



Effects of Different Flour Types, Protein Sources and Transglutaminase Enzymes on Gluten-Free Şekerpare Production

Ruşen Metin Yıldırım^{1,a,*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 07.01.2025 Accepted : 04.02.2025</p> <p>Keywords: Gluten-free şekerpare Celiac disease Soy protein Pea protein Transglutaminase enzyme</p>	<p>Şekerpare is a well-known dessert in Turkish and Middle Eastern cuisine, traditionally prepared using semolina. However, the presence of gluten in semolina prevents individuals with celiac disease from consuming this dessert. In this study, gluten-free şekerpare formulations were developed using combinations of corn flour, rice flour, potato flour, corn starch, and tapioca starch. Additionally, soy protein, pea protein, and transglutaminase (TG) enzymes were incorporated into these formulations to investigate their effects on dough and final product properties. The study evaluated the properties of the dough, such as pH, hardness, stickiness, work of adhesion, dough strength/cohesiveness, and the color, hardness, fracturability, and sensory properties of the final products. The results demonstrated that the proteins and TG enzyme had varying effects on dough properties depending on the flour combination used. Dough prepared with corn and potato flours exhibited the highest hardness values, while the dough of control group consistently had the lowest hardness. Soy and pea proteins reduced the stickiness of the dough, whereas the use of TG enzyme in combination with pea protein significantly increased the stickiness levels. In the sensory analysis, panelists rated the şekerpare samples prepared using the MuPr formulation, consisting of 62,5% corn flour and 37,5% rice flour, as the most preferred product in terms of texture and taste. However, it was observed that the type of protein used and the addition of TG enzyme did not have a significant overall impact on sensory attributes.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13(2): 469-475, 2025

Glutensiz Şekerpare Üretiminde Farklı Un Çeşitleri, Protein Kaynakları ve Transglutaminaz Enziminin Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 07.01.2025 Kabul : 04.02.2025</p> <p>Anahtar Kelimeler: Glutensiz şekerpare Çölyak hastalığı Soya proteini Bezelye proteini Transglutaminaz enzimi</p>	<p>Şekerpare, Türkiye ve Orta Doğu mutfağının önemli tatlılarından biri olup, genellikle irmik kullanılarak hazırlanmaktadır. Ancak irmiğin gluten içermesi, çölyak hastalarının bu tatlıyı tüketmesini engellemektedir. Bu çalışmada, gluten içermeyen mısır unu, pirinç unu, patates unu, mısır nişastası ve tapyoka nişastası kombinasyonları kullanılarak glutensiz şekerpare formülasyonları geliştirilmiştir. Ayrıca, bu formülasyonlara eklenen soya proteini, bezelye proteini ve transglutaminaz (TG) enziminin şekerpare hamuru ve son ürün özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, hamurların pH, sertlik, yapışkanlık, adhezyon işi ve hamur kuvveti gibi özellikleri değerlendirilirken son ürünlerde ise renk, sertlik, kırılabilirlik ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kullanılan protein ve TG enziminin hamur özellikleri üzerindeki etkisinin kullanılan kombinasyonuna bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Mısır ve patates unu ile hazırlanan hamurlar en yüksek sertlik değerine sahipken, tüm örneklerde kontrol grubu hamurları en düşük sertlikte olmuştur. Soya ve bezelye proteini, hamurun yapışkanlığını azaltırken, TG enziminin bezelye proteiniyle birlikte kullanımı yapışkanlık düzeyini önemli ölçüde artırmıştır. Duyusal analizde panelistler, %62,5 mısır unu ve %37,5 pirinç unundan oluşan MuPr reçetesiyle hazırlanan şekerpare örneklerini, hem yapı hem de lezzet açısından en beğenilen ürün olarak değerlendirmiştir. Bununla birlikte, kullanılan protein türü ve TG enzimi duyu özellikleri üzerinde genel anlamda önemli bir fark yaratmamıştır.</p>

^a rusen@yildiz.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-5125-1104>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Çölyak hastalığı, genetik olarak yatkın bireylerde gluten alımıyla tetiklenen en yaygın oto-immün bozukluklardan biridir (Caio ve ark., 2019). Öte yandan, çölyak dışı gluten hassasiyeti, çok çeşitli bağırsak ve bağırsak dışı semptomlarla karakterize edilen glutenle ilişkili bozuklukların bir parçası olarak tanımlanmıştır ve çölyak hastalığı olmayan deneklerde gluten içeren gıdaların alınmasından sonra ortaya çıkmaktadır (Ebling ve ark., 2022). Çölyak hastalığının görülme sıklığı Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri'nde %0,3 ile %1 arasında olduğu bildirilmiştir (Harmancı, 2008), Türkiye'deki sıklığın da benzer düzeylerde olduğu ortaya konmuştur (Dalgic ve ark., 2011). Çölyak hastalığının moleküler mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına ve tedavi yöntemlerinde ilerlemeler kaydedilmesine rağmen, şu anda bilinen tek etkin tedavi yaşam boyu glutensiz diyetdir (Gobbetti ve ark., 2007). Glutensiz diyet, buğday, yulaf, arpa, tritikale, kamut ve çavdar unu ile yapılan gıda ürünlerini içermemelidir (Muthukumar ve ark., 2020).

Gluten, tahılların temel depo proteinlerinden biri olup, buğday bazı hamurlarda reolojik özelliklerin ve yapının oluşumunda kritik bir rol oynar. Gluten, çözünürlüklerine göre prolamin ve glutenin olmak üzere iki alt fraksiyona ayrılır. Prolaminler hamurun viskozitesini ve uzayabilirliğini sağlarken, gluteninler elastikiyet ve kohezyon özelliklerinden sorumludur (Carmen & Popping, 2012; Gujral & Rosell, 2004). Glutensiz hamurlar ise daha az yapışkan, elastik olmayan ve işlenmesi zor yapılarıyla buğday içerikli hamurlara göre dezavantajlıdır (Matos & Rosell, 2015). Glutensiz ürünlerin temel zorluklarından biri, glutenin sağladığı işlevleri yerine getirebilecek alternatif bileşenlere ihtiyaç duyulmasıdır. Bu amaçla hidrokoloidler, protein izolatları, enzimler ve farklı un çeşitleri kullanılmıştır (Xu ve ark., 2020). Glutenin uzaklaştırılmasının bir sonucu olarak, glutensiz ürünler genellikle düşük kalitede, zayıf dokuya sahip ve zayıf kırıntı ve kabuk özellikleri ve ağız hissi sergilemektedir (Gallagher ve ark., 2004). Glutensiz tatlı unlu mamullerin geliştirilmesine yönelik çok sayıda çalışma, nihai ürünlerin yapısını, ağız hissini, kabul edilebilirliğini, raf ömrünü ve besin kalitesini iyileştirmeyi amaçlamıştır (Gularte ve ark., 2012; Matos ve ark., 2014; Park ve ark., 2012). Glutensiz kurabiyeler üzerine yapılan çalışmalarda tahıllar (pirinç, mısır, sorgum), baklagiller, yalancı tahıllar ve bunların kombinasyonlarından elde edilen unlar sıklıkla kullanılmıştır. Pirinç unu, mısır nişastası ve bezelye proteini (Mancebo ve ark., 2016) veya pirinç unu ve patates nişastası (Šarić ve ark., 2019) gibi bileşenlerle reçeteler geliştirilmiştir. Protein izolatları da glutensiz kurabiye reçetelerinde kullanılmış ve örneklerin su hidrasyonunu arttırmada, kurabiyelerin sertlik ve yayılma oranını azaltmada etkili bulunmuşlardır (Xu ve ark., 2020). Glutensiz unların reolojik ve pişirme özelliklerini iyileştirmek amacıyla reçetelerde enzimler de kullanılmıştır. Transglutaminazlar (TG), peptide bağlı glutaminin γ -karboksiamid grubu ile bir lizin kalıntısının ϵ -amino grubu arasında açıl transfer reaksiyonlarını, deamidasyonu ve çapraz bağlanmayı katalize eden enzim ailesinden (EC 2.3.2.13), protein-glutamin gama-glutamilttransferazdır (Babiker, 2000; Gaspar & Góes-Favoni, 2015). TG enzimi, proteinlerin çapraz bağlanmasını teşvik ederek gıda

sistemlerinde yapısal iyileştirmeler sağlamaktadır. Özellikle glutensiz sistemlerde TG uygulamaları, hamurun viskoelastik özelliklerini iyileştirmiş ve protein ağını destekleyerek ekmek ve kurabiye gibi ürünlerin kalitesini artırmıştır (Altındağ ve ark., 2015; Ebling ve ark., 2022; Gujral & Rosell, 2004).

Türkiye ve Orta Doğu mutfağında önemli bir yer tutan şerbetli tatlılardan biri olan şekerpare, geleneksel olarak irmikle yapılan ve şeker şurubuyla ıslatılan bir tatlıdır. Ancak, irmiğin gluten içermesi nedeniyle çölyak hastaları bu tatlıyı tüketmemektedir. Bu çalışmanın amacı, mısır unu, pirinç unu, patates unu, mısır nişastası ve tapyoka nişastası kullanılarak glutensiz bir şekerpare reçetesi geliştirmek ve soya proteini, bezelye proteini ve transglutaminaz enzimi takviyesiyle bu reçeteyi optimize etmektir.

Materyal ve Yöntem

Şekerpare örneklerinde pirinç unu (Dr.Oetker, Almanya), mısır unu, patates unu (Satüdas A.Ş., İstanbul, Türkiye), mısır nişastası (Dr.Oetker, Almanya), tapyoka nişastası (Tito, İstanbul) kullanılmıştır. Bunun yanında soya proteini ve bezelye proteini Tunçkaya firmasından temin edilmiştir. Transglutaminaz (100 IU/g) enzimi BDF Ingredients (Probind TX, BDF ingredients, İspanya) tarafından sağlanmıştır. Yumurta, şeker, tuz, su ve sodyum bikarbonat - yerel marketlerden (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir.

Glutensiz Şekerpare Üretimi

Şekerpare üretiminde kullanılan glutensiz un kombinasyonları Çizelge 1'de sunulmuştur. Un karışımı oranı ön denemelere göre belirlenmiştir. Un kombinasyonları mısır unu (Mu), pirinç unu (Pr), patates unu (Pt), mısır nişastası (Mn), tapyoka nişastası (Tn) ile beraber 4 farklı şekilde yapılmıştır. Bu 4 grubun her birinde una ikame olarak kütlece %5 soya proteini (SP), %5 bezelye proteini (BP), ve protein eklenen örneklerde de protein başına 0.2 IU olacak şekilde TG enzimi eklenmiştir (SP+TG ve BP+TG). Kontrol örneği ile beraber 5 farklı ürün üretilmiştir. Glutensiz un karışımına ek olarak tüm şekerpare örneklerinde 24,80 g pudra şekeri, 19,85 g toz fındık, 49,93 g hidrojene bitkisel yağ, 29,78 g yumurta, 4,96 sodyum bikarbonat kullanılmıştır.

Pudra şekeri ve hidrojene bitkisel yağ hamur yoğurma makinesinde (Kitchen aid, ABD) hız 2' de 1 dakika karıştırılmış, yumurta eklendikten sonra 3 dakika hız 3' te karıştırılmıştır. Diğer ingrediyeentler eklenerek 6 dakika boyunca hız 4'e çıkarılarak hamur yoğrulmuştur. Hamur 15 dakika dinlendirildikten sonra elle şekil verilerek tepsiye dizilmiş ve 160 °C'de 20 dakika konvansiyonel fırında (Fimak, Türkiye) pişirilmiştir. Şurup için 200 g şeker ve 200 mL su 105 °C'ye getirilmiş ve 1 dakika boyunca kaynatılmıştır. Şekerpare pişirildikten sonra fırın çıkışında şurup üzerine dökülmüştür (Şekil 1).

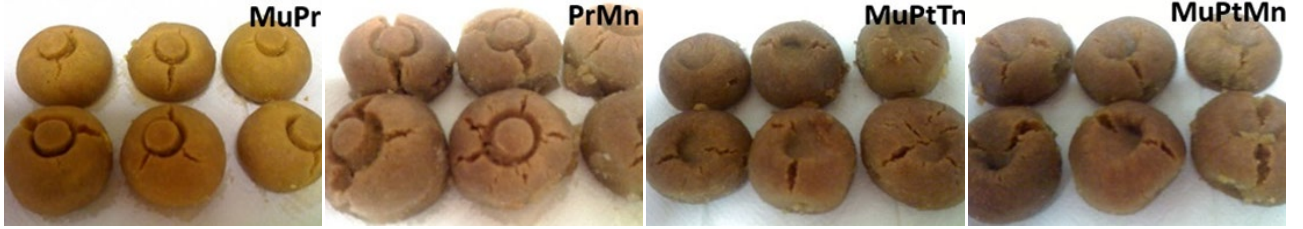
Örneklerin pH, Nem, Protein, Kül İçeriği ve Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Hamurun pH değeri pH metre (H35010, HANNA Instruments, İtalya) ile ölçülmüştür. Örneklerin renk değerleri 2 saatlik pişirme işleminden sonra oda sıcaklığında L^* , a^* ve b^* değerlerinin Chroma Meter (Conica, CR-400, Japonya) ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Çizelge 1. Glutensiz un karışımları

Table 1. Gluten-free flour blends

	Un Karışımları			
	MuPr	PrMn	MuPtTn	PuPtMn
Mısır Unu (Mu)	62,5		37,5	37,5
Pirinç Unu (Pr)	37,5	62,5		
Patates Unu (Pt)			31,25	31,25
Mısır Nişastası (Mn)		37,5		31,25
Tapyoka Nişastası (Tn)			31,25	



Şekil 1. Farklı un kombinasyonlarıyla hazırlanan şekerpare örnekleri
Figure 1. Şekerpare samples prepared with different flour combinations

Tekstür Analizi

Glutensiz un kombinasyonlarının şekerpare hamurunun yapışkanlık, adhezyon işi ve hamur kuvveti/kohesiflik özelliklerine etkisi Encina-Zelada ve ark. (2019) tarafından belirtilen yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak SMS/Chen-Hoseney hamur yapışkanlık düzeneği (A/DSC) ve 25 mm Perspex silindirik prob (P/25P) ile donatılmış TA-XT Tekstür Analiz Cihazıyla (Stable Micro System, İngiltere) ölçülmüştür. Cihaz parametreleri: ön test hızı 0,5 mm/s, test hızı 0,5 mm/s ve test sonrası hız 10 mm/s, tetikleme kuvveti 5 g, uygulanan kuvvet 40 g, temas süresi 0,1 s ve geri dönüş 4 mm olarak ayarlanmıştır. Hamur Hoseney düzeneğinin içine yerleştirilmiş ve iç vida döndürülerek hamurun küçük bir kısmı ekstrüzyon deliklerinden ekstrüde edilmiştir. İlk ekstrüde atıldıktan sonra, vida tekrar döndürülerek hamur yaklaşık 1 mm yüksekliğe kadar ekstrüde edilmiştir. Basıncı azaltmak ve ölçüm sırasında hamurun daha fazla ekstrüde edilmemesini sağlamak için vida hafifçe geriye doğru döndürülmüştür. Her ölçüm 5 kez tekrarlanmıştır. Hamur sertliği ise aynı cihaz üzerinde P/5 probu kullanılarak sıkıştırma modu ile belirlenmiştir. Prob hamurun içine 3 mm/s hızla 20 mm derinliğe kadar nüfuz etmiştir. Penetrasyon sırasında kuvvet, maksimum penetrasyon derinliği noktasına kadar artırılmış ve bu kuvvet değeri, belirtilen bu derinlikteki sertlik olarak ifade edilmiştir. Şekerpare örneklerindeki sertlik (g) ve kırılma (mm) değerleri ise pişirmeden 2 saat sonra ölçülmüştür. Örnekler TA-XT Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro System, İngiltere) ile HDP/3PB probu kullanılarak kırılmıştır. Analiz parametreleri olarak 5 g tetikleme kuvveti, 3 mm/s analiz hızı, 5 mm dalma derinliği kullanılmıştır (Mancebo ve ark., 2016).

Duyusal Değerlendirme

Glutensiz şekerpare örneklerinin duyusal analizleri yaşları 29 ile 40 arası değişen ürünler hakkında bilgi verilen 10 panelist tarafından yapılmıştır. Ürünler pişirilip şerbeti verildikten sonra 5 saat dinlendirilmiş, numaralandırılarak ışığın yeterli olduğu ortamda ayrı ayrı tatlandırılmıştır. Duyusal değerlendirme formunda her bir özelliğin yanına 10 cm'lik skala konulmuş, panelistlerden

kötü, orta ve iyi değerlendirmelerine göre skalada yakın buldukları noktayı işaretlemeleri istenmiştir. Şekerpare için panelistlerden ürünün rengini, görünüşünü, yapışkanlığını, dağılan yapı düzeyini, pütürlü taneli yapısını ve genel beğeni düzeyini değerlendirmeleri istenmiştir.

İstatistiksel Analizler

Elde edilen sonuçlar JMP 6 programından yararlanılarak analiz edilmiştir, sonuçlar aritmetik ortalama ve standart sapma şeklinde verilmiştir. Örnekler arasındaki istatistiksel farklılık $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise TUKEY testi ile değerlendirilmiştir. Örnekler ve analizler üç tekrarlı yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Örnek Hamurlarının pH ve Yapısal Özellikleri

Hamur özellikleri nişasta, protein gibi ingredientlerin varlığına ve miktarına bağlı olarak değişmekte ve dolayısıyla hamurun işlenmesini etkilemektedir. Hamurun çok sert ya da kuru oluşu, işlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple hamur, yeterli düzeyde sertliğe ve farklı proseslerde işlenebilecek düzeyde bir arada duracak bir kohesifliğe sahip olmalıdır (Gujral ve ark., 2003). Çalışmada kullanılan şekerpare hamurlarının pH, sertlik, yapışkanlık, adhezyon işi ve hamur kuvveti değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere hamurların pH sonuçları 5,8 ile 6,08 arasında değişkenlik göstermiştir. Kullanılan un kombinasyonları hamurların pH değerini önemli derecede etkilememiştir ($p > 0,05$). Benzer şekilde, bezelye veya soya proteini ve TG enzimi kullanımı da hamurun pH değerini önemli ölçüde etkilememiştir ($p > 0,05$). Hamurların sertliği 248,47 - 463,61 g arasında değişmiştir. MuPr ve PrMn'nin kontrol hamurunun sertlikleri sırasıyla $248,47 \pm 34,22$ g ve $280,91 \pm 30,27$ g iken, MuPtTn ve MuPtMn hamurlarının ise sırasıyla $366,14 \pm 15,84$ g ve $343,00 \pm 13,49$ g olarak bulunmuştur. En yüksek hamur sertliği mısır unu ve patates ununun birlikte kullanıldığı hamurlarda görülmüştür.

Çizelge 2. Şekerpare hamurlarına ait pH, hamur sertliği, yapışkanlık, adhezyon işi ve hamur kuvveti değerleri
 Table 2. pH, dough hardness, stickiness, work of adhesion and dough strength/cohesiveness values of şekerpare dough

		pH	Hamur Sertliği (g)	Yapışkanlık (g)	Adhezyon işi (g.sec)	Hamur Kuvveti/ Kohesiflik (mm)
MuPr	K	6,04	248,47±34,22 ^{Bc}	9,28±0,98 ^{Aa}	0,29±0,03 ^{Abc}	0,54±0,05 ^{Abc}
	SP	6,10	375,10±22,10 ^{Ab}	4,85±0,29 ^{Cb}	0,14±0,02 ^{Cc}	0,48±0,07 ^{Aa}
	BP	5,91	399,60±20,23 ^{Ac}	6,32±0,44 ^{Ba}	0,19±0,02 ^{Ba}	0,50±0,02 ^{Aa}
	SP+ TG	6,04	395,67±33,35 ^{Aa}	5,47±0,30 ^{BCc}	0,16±0,01 ^{BCb}	0,46±0,02 ^{Aa}
	BP+ TG	6,02	355,14±20,44 ^{Ab}	8,25±0,33 ^{Aa}	0,25±0,02 ^{Aa}	0,55±0,02 ^{Aa}
PrMn	K	5,96	280,91±30,27 ^{Bbc}	9,66±0,24 ^{Aa}	0,42±0,03 ^{Aa}	0,66±0,04 ^{Aa}
	SP	6,08	460,40±26,70 ^{Aa}	4,12±0,24 ^{Db}	0,11±0,01 ^{Dc}	0,40±0,01 ^{Ca}
	BP	6,01	446,54±18,45 ^{Aab}	6,25±0,28 ^{Ca}	0,18±0,02 ^{Ca}	0,46±0,02 ^{BCbc}
	SP+ TG	6,04	321,77±15,50 ^{Bb}	6,64±0,31 ^{Cb}	0,20±0,02 ^{Ca}	0,49±0,04 ^{Ba}
	BP+ TG	6,05	294,40±21,06 ^{Bc}	8,08±0,21 ^{Ba}	0,25±0,01 ^{Ba}	0,52±0,03 ^{Bab}
MuPtTn	K	5,98	366,14±15,84 ^{Ba}	7,22±0,20 ^{Ab}	0,23±0,01 ^{Ac}	0,49±0,01 ^{ABc}
	SP	6,05	454,60±19,06 ^{Aa}	6,53±0,21 ^{Ba}	0,18±0,01 ^{Bb}	0,45±0,03 ^{Ba}
	BP	5,87	463,61±17,35 ^{Aa}	5,97±0,24 ^{Ca}	0,17±0,01 ^{Ba}	0,45±0,01 ^{Bc}
	SP+ TG	5,86	383,32±8,16 ^{Ba}	7,06±0,22 ^{ABab}	0,22±0,01 ^{Aa}	0,48±0,03 ^{ABa}
	BP+ TG	5,85	382,89±10,63 ^{Bb}	7,21±0,17 ^{Ab}	0,23±0,01 ^{Aa}	0,51±0,01 ^{Aab}
MuPtMn	K	5,80	343,00±13,49 ^{Bab}	8,89±0,16 ^{Aa}	0,31±0,03 ^{Ab}	0,60±0,02 ^{Aab}
	SP	5,84	418,19±14,16 ^{Aab}	7,15±0,29 ^{BCa}	0,22±0,02 ^{Ba}	0,50±0,02 ^{Ba}
	BP	5,78	409,56±14,74 ^{Abc}	6,54±0,17 ^{Da}	0,19±0,01 ^{Ba}	0,49±0,01 ^{Bab}
	SP+ TG	5,80	423,00±12,62 ^{Aa}	7,46±0,20 ^{Ba}	0,23±0,01 ^{Ba}	0,50±0,02 ^{Ba}
	BP+ TG	5,80	444,36±17,56 ^{Aa}	6,88±0,13 ^{Cdb}	0,19±0,01 ^{Bb}	0,48±0,03 ^{Bb}

*Farklı büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar aynı hamur karışımı içerisinde farklı uygulamaların istatistiki olarak birbirinden farklı olduğunu gösterir (p<0,05). Farklı küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar aynı uygulamada hamur karışımları arasındaki farklılığı gösterir (p<0,05). Mu: Mısır Unu, Pr: Pirinç Unu, Mn: Mısır Nişastası, Pt: Patates Unu, Tn: Tapyoka Nişastası, K: Kontrol, SP: Soya Proteinini, BP: Bezelye Proteinini, TG: Transglutaminaz Enzimi

Tüm gruplarda kontrol hamuru en düşük sertliğe sahiptir. Hamur karışımlarına hem SP hem de BP eklenmesi hamur sertliğini arttırmıştır. Buna karşın TG enziminin her iki proteine ek olarak kullanılması PrMn ve MuPtTn hamurlarında hamur sertliğini önemli düzeyde düşürmüştür. Örneğin PrMn reçetesinde kontrol hamurun sertliği 280,91±30,27 g olarak bulunmuşken bu oran SP kullanılması ile 460,40±26,70 g'ye yükselmiş fakat TG enzimi eklenmesiyle bu oranı 321,77±15,50 g'ye düşürmüştür; BP kullanımında ise 446,54±18,45 g olarak ölçülen hamur sertliği TG enzimi kullanımıyla 294,40±21,06 g düzeylerine düşürmüştür. Fakat MuPr ve MuPtMn hamur karışımlarında TG enziminin proteinlere ek olarak kullanılması herhangi bir farklılığa neden olmamıştır.

Hamur yapışkanlığı, adhezyon ve kohezyon arasındaki etkileşimli bir dengeden kaynaklanır. Yapışma, bir malzeme (hamur) ile bir yüzey (prob) arasındaki etkileşimi temsil ederken, kohezyon hamurun içindeki etkileşimleri tanımlar (Hoseney & Smewing, 1999). Şekerpare hamurlarının yapışkanlık oranları 4,12- 9,66 g aralığında değişiklik göstermiştir. Genel olarak tüm hamurlarda soya ve bezelye proteinini eklenmesi hamur yapışkanlıklarının düşmesine neden olmuştur. Tang & Liu (2017) da çalışmalarında buğday unu hamuruna soya proteini ve buğday proteinini eklemiş ve soya proteininin hamurların yapışkanlık düzeylerini düşürdüğünü belirlemişlerdir. MuPr hamurunda protein eklenmesiyle düşen yapışkanlık düzeyi TG enziminin eklenmesiyle artmıştır. Özellikle bezelye proteinine eklenen TG enziminin kullanıldığı hamurdaki yapışkanlık düzeyindeki artış istatistiki anlamda önemli düzeyde bulunmuştur (p<0,05). MuPr hamurunda görülen bu eğilim PrMn ve MuPtTn hamurlarında da görülmüştür. Fakat MuPtMn karışımında TG enzimi eklenmesinin hamurun yapışkanlık düzeyini önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. Örnek hamurlarının adhezyon işi değerleri 0,11-0,42 g.sn aralığında değişmiştir.

En yüksek adhezyon işi değerinin en yüksek yapışkanlığa sahip PrMn karışımının hamurunda olduğu görülmüştür. Hamur karışımları baz alınarak sonuçlar incelendiğinde adhezyon işi değerinin yine kontrol örneklerine ait olduğu görülmüştür. Özellikle PrMn ve MuPtTn hamurlarında proteinlere TG enziminin eklenmesi, adhezyon işi değerlerini önemli düzeyde arttırmıştır. Hamur kuvveti ve kohesifliği açısından hamurlar arasında diğer parametrelerde olduğu kadar belirgin ayrımlar görülmemiştir. Yine aynı şekilde kontrol hamurlarının en yüksek hamur kuvvetine sahip olduğu görülmüş, fakat protein türleri arasında ve TG enziminin proteinlere eklenmesinin sadece protein kullanımına göre hamur kuvvetini büyük oranda değiştirmediği görülmüştür.

Glutensiz Şekerpare Örneklerinin Renk Özellikleri ve Tekstür Analizi

Şekerpare örneklerine ait renk ve tekstür analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Örneklerin renk değerleri incelendiğinde L* değerinin beklenildiği üzere pirinç unu ve mısır nişastasının kullanıldığı PrMn reçetesinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu un kombinasyonunda bezelye proteinini kullanıldığı reçetenin diğerlerine göre daha yüksek L* değeri ve daha düşük a* ve b* değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum bu şekerpare örneğinin açık renkte görünmesine neden olmuştur. Mancebo ve ark. (2016), pirinç unu, mısır unu ve bezelye proteinini farklı oranlarda kullandığı kurabiyeler üretmiş ve benzer şekilde bunların nişasta oranından ziyade bezelye proteinini kullanmanın L* değerini düşürdüğünü ve nişasta oranıyla birlikte bu etkinin azaldığını bildirmiştir. Pirinç ununun kullanıldığı MuPr ve PrMn reçetelerinde ortama bezelye proteinini girdiğinde kırmızılık değeri düşmüş, fakat aynı etki patates ununun kullanıldığı MuPtTn ve PuPtMn reçetelerinde

görülmemiştir. Mısır unlarının kullanıldığı reçeteler daha yüksek kırmızılık değerine sahip olmuştur. Daha yüksek protein seviyesi ve dolayısıyla amino asit miktarı Maillard reaksiyonlarını ve dolayısıyla ürünün yüzey rengine katkıda bulunan kahverengi bileşiklerin oluşumunu artırabilmektedir (Manley, 2011). Bu sebeple mısır ununun pirinç ununa kıyasla daha yüksek protein içermesi

esmerleşme reaksiyonlarına sebep olmuş ve kırmızılık değerini arttırmıştır. Reçetelere TG ilavesi de genel olarak kırmızılık değerinin artmasına neden olmuştur. Alp & Bilgili (2008) de benzer şekilde buğday unu içeren keklerin kırmızılık değerlerinin tüm protein kaynakları için TG ilavesiyle arttığını bildirmiştir.

Çizelge 3. Şekerpare örneklerine ait renk ve tekstürel özellikler

Table 3. Colour and textural properties of şekerpare samples

		Renk Özellikleri			Tekstürel Özellikler	
		L*	a*	b*	Sertlik (g)	Kırılganlık (mm)
MuPr	K	48,50±1,20 ^{Cc}	13,30±0,29 ^{Aa}	17,90±0,51 ^{Cc}	3185±23,60 ^{Ba}	49,76±0,74 ^{Bb}
	SP	53,03±0,02 ^{Bb}	13,79±0,49 ^{Aa}	20,06±0,09 ^{Ba}	3167±186,57 ^{Ba}	50,31±0,41 ^{ABb}
	BP	56,05±1,25 ^{Ab}	11,55±0,62 ^{Ba}	21,01±0,36 ^{Aa}	2531±148,94 ^{Cab}	50,59±0,47 ^{Ab}
	SP+TG	53,01±0,16 ^{Bb}	13,45±0,81 ^{Aa}	20,07±0,47 ^{Bab}	3791±286,07 ^{Aa}	49,56±0,18 ^{Bc}
	BP+TG	52,51±0,54 ^{Bb}	11,75±0,74 ^{Bab}	19,83±0,18 ^{Bb}	3080±266,02 ^{Ba}	49,97±0,05 ^{ABbc}
PrMn	K	65,27±0,22 ^{Ba}	7,69±0,35 ^{Bc}	18,44±0,32 ^{Cbc}	1404±7,41 ^{BCd}	50,61±0,38 ^{Bb}
	SP	64,74±0,54 ^{Ba}	8,83±1,05 ^{Bb}	19,42±1,00 ^{Ba}	1443±156,13 ^{Bd}	50,75±0,07 ^{ABb}
	BP	69,60±1,06 ^{Aa}	6,92±0,32 ^{Cb}	17,58±0,51 ^{Cc}	1177±21,39 ^{Cc}	50,75±0,37 ^{ABb}
	SP+TG	62,46±1,01 ^{Ca}	11,58±0,05 ^{Ab}	20,85±0,27 ^{Aa}	1317±234,41 ^{BCc}	50,12±0,99 ^{Bbc}
	BP+TG	63,95±2,15 ^{BCa}	10,75±1,03 ^{Ab}	20,59±0,09 ^{Aa}	2341±38,12 ^{Aba}	51,67±0,28 ^{Aa}
MuPtTn	K	56,18±1,66 ^{Ab}	10,67±0,50 ^{Cb}	21,34±0,25 ^{Aa}	1726±177,95 ^{Cc}	52,26±0,54 ^{Aa}
	SP	48,75±1,85 ^{Cc}	13,12±0,22 ^{Aa}	18,17±0,79 ^{Cb}	2486±10,93 ^{Ab}	51,99±0,41 ^{Aa}
	BP	51,83±1,42 ^{Bc}	11,71±0,21 ^{BCa}	19,07±0,58 ^{Bb}	2595±206,78 ^{Aa}	51,83±0,03 ^{ABa}
	SP+TG	51,66±1,90 ^{Bb}	12,20±1,48 ^{ABab}	19,01±0,42 ^{BCc}	2533±13,67 ^{Ab}	51,25±0,30 ^{Ba}
	BP+TG	50,98±0,17 ^{BCb}	12,29±0,15 ^{ABa}	19,24±0,03 ^{Bbc}	2192±97,63 ^{Bb}	50,39±0,34 ^{Cb}
MuPtMn	K	49,19±0,41 ^{Cc}	13,18±0,40 ^{Aa}	18,54±0,09 ^{Bb}	2136±68,19 ^{Ab}	49,83±0,04 ^{ABb}
	SP	53,60±0,34 ^{Ab}	13,99±3,27 ^{Aa}	20,18±0,35 ^{Aa}	2168±122,85 ^{Ac}	50,94±0,98 ^{Aab}
	BP	52,54±1,69 ^{ABc}	11,95±0,91 ^{Aa}	19,66±0,60 ^{Ab}	2131±372,57 ^{Ab}	50,86±0,91 ^{ABab}
	SP+TG	53,06±1,61 ^{Ab}	11,40±0,50 ^{Ab}	19,25±0,66 ^{ABbc}	2137±215,78 ^{Ab}	50,64±0,19 ^{ABab}
	BP+TG	50,34±1,69 ^{BCb}	12,85±0,12 ^{Aa}	18,56±0,70 ^{Bc}	2162±51,84 ^{Ab}	49,72±0,54 ^{Bc}

*Farklı büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar aynı hamur karışımı içerisinde farklı uygulamaların istatistiki olarak birbirinden farklı olduğunu gösterir (p<0.05). Farklı küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar aynı uygulamada hamur karışımları arasındaki farklılığı gösterir (p<0.05). Mu: Mısır Unu, Pr: Pirinç Unu, Mn: Mısır Nişastası, Pt: Patates Unu, Tn: Tapyoka Nişastası, K: Kontrol, SP: Soya Proteini, BP: Bezelye Proteini, TG: Transglutaminaz Enzimi

Çizelge 4. Şekerpare örneklerinin duyuşal değerlendirme sonuçları

Table 4. Sensory evaluation results of şekerpare samples

		Renk	Görünüş	Yapışkanlık	Dağılan Yapı	Pütürlü Taneli Yapı	Genel Beğeni
MuPr	K	8,13±0,26 ^{Ca}	8,71±0,19 ^{ABa}	8,32±0,33 ^{Aa}	8,33±0,27 ^{Aa}	7,28±0,22 ^{Aa}	8,28±0,21 ^{Aa}
	SP	8,08±0,30 ^{Ca}	8,63±0,27 ^{Ba}	8,31±0,17 ^{Aa}	8,32±0,28 ^{Aa}	7,30±0,26 ^{Aa}	8,43±0,13 ^{Aa}
	BP	8,90±0,22 ^{Aa}	9,04±0,15 ^{Aa}	8,65±0,24 ^{Aa}	8,34±0,26 ^{Aa}	7,33±0,21 ^{Aa}	8,45±0,23 ^{Aa}
	SP+TG	8,63±0,41 ^{ABa}	8,63±0,30 ^{Ba}	8,22±0,25 ^{Aa}	8,24±0,22 ^{Aa}	7,25±0,30 ^{Aa}	8,49±0,16 ^{Aa}
	BP+TG	8,23±0,30 ^{BCa}	8,59±0,32 ^{Ba}	8,68±0,15 ^{Aa}	8,38±0,20 ^{Aa}	7,35±0,26 ^{Aa}	8,51±0,29 ^{Aa}
PrMn	K	4,58±0,29 ^{Ac}	3,51±0,26 ^{Ac}	8,04±0,43 ^{Aa}	4,50±0,36 ^{Ac}	5,63±0,31 ^{Ac}	4,55±0,19 ^{Ac}
	SP	4,75±0,45 ^{Ac}	3,46±0,29 ^{Ac}	7,84±0,61 ^{Aa}	4,53±0,31 ^{Ac}	5,10±0,22 ^{Bd}	4,53±0,25 ^{Ac}
	BP	4,45±0,31 ^{Ac}	3,32±0,36 ^{Ad}	7,84±0,71 ^{Aa}	4,32±0,29 ^{Ac}	5,15±0,24 ^{Bc}	4,48±0,28 ^{Ac}
	SP+TG	4,45±0,41 ^{Ac}	3,29±0,27 ^{Ac}	7,87±0,52 ^{Aa}	4,13±0,23 ^{ABc}	5,20±0,18 ^{Bc}	4,50±0,26 ^{Ac}
	BP+TG	3,65±0,39 ^{Bc}	3,16±0,19 ^{Ac}	7,66±0,82 ^{Aa}	3,75±0,21 ^{Bc}	5,30±0,26 ^{ABc}	4,38±0,26 ^{Ac}
MuPtTn	K	7,73±0,36 ^{Aab}	7,66±0,31 ^{Bb}	7,81±0,86 ^{Aa}	8,60±0,31 ^{Aa}	6,43±0,25 ^{Ab}	7,30±0,26 ^{Ab}
	SP	7,68±0,39 ^{Aab}	7,50±0,29 ^{Bb}	7,88±0,77 ^{Aa}	8,18±1,12 ^{Aa}	6,53±0,32 ^{Ab}	7,22±0,21 ^{Ab}
	BP	7,70±0,39 ^{Ab}	8,20±0,18 ^{Ab}	7,94±0,70 ^{Aa}	8,44±0,29 ^{Aa}	6,43±0,25 ^{Ab}	7,38±0,23 ^{Ab}
	SP+TG	7,45±0,37 ^{Ab}	8,27±0,28 ^{ABab}	7,94±0,57 ^{Aa}	8,53±0,19 ^{Aa}	6,50±0,24 ^{Ab}	7,52±0,13 ^{Ab}
	BP+TG	7,53±0,22 ^{Ab}	8,08±0,24 ^{Ab}	7,90±0,58 ^{Aa}	8,65±0,26 ^{Aa}	6,45±0,30 ^{Ab}	7,40±0,22 ^{Ab}
MuPtMn	K	7,50±0,37 ^{Ab}	7,47±0,19 ^{Cb}	7,79±0,84 ^{Aa}	6,50±0,22 ^{Bb}	5,50±0,41 ^{Ac}	7,53±0,27 ^{Ab}
	SP	7,45±0,31 ^{Ab}	7,58±0,26 ^{Cb}	7,85±0,77 ^{Aa}	6,67±0,29 ^{Bb}	5,55±0,35 ^{Ac}	7,44±0,21 ^{Ab}
	BP	7,60±0,36 ^{Ab}	7,58±0,30 ^{Cc}	7,94±0,70 ^{Aa}	7,21±0,26 ^{Ab}	5,51±0,27 ^{Ac}	7,49±0,14 ^{Ab}
	SP+TG	7,60±0,33 ^{Ab}	8,05±0,21 ^{Bb}	7,91±0,80 ^{Aa}	7,35±0,27 ^{Ab}	5,42±0,33 ^{Ac}	7,68±0,15 ^{Ab}
	BP+TG	7,85±0,31 ^{Aab}	8,60±0,29 ^{Aa}	7,94±0,84 ^{Aa}	7,53±0,26 ^{Ab}	5,49±0,34 ^{Ac}	7,50±0,18 ^{Ab}

*Farklı büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar aynı hamur karışımı içerisinde farklı uygulamaların istatistiki olarak birbirinden farklı olduğunu gösterir (p<0.05). Farklı küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar aynı uygulamada hamur karışımları arasındaki farklılığı gösterir (p<0.05). Mu: Mısır Unu, Pr: Pirinç Unu, Mn: Mısır Nişastası, Pt: Patates Unu, Tn: Tapyoka Nişastası, K: Kontrol, SP: Soya Proteini, BP: Bezelye Proteini, TG: Transglutaminaz Enzimi

Şekerpare örneklerinin sertlik ve kırılabilirlik değerleri sırasıyla 1404-3791 g, 49,56-52,26 mm aralığında değişmiştir. Kullanılan un karışımları örneklerin sertlik değerini önemli düzeyde etkilemiştir. Mısır unu ve pirinç ununun kullanıldığı MuPr reçetesinin sertlik değeri en yüksektir. Bunun yanında protein kullanımı hem protein türüne göre hem de un karışımına göre farklılık göstermiştir. Örneğin mısır unu ve pirinç ununun kullanıldığı MuPr'nin kontrol örneğinin sertliği 3185±23,60 g olarak bulunmuşken bu reçetede SP kullanıldığında sertlik değeri benzer olurken (3167±186,57 g), BP kullanıldığı zaman ise azalmıştır (2531±148,94 g). MuPr, PrMn ve MuPtMn reçetelerinde SP eklenmesinin önemli düzeyde etkisi olmamıştır. MuPtTn'de SP ve BP eklenmesi ürünün sertleşmesine neden olmuştur. Bunun yanı sıra BP, MuPr ve PrMn'de ise ürünün sertliğini düşürmüştür. TG enziminin etkisi ise un kombinasyonuna ve protein türüne göre farklılık göstermiştir. MuPr'de SP ile beraber kullanılan TG sertliği artırırken kırılabilirliğini azaltmıştır. Diğer un karışımlarında SP ile birlikte TG enziminin kullanılmasının sertliğe önemli bir etkisi olmamıştır. BP'nin TG ile birlikte kullanımı MuPr, PrMn ve MuPtTn reçetelerinde sertliği düşürmüştür. TG uygulamasının protein ağını teşvik ederek su tutma kapasitesini artırdığı daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Kuraishi ve ark., 2001; Lorenzen ve ark., 2002). Shen ve ark. (2022) çalışmalarının bir bölümünde BP ve TG enziminin etkileşimini incelemişler ve kontrol BP ile karşılaştırıldığında TG ilavesinin, proteinin çapraz bağlanmasını destekleyerek su tutma kapasitesini önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, TG ilavesiyle hazırlanan şekerparelerin sertliğindeki azalma, artan nem içeriğinin bir sonucu olarak gerçekleşmiştir. Altındağ ve ark. (2015) karabuğday unu, mısır ve pirinç unları kullanarak kurabiye üretmiş ve TG enziminin bu karışımlara etkisini incelemişlerdir. TG enziminin kurabiyelerin sertliğinin düşmesine ve kırılabilirlik değerlerinin artmasına neden olduğu bildirilmiştir. Örneklerimizde, kırılabilirlik değerleri açısından belirgin bir farklılık gözlenmemiştir.

Şekerpare Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları

Şekerpare örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Panelistler şekerpare örneklerine ait renk, görünüş, yapışkanlık, dağılan yapı, pütürlü taneli yapı, genel beğeni parametrelerini değerlendirmiştir. Genel olarak tüm parametrelerde panelistlerin en yüksek puan verdiği örnekler % 62,5 mısır unu ve %37,5 pirinç ununun kullanıldığı MuPr reçetesine ait olan örnekler olmuştur. Bununla birlikte kullanılan protein çeşitleri ve enzimin genel olarak ürün yapısında ve lezzetinde herhangi bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. MuPtTn ve MuPtMn reçetelerine ait olan örnekler tüm parametrelerde genel olarak benzer bulunmuştur. Pirinç unu ve mısır nişastasının kullanıldığı PrMn'ye ait olan örnekler panelistler tarafından en düşük puanı almıştır. Bu örneklerin dağılan yapısı ve pütürlü taneli ağız hissi genel beğeniyi de etkilemiş ve genel beğeni açısından en düşük skoru almıştır. Bunun yanında mısır unu ve pirinç ununun birlikte kullanıldığı şekerpare örnekleri genel beğeni açısından en yüksek skoru almıştır.

Sonuç

Yaptığımız çalışmada farklı un karışımları hazırlanmış ve glutensiz şekerpare üretiminde kullanılmıştır. Mısır unu, pirinç unu, patates unu, mısır nişastası, tapyoka nişastası kullanılarak 4 farklı reçete hazırlanmış bu un karışımlarına soya proteini, bezelye proteini, transglutaminaz enzimi eklenerek farklı uygulamalarla geliştirilmeye çalışılmıştır. Hamur yapısının değişimini incelemek amacıyla hamurlarda pH, sertlik, yapışkanlık, hamur kuvveti/kohesiflik parametreleri çalışılmış son ürünlerin ise renk, tekstür, duyusal analizleri yapılmıştır. Kullanılan protein ve enzimin istatistiki olarak sonuçlar üzerine etkisi kullanılan un karışımına bağlı olarak değişmiştir. Her iki hamurda da pH'nın reçetelere göre etkilenmediği belirlenmiştir. En yüksek hamur sertliği mısır unu ve patates ununun birlikte kullanıldığı hamurlarda görülmüştür. Fakat TG enziminin her iki proteine ek olarak kullanılması PrMn ve MuPtTn hamurlarında hamur sertliğini önemli düzeyde düşürmüştür. Son üründe ise mısır unu ve pirinç ununun kullanıldığı MuPr reçetesinin sertlik değeri en yüksek oranda çıkmıştır. Bu durum duyusal olarak istenen bir sonuç oluşturmuştur. Duyusal olarak şekerpare örneklerinde en beğenilen reçete mısır ununun % 62,5 pirinç ununun % 37,5 oranında kullanıldığı MuPr reçetesi olmuştur. Protein çeşidi ya da transglutaminaz enziminin kullanılması duyusal olarak belirgin farklılıklara neden olmamıştır. Bu çalışmada elde edilen başarılı un kombinasyonlarının, glutensiz kek, kurabiye ve ekmek gibi farklı fırıncılık ürünlerinde de değerlendirilmesi gelecek çalışmalar için önemli bir araştırma alanı oluşturabilir. Ayrıca, sonraki çalışmalarda farklı bitkisel protein kaynakları kullanılarak (mercimek proteini, bakla proteini vb.) hamur reolojisi ve son ürün kalitesi üzerindeki etkileri göz önüne alınabilir.

Beyanlar

Araştırma için gerekli etik kurul izni, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Etik Kurulu tarafından 30.12.2024 tarihinde verilmiştir.

Teşekkür

Çalışmadaki desteklerinden dolayı Prof. Dr. Muhammet Arıcı'ya ve Prof. Dr. Tuncay Gümüş'e teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alp, H., & Bilgiçli, N. (2008). Effect of transglutaminase on some properties of cake enriched with various protein sources. *Journal of food science*, 73(5), S209-S214. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00760.x.
- Altındağ, G., Certel, M., Erem, F., & İlknur Konak, Ü. (2015). Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. *Food Science and Technology International*, 21(3), 213-220. <https://doi.org/10.1177/1082013214525428>
- American Association of Cereal Chemists (AACC) (1990). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (8th ed., Vol. 2)*. St. Paul, MN: The American Association of Cereal Chemists.

- Babiker, E. E. (2000). Effect of transglutaminase treatment on the functional properties of native and chymotrypsin-digested soy protein. *Food Chemistry* 70, 139-145. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00231-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00231-9)
- Caio, G., Volta, U., Sapone, A., Leffler, D. A., De Giorgio, R., Catassi, C., & Fasano, A. (2019). Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC medicine*, 17, 1-20. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1380-z>
- Carmen, D., Popping, B., 2012. Gluten and Gluten-Free: Issues and Considerations of Labeling Regulations, Detection Methods, and Assay Validation. *Journal of AOAC International* Vol. 95, No. 2, 337-348. https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGE_Diaz-Amigo
- Dalgic, B., Sari, S., Basturk, B., Ensari, A., Egritas, O., Bukulmez, A., Zeren, B. (2011). Prevalence of celiac disease in healthy Turkish school children. *Official journal of the American College of Gastroenterology| ACG*, 106(8), 1512-1517. DOI: 10.1038/ajg.2011.183
- Ebling, C. D., Thys, R. C., & Klein, M. P. (2022). Influence of amyloglucosidase, glucose oxidase, and transglutaminase on the technological quality of gluten-free bread. *Cereal chemistry*, 99(4), 802-810. <https://doi.org/10.1002/cche.10537>
- Encina-Zelada, C. R., Cadavez, V., Monteiro, F., Teixeira, J. A., & Gonzales-Barron, U. (2019). Physicochemical and textural quality attributes of gluten-free bread formulated with guar gum. *European Food Research and Technology*, 245, 443-458. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3176-3>
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Science Technology*, 15, 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012>
- Gaspar, A. L. C. & de Góes-Favoni, S. P. (2015). Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chemistry*, 171, 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.019>
- Gobbetti M., Rizello C. G., Di Cagno R., De Angelis M., 2007. Sourdough lactobacilli and celiac disease. *Food Microbiology*, 24, 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.014>
- Gujral, H. S., & Rosell, C. M. (2004). Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.10.004>
- Gujral, H. S., Mehta, S., Samra, I. S., & Goyal, P. (2003). Effect of wheat bran, coarse wheat flour and rice flour on the instrumental texture of cookies. *International Journal of Food Properties*, 6, 329e340. <https://doi.org/10.1081/JFP-120017816>
- Gularte, M. A., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. *Food Bioprocess Technology*, 5, 3142–3150. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0642-3>
- Harmancı, Ö., 2008. Erişkin Yaş Grubunda Çölyak Hastalığının Klinik Özellikleri. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı Gastroenteroloji Bölümü Yan dal Uzmanlık Tezi.
- Hoseney, R. C., & Smewing, J. O. (1999). Instrumental measurement of stickiness of doughs and other foods. *Journal of Texture Studies*, 30(2), 123-136. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1999.tb00206.x>
- Kuraishi C, Yamazaki K and Susa Y. (2001). Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International* 17(2): 221–246. <https://doi.org/10.1081/FRI-100001258>
- Lorenzen PC, Neve H, Mautner A and Schlimme E. (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. *International Journal of Dairy Technology* 55(3): 152–157. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00065.x>
- Mancebo, C. M., Rodriguez, P., & Gomez, M. (2016). Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT-food Science and Technology*, 67, 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.045>
- Manley, D. (Ed.). (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. Elsevier.
- Matos, M. E., & Rosell, C. M. (2015). Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(4), 653-661. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6732>
- Matos, M. E., Sanz, T., & Rosell, C. M. (2014). Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids* 35, 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.05.007>
- Muthukumar, J., Selvasakaran, P., Lokanadham, M., & Chidambaram, R. (2020). Food and food products associated with food allergy and food intolerance—An overview. *Food Research International*, 138, 109780. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109780>
- Park, S. J., Ha, Ki-Y., & Shin, M. (2012). Properties and qualities of rice flours and gluten-free cupcakes made with higher-yield rice varieties in Korea. *Food Science Biotechnology*, 21, 365-372. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0048-7>
- Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., & Škrobot, D. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of Texture Studies*, 50(2), 124-130. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12374>
- Shen, Y., Hong, S., Singh, G., Koppel, K., & Li, Y. (2022). Improving functional properties of pea protein through “green” modifications using enzymes and polysaccharides. *Food Chemistry*, 385, 132687. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132687>
- Tang, X., & Liu, J. (2017). A comparative study of partial replacement of wheat flour with whey and soy protein on rheological properties of dough and cookie quality. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 2618020. <https://doi.org/10.1155/2017/2618020>
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in food science & technology*, 103, 200-213. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017>