre sürünme komplians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 4. Jelatinizasyon derecesinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Jelatinize pirinç	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%60 JP	3.15	6.74	41.59	1.88	34.80	0.999
%80 JP	5.29	6.99	37.04	1.91	37.19	0.998
%100 JP	8.89	15.82	50.95	1.38	34.17	0.996

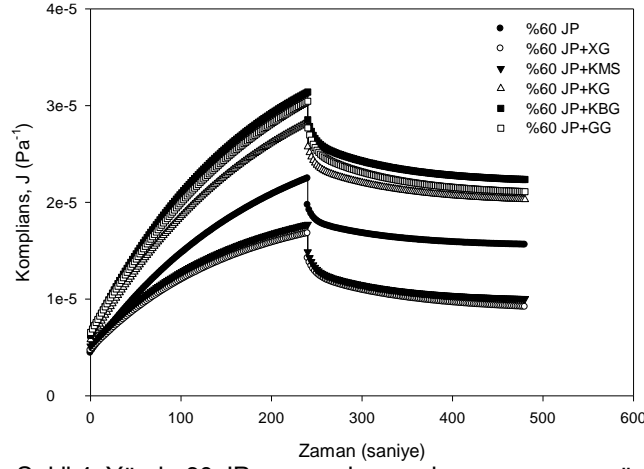
Tablo 5. Jelatinizasyon derecesinin renk değerleri üzerine etkisi

Jelatinize pirinç	L*	a*	b*	Si
Pirinç	85.67	-0.67	12.24	22.80
%60 JP	75.03	-0.88	12.38	25.32
%80 JP	71.63	-0.11	14.16	30.57
%100 JP	69.52	0.72	17.25	38.13

Yüzde 60 Jelatinize Pirinç

Yüzde 60 JP irmiğine %2 oranında gamlar ve proteinler ayrı ayrı eklenerek sürünme-geri kazanım davranışı

ölçülmüştür. Sürünme-geri kazanım kompians grafiklerine katkısız %60 JPnin sonucu eklenerek ilave edilen gamların ve proteinlerin etkileri karşılaştırılmıştır. Şekil 4 gamların etkisini göstermektedir.



Şekil 4. Yüzde 60 JP ve gam karışımlarının zamana göre kompians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 6'da 4 elemanlı Burgers model parametreleri verilmiştir. Sonuçlara göre, XG ve KMS eklendiğinde ani sürünme kompians değerleri azalmış ve hamur karışımı daha elastik bir yapı kazanmıştır. Viskozite ve λ değerleri de bu sonuçları doğrulamıştır. Buğday unundan yapılan hamurlara ağ yapısı veren ve hamura direnç sağlayan glutenin yerine, XG ve KMS, glutensiz pirinç hamuruna bu ağ yapısını kovalent olmayan bağlarla sağlamakta ve moleküller arası birleşimle polimerik bir özellik vermektedir. XGde bulunan ve molekülün yaklaşık %60'lık kısmını oluşturan yan zincirler, glutensiz hamura eklendiğinde, çapraz bağ ve karmaşık bir yapı kazandırabilmektedir [25]. Tablo 6'da verildiği üzere, geri kazanım yüzdesi bu iki gam eklendiğinde daha yüksek olmuştur. XG ve KMSnin,

nişasta karışımlarında kullanıldığında viskoziteyi artırdığı bulunmuştur [55]. KMSnin negatif yük taşımamasının sonucu olarak, su protonları (H^+) ve amiloz zincirleri bağlantı oluşturup karışımı kararlı yapıda tutmakta ve böylece KMS eklenen hamur karışımında viskozite artmıştır [56]. Eklenen gamlar arasında KG en yüksek ani ve maksimum kompians değerine sahiptir. KBG ve GG karışımları eklenildiğinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. KG, KBG ve GG, %60 JP hamurunun viskoelastik yapısını daha çok viskoz yöne kaydırmıştır. Bu sonuç, elastik özelliği yüksek olan %60 JPye daha az elastik özellikte bir gamın eklenmesiyle sistemin elastik davranışında meydana gelen azalmayla açıklanabilir. Düşük sıcaklıklarda nişasta ve KG ile hazırlanan jellerde de benzer sonuçlar görülmüştür [57].

Tablo 6. Gamların %60 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%60 JP	3.15	6.74	41.59	1.88	34.80	0.999
%60 JP+XG	2.75	4.80	37.38	2.48	45.30	0.999
%60 JP+KMS	3.19	6.29	29.05	2.38	43.25	0.989
%60 JP+KG	5.81	6.65	51.40	1.44	29.30	0.998
%60 JP+KBG	5.60	11.20	60.96	1.59	28.23	0.999
%60 JP+GG	5.53	8.51	48.10	1.43	30.72	0.995

Burgers model parametreleri, % geri kazanım ve kompians grafikleri incelendiğinde, eklenen gamların %60 JP hamuruna etkisi XG>KMS>GG>KBG>KG

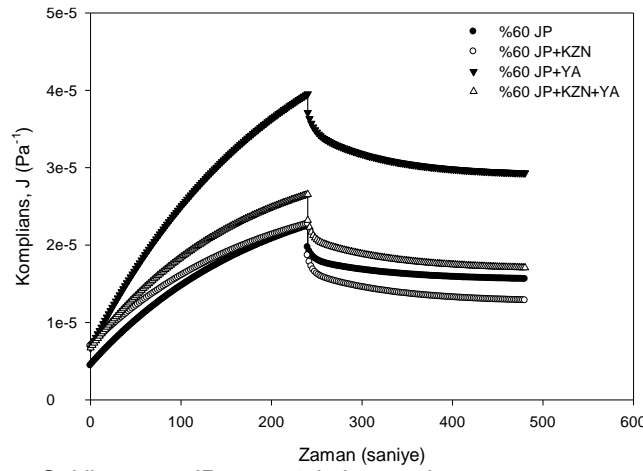
düzeninde olmuştur. XG, KMS ve KGlerin %60 JP hamur karışımlarının renk değeri üzerine etkisi olumlu yönde olmuştur ve L* değerleri artmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Gamların %60 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	SI
%60 JP	75.03	-0.88	12.38	25.32
%60 JP+XG	77.42	-0.46	12.92	26.20
%60 JP+KMS	80.19	-0.50	13.28	26.12
%60 JP+KG	76.71	-0.78	13.33	26.80
%60 JP+KBG	74.25	-0.59	13.51	28.00
%60 JP+GG	71.74	0.57	17.36	37.31

Tahıl ürünlerinde yapıyı koruyan ve elastik özelliği veren kompozisyon gluten proteindir. Nişasta ise, daha çok viskoz özelliğe karşılık gelmektedir. Glutensiz bir undan hamur yapılması kolay değildir. Öncelikle, nişasta jelatinize edilerek su tutma kapasitesi artırılmalı ve moleküller uzun zincirli bir polimer haline getirilmelidir. Ayrıca, glutenin yerini tutabilecek, bir ağ yapısı oluşturacak ve elastik özelliği arttıracak bir protein eklenmesi gerekmektedir. Farklı kaynaklı nişasta-protein karışımını bir arada tutacak, sistemi birbirine bağlayacak ve kararlı bir yapıda tutacak gamlara ihtiyaç duyulmaktadır. KZN, peynire bir ağ yapısı ve viskoelastik özellik kazandıran süt proteindir [58]. YA ise, birçok alanda kıvam verici ve bağlayıcı olarak kullanılan bir proteindir. Şekil 5 ve Tablo 8'de protein olarak %2 (g/g) oranında eklenen KZN ve YAnın, %60 JP hamuru üzerine etkisi komplians grafiği ve Burgers

model parametreleri ile verilmiştir. YA kullanıldığında, hamur yumuşak ve deforme edilebilir bir davranış göstermiştir. YA hamurunun viskoelastik özelliğini, viskoz davranış yönünde azaltmıştır. Viskozite değeri oldukça düşmüş ve hamurun % geri kazanım değeri azalmıştır. Jel yapılarıyla ilgili benzer çalışmalarda peynir altı suyu proteini yerine eklenen YAnın yapıyı zayıflattığı bilinmektedir [59]. Hamura KZN eklendiğinde, viskozite değeri çok az artış göstermesine rağmen, % geri kazanımda önemli bir artış olmuştur. KZNin etkisi, hamura esnek ve elastik bir özellik vermesi ile açıklanabilmektedir [60]. KZN ve YA (her biri %1 g/g) karışım olarak kullanıldığında, YA beklenildiği üzere viskozite ve % geri kazanım değerini azda olsa düşürmektedir. Yüzde 60 JP hamur sonuçları ile karşılaştırıldığında ise, YA ile kullanıldığında KZNin elastik etkisi biraz azalmıştır.



Şekil 5. %60 JP ve protein karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 8. Proteinlerin %60 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%60 JP	3.15	6.74	41.59	1.88	34.80	0.999
%60 JP+KZN	5.86	5.32	33.53	1.98	42.95	0.999
%60 JP+YA	6.69	11.24	67.42	1.08	26.28	0.999
%60 JP+KZN+YA	5.82	8.11	48.38	1.82	38.52	0.999

Tablo 9'da verilen renk değerleri incelendiğinde, KZNin L* değerini biraz arttırdığı ve YAnın ise azalttığı görülmüştür. YA kompozisyonunda azda olsa karbonhidratların özellikle glukozun bulunduğu

bilinmektedir [61]. L* değerinin azalması ve b* değerinin sarılığını koyulaştıracak yönde artması, glukozun karışım hazırlanırken oksidasyonundan kaynaklanmıştır.

Tablo 9. Proteinlerin %60 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	SI
%60 JP	75.03	-0.88	12.38	25.32
%60 JP+KZN	76.19	-0.84	12.88	26.02
%60 JP+YA	74.24	-0.81	14.06	28.84
%60 JP+KZN+YA	73.67	-0.97	13.01	26.79

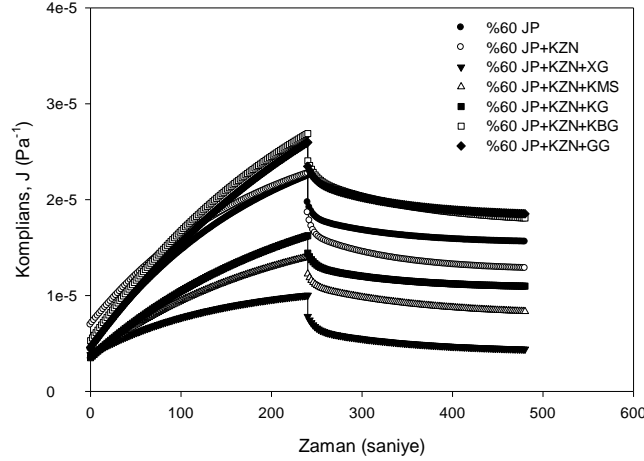
Şekil 6 ve Tablo 10'da KZN ve gam karışımları (her biri %1 g/g) beraber %60 JP hamuruna eklendiğinde viskoelastik özelliklerde meydana gelen değişimler verilmiştir. Şekil 4'te sadece gamlar kullanıldığında alınan ölçüm sonuçlarına benzer bir diziliş, Şekil 6'da da elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, KZNin etkisi ile viskozite

ve geri kazanım değerlerinin arttığı bulunmuştur. KZN ve KG beraber eklendiğinde, %60 JP hamurundan daha iyi elastik yapı gözlenmiştir. Pozitif yüklü KZN molekülleri ile negatif yüklü KG daha kararlı bir yapı meydana getirmiştir [62]. Anyonik gamlar (KG ve KMS), KZN yüzeyindeki pozitif yüklerle bağ oluşturup karışımın

viskozitesini arttırmış, yüksüz gamların (XG, GG ve KBG) ise bu mekanizması henüz tam olarak açıklanamamıştır [63, 64].

En iyi sonuç, KZN ve XG, JP hamuruna eklendiğinde alınmıştır. XG-niştasta etkileşiminin fazla olması ve XGnin kıvam arttırıcı özelliğinin yüksek olması, XG-KZN etkileşiminden daha önemli bulunmuştur. Viskozite değeri büyük bir artış göstermiş ve % geri kazanım

önemli oranda artmıştır. Karışımında kullanılan XG önemli bir kıvam arttırıcıdır, KZN ise, karışımı bir arada tutan ve elastik özelliği iyi duruma getiren bir protein olması nedeniyle, glutensiz bir tahıl ürünü formülasyonunda beraber kullanılması son ürün özellikleri açısından olumlu bulunmuştur. Gam ve proteinlerin beraber kullanıldıklarında renk değerleri üzerine önemli bir etkileri olmamıştır (Tablo 11).



Şekil 6. %60 JP, KZN ve gam karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 10. KZN ve gam karışımlarının %60 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%60 JP	3.15	6.74	41.59	1.88	34.80	0.999
%60 JP+KZN	5.86	5.32	33.53	1.98	42.95	0.999
%60 JP+KZN+XG	3.17	3.02	35.67	5.94	54.79	0.998
%60 JP+KZN+KMS	3.77	2.05	20.53	2.85	38.74	0.998
%60 JP+KZN+KG	2.96	3.82	43.91	2.45	34.13	0.999
%60 JP+KZN+KBG	4.67	7.54	63.34	1.63	30.93	0.998
%60 JP+KZN+GG	4.59	5.28	69.37	1.46	27.28	0.999

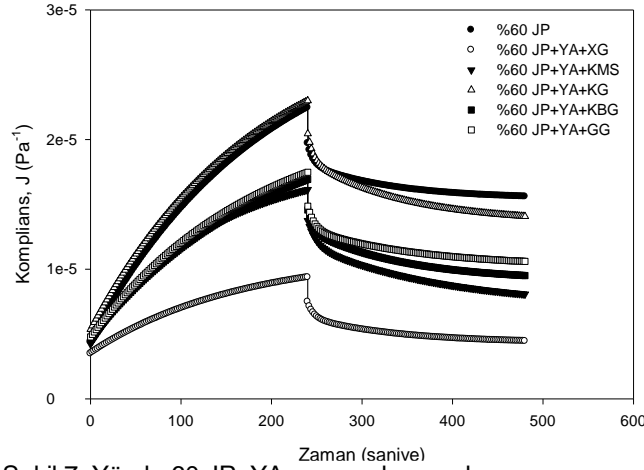
Tablo 11. KZN ve gam karışımlarının %60 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	SI
%60 JP	75.03	-0.88	12.38	25.32
%60 JP+KZN	76.19	-0.84	12.88	26.02
%60 JP+KZN+XG	78.37	-0.58	13.04	26.06
%60 JP+KZN+KMS	76.52	-0.48	13.18	26.89
%60 JP+KZN+KG	76.24	-0.48	13.87	28.25
%60 JP+KZN+KBG	74.46	-0.43	12.98	27.09
%60 JP+KZN+GG	76.16	-0.72	13.04	26.47

Çalışmalarda kullanılan YA ve gamların hamur karışımlarına olan etkileri Şekil 7'de ve Burgers model sonuçları Tablo 12'de gösterilmiştir. YAnın etkisi hemen hemen kullanılan bütün gamlarda önemli olmuştur. YA bir dolgu maddesi olarak gıda formülasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır [65]. Çalışmalarda, YAnın gam ve niştasta karışımlarında kullanılmasıyla, sisteme bir elastik yapı kazandırdığı görülmüştür. Yumurta

karışımli bir ürün elde edilmesi sonucunda, ürünün pişirilme sırasında dolgu olarak bulunan YA proteinlerinin denatürasyonu ile ürünün dağılmadan yapısını koruyacağı beklenmektedir.

YA ve gam karışımlarının L* değerleri, YA'nın etkisi ile azalma göstermiştir (Tablo 13).



Şekil 7. Yüzde 60 JP, YA ve gam karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 12. YA ve gam karışımlarının %60 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%60 JP	3.15	6.74	41.59	1.88	34.80	0.999
%60 JP+YA	6.69	11.24	67.42	1.08	26.28	0.999
%60 JP+YA+XG	3.14	2.27	39.27	5.77	54.29	0.999
%60 JP+YA+KMS	3.25	6.52	44.54	3.63	49.19	0.999
%60 JP+YA+KG	4.62	6.75	49.29	1.98	39.48	0.999
%60 JP+YA+KBG	4.69	3.87	55.65	2.73	45.00	0.998
%60 JP+YA+GG	4.77	4.01	55.50	2.68	41.51	0.994

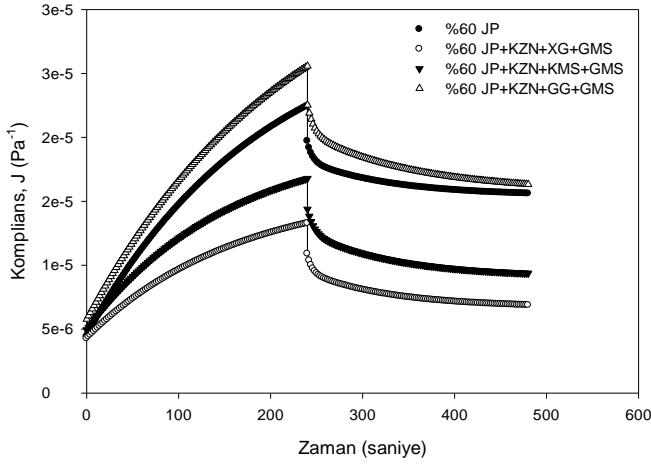
Tablo 13. YA ve gam karışımlarının %60 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	Sİ
%60 JP	75.03	-0.88	12.38	25.32
%60 JP+YA	74.24	-0.81	14.06	28.84
%60 JP+YA+XG	76.09	-0.57	13.67	27.84
%60 JP+YA+KMS	73.79	-0.77	13.95	28.79
%60 JP+YA+KG	73.63	-0.75	14.20	29.33
%60 JP+YA+KBG	73.38	-0.46	14.82	30.89
%60 JP+YA+GG	72.76	-0.70	13.66	28.58

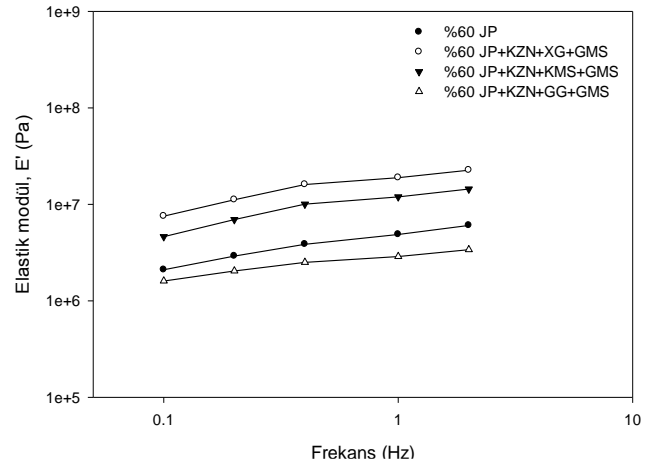
Glutensiz makarna üretiminde önemli sorunlardan biri, pişirme sırasında makarnanın dağılması ve pişirme kaybının fazla olmasıdır. Amiloz, pişirme suyuna en fazla geçen ve pişirme kaybına neden olan kısımdır. Pişirme kaybını engellemek ve daha yumuşak bir ürün elde etmek amacı ile karışımların son formülasyonlara GMS eklenmiştir (Şekil 8-10). GMS ile amiloz bir kompleks oluşturarak, amilozun su almasını geciktirmekte, ayrıca pişirme süresini uzatmaktadır [66]. GMS, yağ asitlerinin gliserin esterlerinin bir karışımı olup, hidrofilik ve hidrofobik özellikte olduğundan hem suda hem de yağda kısmen çözünmektedir. Molekülün polar kısmı sulu fazda ve apolar kısmı yağ fazında olacak şekilde, ara yüzeyde bulunmaktadır. Bu açıdan monogliseritler, ara yüzey gerilimini azaltıcı ve emülsiyonlarını kararlı hale getirici olarak hareket etmektedirler. Burada da KZN, KMS, GMS ve KZN, GG, GMS karışımlarındaki viskozitede pek fazla bir değişim gözlenmezken KZN, XG, GMS karışımında farklı olarak

viskozitesinde azalma görülmüştür. Viskoz davranışı KZN, XG, GMS ve KZN, KMS, GMS ile olan karışımlarda gecikme zamanlarındaki artışa doğru orantılı olarak artmıştır. Buna karşın, KZN, GG, GMSli karışımda bir değişiklik gözlenmemiştir. En yüksek geri kazanım sonucu, KZN, XG ve GMS JP hamurunda bulunmuştur (Tablo 14). GMSnin eklenmesi, XG-KZN etkileşimindeki geri kazanım sonucunu az da olsa düşürmüştür. Ancak, KZN, KMS, GMS ve KZN, GG, GMS değerlerinden yinede yüksek olarak bulunmuştur. Bu da XG ve KZNin, hamurun elastik özelliğini artırıcı etki gösterdiğini ve GMSnin eklenmesiyle pek fazla bu özelliğin değiştirilemediği sonucuna varılmıştır. Gam, proteinler ve yağ asitleri karışımları kullanıldıklarında renk değerleri üzerine önemli bir etkileri olmamıştır.

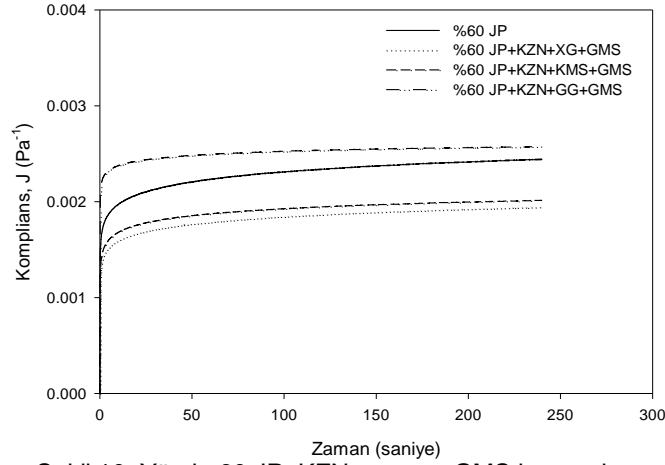
Faz açısı ($\tan\delta$) değeri (E''/E') 1'den küçüktür (sonuçlar gösterilmedi).



Şekil 8. Yüzde 60 JP, KZN, gam ve GSM karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)



Şekil 9. Yüzde 60 JP, KZN, gam ve GSM karışımlarının elastik modül değerlerinin frekansla değişimi (25°C)



Şekil 10. Yüzde 60 JP, KZN, gam ve GSM karışımlarının sürünme komplians değerlerinin zamanla değişimi (25°C)

Tablo 14. KZN, gam ve GSM karışımlarının %60 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%60 JP	3.15	6.74	41.59	1.88	34.80	0.99
%60 JP+KZN+XG+GMS	4.26	2.66	39.60	3.54	51.22	0.99
%60 JP+KZN+KMS+GMS	4.95	3.96	44.41	2.85	47.40	0.99
%60 JP+KZN+GG+GMS	5.77	6.60	66.44	1.76	38.50	0.99

Tablo 15. KZN, gam ve GSM karışımlarının %60 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	Sİ
%60 JP	75.03	-0.88	12.38	25.32
%60 JP+XG+KZN+GMS	80.66	-0.44	12.02	23.79
%60 JP+KMS+KZN+GMS	79.83	-0.44	13.21	26.14
%60 JP+GG+KZN+GMS	77.75	-0.41	13.50	27.25

Yüzde 80 ve %100 Jelatinize Pirinç

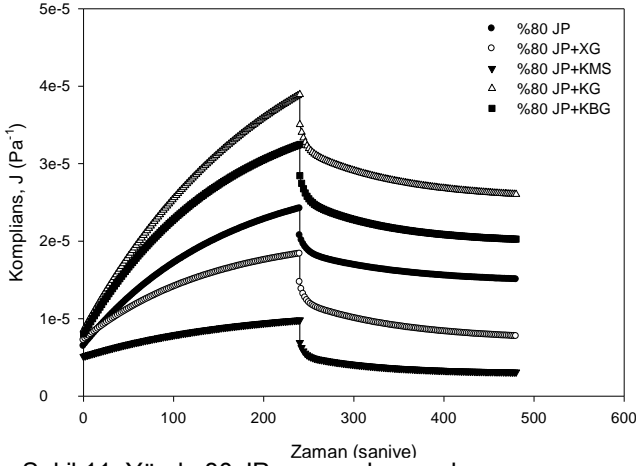
Gamların ve proteinlerin %80 ve %100 JPlerin viskoelastik özellikleri üzerine etkileri %60 JP sonuçlarına benzer bir davranıştır. Ölçümlerde, gam olarak XG, KMS ve KG, protein olarak KZN kullanılmıştır. %60 JP için yapılan çalışmalar tekrar

edilerek sonuçlar; DMA statik ölçümlerinden komplians, DMA dinamik viskoelastik ölçümlerinden elastik modül ve tekstür analiz statik ölçümlerinden ise sürünme komplians değerleri ile grafiksel olarak gösterilmiştir. Burgers model parametreleri ve renk değerleri tablo olarak verilmiştir.

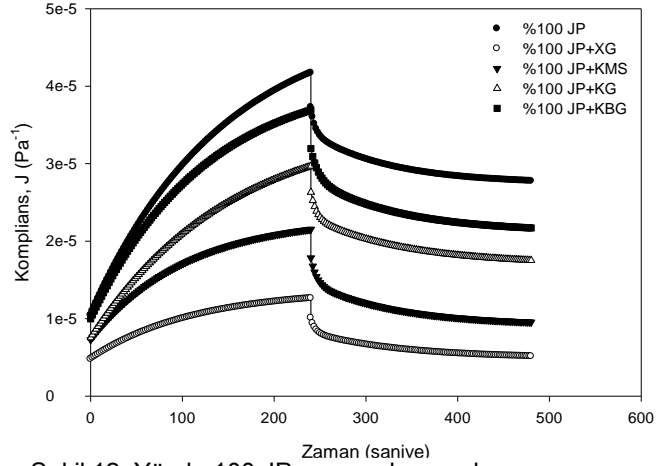
Şekil 11-12'de gamların, Şekil 13-14'te KZN-gam karışımlarının ve Şekil 15-20'de KZN-gam-GMS karışımlarının %80 ve %100 JPlerin viskoelastik davranışları üzerine etkileri gösterilmiştir. 4 parametrelili Burgers model sonuçları, sırası ile Tablo 16-17'de verilmiştir.

Yüzde 60 JP sonuçları ile karşılaştırıldığında gamların %80 ve %100 JP üzerine etkileri daha önemli olmuştur. Jelatinizasyon derecesinin artması ile daha yumuşak, sıkıştırılabilir, kolay deforme olan ve geri kazanım yüzdeleri düşük olan örneklerin, XG ve KMS

eklendiğinde geri kazanım değerleri önemli oranda artmıştır. Jelatinizasyon sonucu süngerimsi bir yapı kazanan örneklerden hamur hazırlandığında, karışım içerisinde bulunan boşluklar gamlar tarafından doldurularak yapı bir polimer özelliği göstermiştir. Tüm grafikler incelendiğinde, KZNin hamur karışımını bir arada tutma özelliği verdiğini ve gamların ise yapıda dolgu görevi gördüğünü açıklamak mümkündür. %60 JP hamur karışımları hazırlanırken duysal olarak yapı incelendiğinde, bu süngerimsi yapı görülmemiştir ve karışımın daha sert bir özelliğe sahip olduğu bulunmuştur.



Şekil 11. Yüzde 80 JP ve gam karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)



Şekil 12. Yüzde 100 JP ve gam karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 16 ve 17'de bulunan viskozite değerlerine göre KMSnin etkisi çok daha belirgin görülmüştür. Jelatinizasyon derecesinin artmasıyla, yapıda bulunan alt ünitelerin yüklü KMS ile birleşmesi yapıya daha sıkı bir özellik kazandırarak akışkanlığı azaltmış ve böylece, yapının elastik davranışı ile geri kazanım yüzdesi artmıştır. Bu durum %60 JPde görülmemiştir. Karışıma

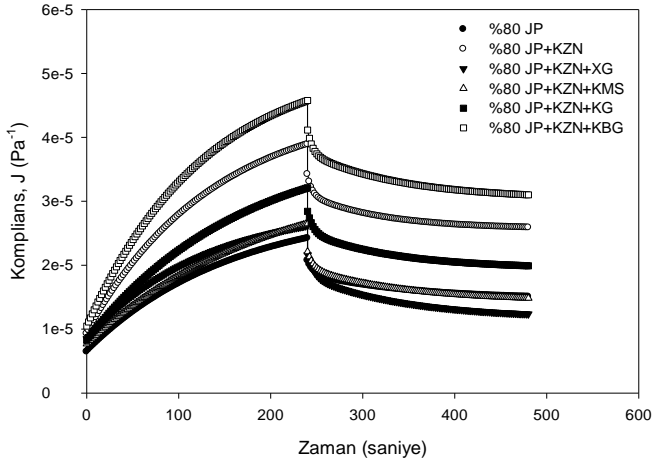
KZN eklendiğinde KMSnin etkisinin azalma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Pozitif yüklü KZNin negatif yüklü KMS ile daha fazla etkileşimi, karışımın viskozitesini ve geri kazanım yüzdesini önemli ölçüde arttırmıştır. XGnin davranışı ise, yüksüz olması ve iyi bir kıvam verici özelliği nedeniyle beklenen ölçüde gerçekleşmiştir.

Tablo 16. Gamların %80 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

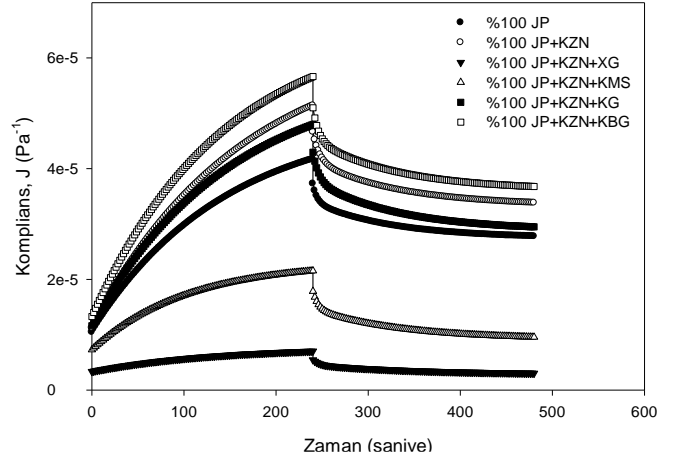
Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%80 JP	5.29	6.99	37.04	1.91	37.19	0.998
%80 JP+XG	5.12	5.61	21.03	3.05	57.56	0.992
%80 JP+KMS	4.37	1.84	17.12	6.21	66.78	0.995
%80 JP+KG	8.54	10.73	62.30	1.20	35.49	0.997
%80 JP+KBG	8.03	9.96	56.98	1.64	37.49	0.998

Tablo 17. Gamların %100 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%100 JP	8.89	15.82	50.95	1.38	34.17	0.996
%100 JP+XG	3.31	4.98	28.70	5.38	58.02	0.988
%100 JP+KMS	7.28	9.22	58.86	4.52	58.98	0.993
%100 JP+KG	7.54	10.18	60.04	1.94	40.86	0.995
%100 JP+KBG	9.98	13.10	54.94	1.61	42.50	0.998



Şekil 13. Yüzde 80 JP, KZN ve gam karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)



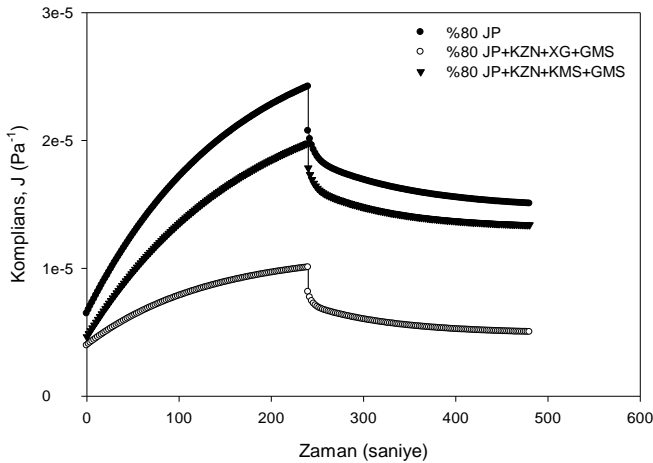
Şekil 14. Yüzde 100 JP, KZN ve gam karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)

Tablo 18. KZN ve gam karışımlarının %80 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

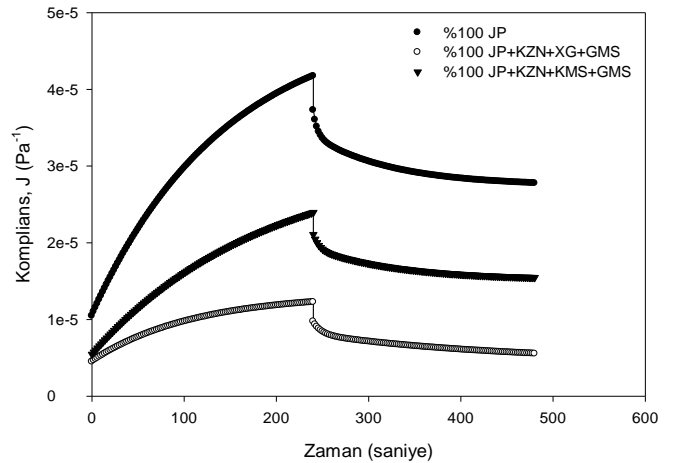
Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%80 JP	5.29	6.99	37.04	1.91	37.19	0.998
%80 JP+KZN	5.87	16.19	39.60	1.40	36.86	0.994
%80 JP+KZN+XG	5.57	9.90	28.53	2.17	54.82	0.992
%80 JP+KZN+KMS	6.91	6.73	48.66	1.80	44.78	0.999
%80 JP+KZN+KG	6.87	9.04	39.30	1.41	38.73	0.999
%80 JP+KZN+KBG	7.94	19.02	45.09	1.23	33.90	0.999

Tablo 19. KZN ve gam karışımlarının %100 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

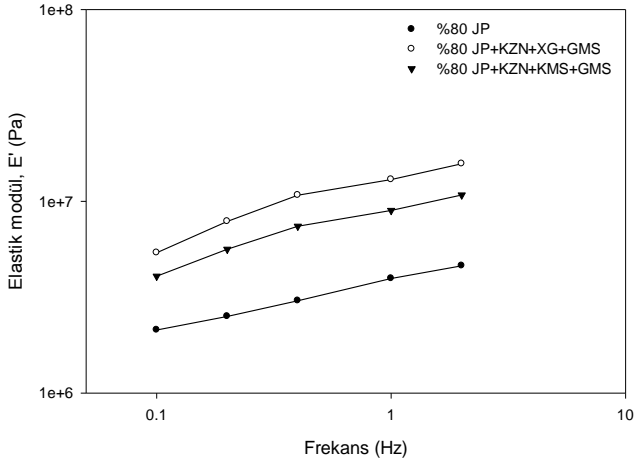
Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	$J_1 \times 10^6$ (Pa ⁻¹)	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R ²
%100 JP	8.89	15.82	50.95	1.38	34.17	0.996
%100 JP+KZN	11.22	16.31	45.36	0.96	35.48	0.999
%100 JP+KZN+XG	3.35	1.70	51.90	11.65	54.89	0.985
%100 JP+KZN+KMS	4.86	9.37	30.38	3.17	58.98	0.993
%100 JP+KZN+KG	11.61	17.91	62.64	1.27	38.24	0.995
%100 JP+KZN+KBG	13.27	18.50	55.30	0.90	37.65	0.998



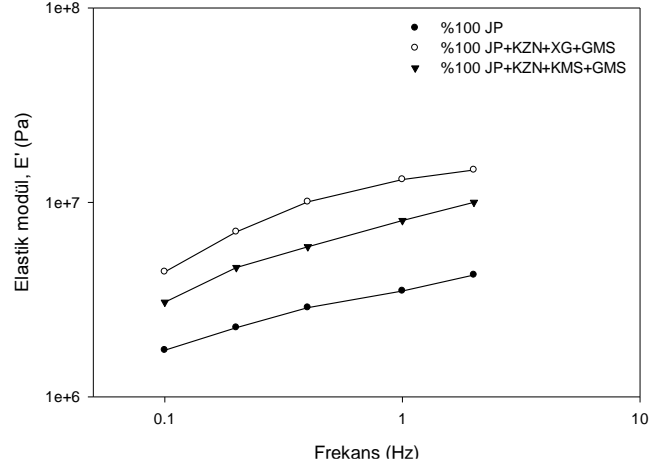
Şekil 15. Yüzde 80 JP, KZN, gam ve GMS karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)



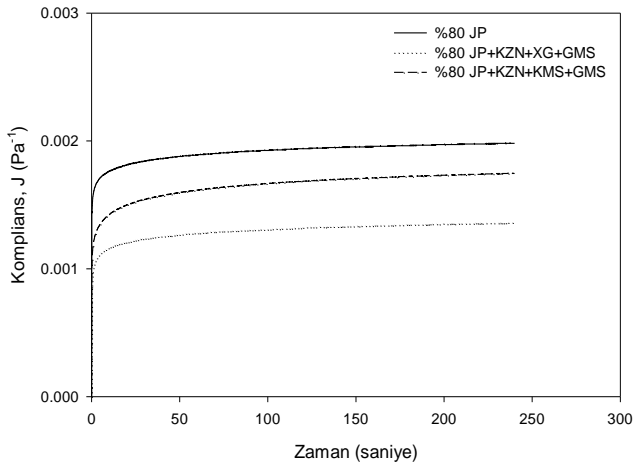
Şekil 16. Yüzde 100 JP, KZN, gam ve GMS karışımlarının zamana göre komplians değerleri değişimi (25°C)



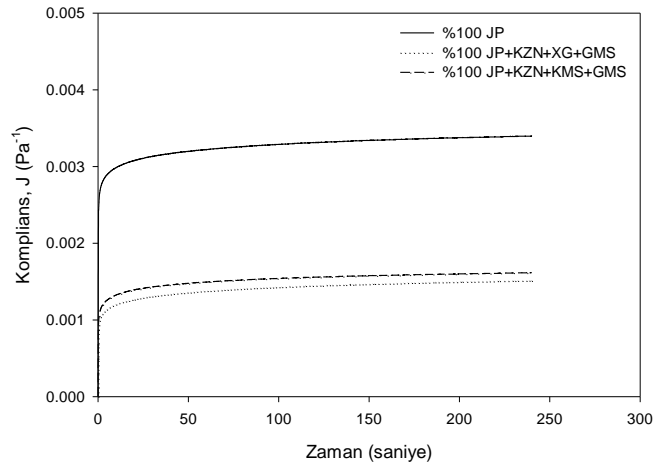
Şekil 17. Yüzde 80 JP, KZN, gam ve GMS karışımlarının elastik modül değerlerinin frekansla değişimi (25°C)



Şekil 18. Yüzde 100 JP, KZN, gam ve GMS karışımlarının elastik modül değerlerinin frekansla değişimi (25°C)



Şekil 19. Yüzde 80 JP, KZN, gam ve GMS karışımlarının sürünme komplians değerlerinin zamanla değişimi (25°C)



Şekil 20. Yüzde 100 JP, KZN, gam ve GMS karışımlarının sürünme komplians değerlerinin zamanla değişimi (25°C)

Tan δ ($= E''/E'$), 0 ile 1 arasında değer alır. Küçük tan δ değerleri hamurların daha sert ve katı olduğunu gösterirken, 1'e doğru yaklaşırken daha nemli ve gevşek olan yapılar karışımıza çıkar. Burada da %100 JP değeri

1'e daha yakın bir değer gösterir. Ancak yapı itibariyle sertliği en fazla olan yapı %80 JP olup XG, KZN ve GMS'nin eklenmesiyle yapı ideal halini almıştır (Tablo 20-21).

Tablo 20. KZN, gam ve GMS karışımlarının %80 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa^{-1})	$J_1 \times 10^6$ (Pa^{-1})	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R^2
%80 JP	5.29	6.99	37.04	1.91	37.19	0.998
%80 JP+KZN+XG+GMS	2.95	3.25	26.03	5.99	51.76	0.994
%80 JP+KZN+KMS+GMS	3.43	4.63	24.69	1.94	32.07	0.998

Tablo 21. KZN, gam ve GMS karışımlarının %100 JP örneklerinin sürünme-geri kazanım parametreleri üzerine etkisi

Karışım	$J_0 \times 10^6$ (Pa^{-1})	$J_1 \times 10^6$ (Pa^{-1})	λ (s)	$\eta_0 \times 10^{-7}$ (Pa.s)	Geri kazanım (%)	R^2
%100 JP	8.89	15.82	50.95	1.38	34.17	0.996
%100 JP+KZN+XG+GMS	3.82	4.03	33.58	5.02	56.76	0.997
%100 JP+KZN+KMS+GMS	5.46	7.08	64.20	2.01	34.75	0.999

Tablo 22 ve 23'te KZN, gam ve GMS karışımlarının, %80 ve %100 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi gösterilmiştir. Gam, protein ve emülgatörün

beraber kullanıldıklarında renk değerleri üzerine önemli bir etkileri olmamıştır.

Tablo 22. KZN, gam ve GMS karışımlarının %80 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	SI
%80 JP	71.63	-0.11	14.16	30.57
%80 JP+XG	74.81	0.36	15.93	33.41
%80 JP+KMS	74.25	-0.28	14.58	30.17
%80 JP+KG	76.97	0.08	14.68	30.15
%80 JP+KZN	74.91	-0.19	15.07	31.20
%80 JP+KZN+XG+GMS	74.77	-0.26	14.62	30.33
%80 JP+KZN+KMS+GMS	72.81	0.29	15.42	33.06

Tablo 23. KZN, gam ve GMS karışımlarının %100 JP örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Karışım	L*	a*	b*	SI
%100 JP	71.63	-0.11	14.16	30.57
%100 JP+XG	71.72	0.90	16.83	36.74
%100 JP+KMS	69.60	0.06	15.93	34.84
%100 JP+KG	69.52	0.60	16.59	36.75
%100 JP+KZN	69.45	0.02	15.77	34.56
%100 JP+KZN+XG+GMS	71.21	0.21	17.31	37.04
%100 JP+KZN+KMS+GMS	70.94	0.04	16.72	35.86

Glutensiz Ürünlerin Tekstür Profil Analizi (TPA)

Makarnanın pişme kalitesini belirlemede en önemli kıstas dokusal özelliklerdir. Pişmiş makarna yenilirken yapışkan olmamalı ve ısırdığı zaman ağızda hafif sertlik hissini vermelidir. Duyusal testler, dokusal özellikleri belirlemede etkili olsa da hem çok zaman alması hem de maliyetli olmasından dolayı mekanik testler tercih edilir. TPA eğrisinden, sertlik ve yapışkanlık belirlenmiştir. Pişmiş makarnada, sertlik ve yapışkanlık en önemli dokusal parametrelerdir. Yapışkanlık, yüzey özelliklerine, sertlikse yapısal özelliklere bağlıdır. Başlangıçta her spagetti tipi içinde yapışkanlık değerleri fazla olmuştur. Su difüzyonu dıştan içeriye doğru olduğundan nişastanın yüzeye çıkması pişme sürecinin başlarında daha kolay olmuştur. Protein miktarı ve kalitesi spagettinin pişme kalitesini etkileyen en önemli iki faktördür. Bunu şu şekilde açıklayabiliriz; öncelikle ince bir protein tabakası spagetti parçalarının yüzeyini kaplamıştır. Sonra, pişme bölgesinde (nişasta jelatinizasyonu) iç yapı, protein ağıyla kaplanmış nişastadan oluşmuştur. Ürünlerin 12 dakika pişirme süresinin sonunda tekstür analiz cihazı ile dokusal

özellikleri çift basamaklı sıkıştırma testi metodu kullanılarak bulunmuştur (Tablo 24). Jelatinizasyon derecesinin artması ile doğru orantılı olarak ürünlerin sertlik değerlerinin arttığı ve XG kullanıldığında yapışkanlık değerlerinin azaldığı görülmüştür. KMS katkılı ürünlerde görülen yüksek yapışkanlık bu gaminin özelliğinden kaynaklanmıştır.

YA katkılı olarak üretilen ürün ise, yapışkanlık olarak yüksek ve sertlik olarak diğer ürünler içerisinde daha yumuşak bir sonuç vermiştir. Tablo 25'te ürünlerin 12 dakikalık pişirme süresi sonucunda suya geçen katı madde miktarı verilmiştir. Sert buğday irmiğinden yapılan çalışmalarda elde edilen pişirme kaybı ile karşılaştırıldığında, glutensiz ürünlerin pişirme kaybı daha fazladır [67]. TPA özellikleri diğer karışımlar ile karşılaştırıldığında, %100 JPnin KZN, XG ve GMS ile olan karışımından elde edilen makarnada, yapışkanlığın azaldığı ve sertlik değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, XG ve GMSnin karışımıyla elde edilen pirinç makarnasında, sinerjik etki gösterdiği önceden yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir [68].

Tablo 24. Yüzde 60, 80 ve 100 JP, protein, gam ve GMS karışimli ürünlerin TPA parametreleri

Ürün	Sertlik (N)	Yapışkanlık (N)	Esneklik	Çiğneme	Geri kazanım
% 60 JP+YA+XG+GMS	18.52	1.76	0.90	14.90	0.67
% 60 JP+KZN+XG+GMS	21.28	1.18	0.85	17.78	0.63
% 60 JP+KZN+KMS+GMS	20.55	1.23	0.94	15.33	0.65
% 80 JP+KZN+XG+GMS	23.39	0.69	0.95	15.95	0.63
% 80 JP+KZN+KMS+GMS	22.97	1.07	0.93	15.86	0.58
%100 JP+KZN+XG+GMS	26.34	0.58	0.88	18.41	0.65
%100 JP+KZN+KMS+GMS	24.96	1.36	0.94	17.93	0.62

Tablo 25. Yüzde 60, 80 ve 100 JP, protein, gam ve GMS karışımı ürünlerin pişirme sırasında suya geçen madde miktarı

Ürün	Pişirme kaybı (g kuru madde/100 g makarna)
%60 JP+YA+XG+GMS	8.42
%60 JP+KZN+XG+GMS	9.56
%60 JP+KZN+KMS+GMS	9.73
%80 JP+KZN+XG+GMS	9.52
%80 JP+KZN+KMS+GMS	10.86
%100 JP+KZN+XG+GMS	10.08
%100 JP+KZN+KMS+GMS	10.64

Glutensiz Ürünlerin Renk Değerleri

Tablo 26'da tek vidalı ekstruderde üretilen glutensiz pirinç spagettilerinin renk değerleri verilmiştir. XG ve KMSli pirinçlerin beyazlık değerleri jelatinize değerleri

artıkça azalmaktayken, kırmızılık ve sarılık değerleri artış göstermektedir. Renk değerlerindeki toplam renk farklılığında da gamların etkisinden daha çok jelatinize yüzdelerinin etkisi olup, bu oran artıkça renk farklılığı da artmıştır.

Tablo 26. Yüzde 60, 80 ve 100 JP, protein, gam ve GMS karışımı ürünlerin renk değerleri

Ürün	L*	a*	b*	ΔE*
%60 JP+YA+XG+GMS	77.73	-0.23	13.29	19.44
%60 JP+KZN+XG+GMS	80.66	-0.44	12.02	16.36
%60 JP+KZN+KMS+GMS	79.83	-0.44	13.21	17.77
%80 JP+KZN+XG+GMS	74.77	-0.26	14.62	22.60
%80 JP+KZN+KMS+GMS	72.81	0.29	15.42	24.68
%100 JP+KZN+XG+GMS	71.21	0.21	17.31	27.08
%100 JP+KZN+KMS+GMS	70.94	0.04	16.72	26.95

SONUÇ

Pirinçin mekanik olarak malzeme davranışlarının jelatinizasyonla ve protein-gam-GMS karışımları eklenmesiyle değişimi çalışılmıştır. Yapılan ölçümler değerlendirildiğinde bulunan sonuçlara göre; pirinçin nem alma özelliği jelatinizasyonla artmıştır. %80 ve %100 JP hamurlarına KMS ve XG eklendiğinde geri kazanım değerlerinin daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Jelatinize olmuş yapılarda, protein olarak KZNin YA proteininden daha iyi su bağladığını ve kendi arasında daha iyi disülfid bağı yaptığını, böylece pişme sırasında daha kısa süre gerektiği duyuşsal olarak belirlenmiştir. KZN eklendiğinde, hamur karışımının rengi, YAya göre daha açık olmuştur ve kırmızılık, sarılık değerleri azalmıştır. Gam olarak XG ve KMS kullanıldığında üretilmek istenilen makarnaya daha yakın bir yapı ortaya çıkmıştır. Jelatinizasyon işlemi ve hamur karışımına, protein, nişasta, gam (XG ve KMS) ve GMS eklenmesi ürünün elastik davranışını, yapışkanlık ve pişme kaybı özelliklerini olumlu olarak etkilemiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Hall, N.J., Rubin, G., Charnock, A. (2009). Systematic review: adherence to a gluten-free diet in adult patients with coeliac disease. *Aliment Pharmacology Therapeutics*, 30(4), 315-330.
- [2] Mirhosseini, H., Rashid, N.F.A., Amid, B.T., Cheong, K.W., Kazemi, M. Zulkurnain, M. (2015). Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of

- gluten free pasta. *Lwt-Food Science and Technology*, 63(1), 184-190.
- [3] Attenburrow, G., Barnes, D.J., Davies, A.P., Ingman, S.J. (1990). Rheological properties of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 12(1-14).
- [4] Hibberd, G.E., Parker, N.S., (1975). Measurement of the fundamental rheological properties of wheat-flour doughs. *Cereal Chemistry*, 52, 1-23.
- [5] Mills, E.N.C., Burgess, S.R., Tahtam, A.S., Shewry, P.R., Chan, H.W.S., Morgan, M.R.A. (1990). Characterization of a panel of monoclonal anti-gliadin antibodies. *Journal of Cereal Science*, 11, 89-101.
- [6] Matsuo, R.R., Irvine, G.N. (1970). Effect of gluten on the cooking properties of spaghetti. *Cereal Chemistry*, 47, 173-180.
- [7] Ciaffi, M., Tozzi, L., Lafiandra, D. (1996). Relationship between flour protein composition determined by size-exclusion high-performance liquid chromatography and dough rheological parameters. *Cereal Chemistry*, 73, 346-351.
- [8] Wall, J.S. (1979). Recent advances in biochemistry of cereals. Academic Press, London.
- [9] Sozer, N. (2009). Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 849-855.
- [10] Mariotti, M., Iametti, S., Cappa, C., Rasmussen, P., Lucisano, M. (2011). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *Journal of Cereal Science*, 53(3), 319-327.
- [11] Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N.E., Califano, A. (2012). Effect of the addition of proteins and hydrocolloids on the water mobility in gluten-free pasta formulations. *Water Journal*, 4, 1-17.

- [12] Arendt, E.K., Morrissey, A., Moore, M. M., Dal Bello, F. (2008). *Gluten-free cereal products and beverages*. Ireland Academic Press.
- [13] Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Del Nobile, M. A. (2008). Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 101-107.
- [14] Fiorda, F.A., Soares, M.S., da Silva, F.A., Grosmann, M.V.E., Souto, L.R.F. (2013). Microstructure, texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse. *Lwt-Food Science and Technology*, 54(1), 132-138.
- [15] Huang, J.C., Knight, S., Goad, C. (2001). Model prediction for sensory attributes of nongluten pasta. *Journal of Food Quality*, 24(6), 495-511.
- [16] Marti, A., Barbiroli, A., Marengo, M., Fongaro, L., lametti, S., Pagani, M.A. (2014). Structuring and texturing gluten-free pasta: egg albumen or whey proteins? *European Food Research and Technology*, 238(2), 217-224.
- [17] Cureton, P., Fasano, A. (2009). *The increasing incidence of celiac disease and the range of gluten-free products in the market place*. Gluten Free Food Science and Technology. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- [18] Eliasson, A., Larsson, K. (1993). In *Cereals in breadmaking*. Newyork: Marcel Dekker.
- [19] Sivaramakrishnan, H.P., Senge, B., Chattopadhyay, P.K. (2004). Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(1), 37-45.
- [20] Rosell, C.M., Collar, C., Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21(3), 452-462.
- [21] Marco, C., Rosell, C.M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 227(4), 1205-1213.
- [22] Lyon, B.G., Champagne, E.T., Vinyard, B.T., Windham, W.R., Barton, F.E., Webb, B.D., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S., McKenzie, K.S., Kohlwey, D.E. (1999). Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. *Cereal Chemistry*, 76(1), 56-62.
- [23] Heo, S., Jeon, S., Lee, S. (2014). Utilization of *Lentinus edodes* mushroom β -glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 627-631.
- [24] Lai, H.M. (2002). Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(2), 203-216.
- [25] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047.
- [26] Cunin, C. (1999). Xanthan gum-a food stabiliser of choice. *Innovations in Food Technology*, 5, 13-15.
- [27] Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., Califano, A. (2016). Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 96-103.
- [28] Chaisawang, M., Suphantharika, M. (2005). Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. *Carbohydrate Polymers*, 61(3), 288-295.
- [29] Kim, C., Yoo, B. (2006). Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 120-128.
- [30] Mandala, I.G., Savvas, T.P., Kostaropoulos, A.E. (2004). Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 335-342.
- [31] Nussinovitch, A., (1997). *Hydrocolloid Applications*. ed. G.T.i.t.F.a.O. Industries. London: Blackie Academic & Professional.
- [32] Kulicke, W.M., Eidam, D., Kath, F., Kix, M., Kull, A.H. (1996). *Hydrocolloids and rheology: Regulation of visco-elastic characteristics of waxy rice starch in mixtures with galactomannans*. *Starch-Starke*, 48(3), 105-114.
- [33] Rosell, C.M., Rojas, J.A., de Barber, C.B. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75-81.
- [34] Ylimaki, G., Hawrysh, Z.J., Hardin, R.T., Thomson, A.B.R. (1991). Response-Surface methodology in the development of rice flour yeast breads - sensory evaluation. *Journal of Food Science*, 56(3), 751.
- [35] Cato, L., Rafael, L.G.B., Gan, J., Small, D.M. (2002). *The use of rice flour and hydrocolloid gums for gluten-free breads*, in *Proceedings of The 51st Australian Cereal Chemistry Conference*, 304-308p.
- [36] Alamprese, C., Casiraghi, E., Pagani, M. (2007). Development of gluten-free fresh egg pasta analogues containing buckwheat. *European Food Research and Technology*, 225 (2), 205-213.
- [37] Alamprese, C., Casiraghi, E., Rossi, M. (2009). Modeling of fresh egg pasta characteristics for egg content and albumen to yolk ratio. *Journal of Food Engineering*, 93, 302-307.
- [38] Yu, L.J., Ngadi, M.O. (2004). Textural and other quality properties of instant fried noodles as affected by some ingredients. *Cereal Chemistry*, 81(6), 772-776.
- [39] Lee, J.M., Lee, M.K., Lee, S.K., Cho, N.J., Cha, W.J., Park, J.K. (2000). Effect of gums on the characteristics of the dough in making frozen dough. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 32, 604-609.
- [40] Raina, C.S., Singh, S., Bawa, A.S., Saxena, D.C. (2005). Textural characteristics of pasta made from rice flour supplemented with proteins and hydrocolloids. *Journal of Texture Studies*, 36(4), 402-420.
- [41] Matsuo, R.R., Bradley, J.W., Irvine, G.N. (1972). Effect of protein content on the cooking quality of spaghetti. *Cereal Chemistry*, 49, 707-777.
- [42] Plancken van der, I., Loey van, A., Hendrickx, M.E. (2005). Combined effect of high pressure and

- temperature on selected properties of egg white proteins. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 11-20.
- [43] Chuang, G.C., Yeh, A. (2006). Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cakes (mochi). *Journal of Food Engineering*, 74, 314–323.
- [44] AOAC, *Official Methods of Analysis: Official Method for Moisture. Method No. 925.10. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.* 1995.
- [45] Malcolmson, L.J., Matsuo, R.R. (1993). Effects of Cooking Water Composition on Stickiness and Cooking Loss of Spaghetti. *Cereal Chemistry*, 70(3), 272-275.
- [46] Ndife, M., Sumnu, G., Bayındırlı, L. (1998). Differential scanning calorimetry determination of gelatinization rates in different starches due to microwave heating. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 31, 484-488.
- [47] Spigno, G., De Faveri, D.M. (2004). Gelatinization kinetics of rice starch studied by non-isothermal calorimetric technique: influence of extraction method, water concentration and heating rate. *Journal of Food Engineering*, 62(4), 337-344.
- [48] Dexter, J.E., Matsuo, R.R. (1979). Effect of starch on pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *Cereal Chemistry*, 56(3), 190-195.
- [49] Eerlingen, R.C., Delcour, J.A. (1995). Formation, Analysis, Structure and Properties of Type-III Enzyme Resistant Starch. *Journal of Cereal Science*, 22(2), 129-138.
- [50] Steffe, J.F. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering* (2nd edition). Freeman Press, East Lansing, MI, USA.
- [51] Edwards, N.M., Dexter, J.E., Scanlon, M.G., Cenkowski, S. (1999). Relationship of creep-recovery and dynamic oscillatory measurements to durum wheat physical dough properties. *Cereal Chemistry*, 76(5), 638-645.
- [52] Wang, F.C., Sun, X.S. (2002). Creep-recovery of wheat flour doughs and relationship to other physical dough tests and breadmaking performance. *Cereal Chemistry* 79(4), 567-571.
- [53] Dobraszczyk, B.J., Morgenstern, M. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38(3), 229-245.
- [54] Weipert, D. (1990). The Benefits of Basic Rheometry in Studying Dough Rheology. *Cereal Chemistry*, 67, 311-317.
- [55] Mandala, I.G., Bayas, E. (2004). Xanthan effect on swelling, solubility and viscosity of wheat starch dispersions. *Food Hydrocolloids*, 18(2), 191-201.
- [56] Keller, J.D. (1982). Sodium Carboxymethylcellulose (CMC). In *Food Hydrocolloids*, ed. M. G. Vol. 3. CRC Press, Inc: Florida. 43-104p.
- [57] Chaudemanche, C., Budtova, T. (2008). Mixtures of pregelatinised maize starch and -carrageenan: Compatibility, rheology and gelation. *Carbohydrate Polymers*, 72, 579–589.
- [58] Jack, F.R., Paterson, A. (1992). Texture of hard cheeses. *Trends in Food Science & Technology*, 3, 160-164.
- [59] Yang, H., Irudayaraj, J., Otgonchimeg, S., Walsh, M. (2004). Rheological study of starch and dairy ingredient-based food systems. *Food Chemistry*, 86(4), 571-578.
- [60] Chan, P.S., Chen, J., Ettelaie, R., Law, Z., Aleviopoulos, S., Day, E., Smith, S. (2007). Study of the shear and extensional rheology of casein, waxy maize starch and their mixtures. *Food Hydrocolloids*, 21, 716-725.
- [61] Stadelman, W.J., Olson, V.M., Shemwell, G.A., Posch, S. (1988). *Egg and Poultry Meat Processing*: Ellis Harword Ltd. Chiester, England.
- [62] Spagnuolo, P.A., Dagleish, D.G., Goff, H.D., Morris, E.R. (2005). Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 19, 371-377.
- [63] Everett, D.W., McLeod, R.E. (2005). Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*, 15(11), 1175-1183.
- [64] Hemar, Y., Tamehana, M., Munro, P.A., Singh, H. (2001). Viscosity, microstructure and phase behavior of aqueous mixtures of commercial milk protein products and xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 15(4-6), 565-574.
- [65] Mavrakis, C., Kiosseoglou, V. (2008). The structural characteristics and mechanical properties of biopolymer/mastic gum micro-sized particles composites. *Food Hydrocolloids*, 22(5), 854-861.
- [66] Kaur, L., Singh, J., Singh, N. (2005). Effect of glycerol monostearate on the physico-chemical, thermal, rheological and noodle making properties of corn and potato starches. *Food Hydrocolloids*, 19(5), 839-849.
- [67] Dexter, J.E., Matsuo, R.R., Morgan, B.C. (1983). Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other quality factors. *Journal of Food Science and Technology International*, 48, 1545-1551, 1559.
- [68] Udachan, I.S., Sahoo, A.K. (2017). Effect of hydrocolloids in the development of gluten free brown rice pasta. *International Journal of ChemTech Research*, 10(6), 407-415.