



MISIR PÜSKÜLÜ TOZU İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ GLUTENSİZ ERİŞTE ÜRETİMİ

Eylem ODABAŞ¹, Hülya ÇAKMAK^{2*}

¹Hitit Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, 19030, Çorum, Türkiye

² Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 19030, Çorum, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Mısır Püskülü,
Sarı Mercimek Unu,
Glutensiz Erişte,
Besinsel Lif.

Öz

Besinsel lifler, yüksek oranda nişasta dışı polisakkaritlerden oluşmakta olup, çözünmez fraksiyonları kolesterolü düşürmeye yardımcı olurken, çözünür fraksiyonları sindirim sistemi sağlığının korunmasına yardımcı olur. Glutensiz ürünlerde besinsel lif içeriğinin çoğunlukla nişasta kullanımına bağlı olarak düşük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, %60 oranında ısıtılmış işlem görmüş (ISU) veya ısıtılmamış (SU) sarı mercimek unu ile pirinç unu ve patates nişastası içeren yüksek protein içeriğine sahip glutensiz eriştelere, %0.5-1-2.5-5. (toplam un karışımı temelinde) oranlarda mısır püskülü tozu (MT) eklenerek üretilen glutensiz eriştelere besinsel lif içeriği artırılmak istenmiştir.

SMT (ısıtılmamış mercimek unundan üretilen) eriştelere MT'nin artan oranlarda ilavesi kül içeriğinde önemli bir fark yaratmazken ($p>0.05$), ISMT (ısıtılmış mercimek unundan üretilen) eriştelere MT'nin %5 kullanılması kül içeriğinde kontrol örneğine kıyasla önemli düzeyde artışa yol açmıştır ($p<0.05$). SMT ve ISMT eriştelere artan oranlarda MT ile toplam besinsel lif (TBL) içeriği önemli düzeyde artmıştır ($p<0.05$). Ayrıca MT ile zenginleştirilen ISU eriştelere göre daha yüksek TBL içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. MT ile zenginleştirilen glutensiz erişte örneklerinde, MT'nin artan oranlarda ilavesi, SMT eriştelere pişme kaybının azalmasını sağlarken, ISMT eriştelere artışa neden olmuştur ($p<0.05$). Ayrıca SMT ve ISMT eriştelere MT'nin artışı pişme süresinin uzamasına yol açarken, parlaklık ve sarılık değerini önemli düzeyde azaltmıştır ($p<0.05$).

PRODUCTION of GLUTEN-FREE NOODLES ENRICHED with CORN SILK POWDER

Keywords

Corn Silk,
Yellow Lentil Flour,
Gluten-Free Noodle,
Dietary Fiber.

Abstract

Dietary fiber is composed of high levels of non-starch polysaccharides, and their insoluble fractions decreases blood cholesterol whereas soluble fractions help to improve gastrointestinal health. Depending on using starch-based flours in gluten-free products, they might have low dietary fiber content as it was stated in the literature. In this study, gluten-free noodles having 60% of raw (SU) or heat-treated yellow lentil flour (ISU) were enriched with increasing amounts of corn silk powder (MT) (0.5, 1, 2.5, and 5%, on total flour basis), for improving the total dietary fiber contents of the noodles.

The ash content of gluten-free noodles with SU did not significantly increased depending on the increasing levels of MT ($p>0.05$), whereas 5% MT added noodle produced from ISU had significantly higher ash compared to the control sample ($p<0.05$). Besides, increasing levels of MT for both noodles had an increasing trend in the total dietary fiber (TBL) amount ($p<0.05$). It has also determined that ISU noodles had comparably higher TBL than SU noodles. Enrichment with MT decreased the cooking loss of SU noodles, but increased in ISU noodles ($p<0.05$). Also, increasing the level of MT extended the cooking period, while decreasing the brightness and yellowness values for both noodle types ($p<0.05$).

* İlgili yazar / Corresponding author; hulyacakmak@hitit.edu.tr, +90-364-227-4536

Alıntı / Cite

Odabaş, E., Çakmak, H. (2023). Mısır Püskülü Tozu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Erişte Üretimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2), 693-707.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

E. Odabaş, 0000-0001-5034-1370
H. Çakmak, 0000-0002-4936-939X

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	27.12.2022
Revizyon Tarihi / Revision Date	03.03.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	09.03.2023
Yayın Tarihi / Published Date	28.06.2023

PRODUCTION OF GLUTEN-FREE NOODLES ENRICHED WITH CORN SILK POWDER

Eylem ODABAŞ¹, Hülya ÇAKMAK^{2†}

¹Hitit University, Institute of Graduate Studies, Department of Food Engineering, 19030, Corum, Türkiye

²Hitit University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 19030, Corum, Türkiye

Highlights

- Corn silk powder is a good source of dietary fiber.
- Raw and heat-treated yellow lentil flour can be used for production of protein-rich noodles.
- Corn silk powder can be incorporated into gluten-free noodles as a source of dietary fiber.
- Corn silk powder has appreciable amounts of water-soluble proteins and antioxidant compounds.

Purpose and Scope

Gluten-free products generally known as energy (calorie) dense and have unbalanced nutrient composition because of high fat and carbohydrate rich ingredients. Therefore, their formulations should be redesigned by incorporating novel ingredients such as legume flours and plant-based dietary fiber sources. For this purpose, gluten-free noodles including raw (SU) or heat-treated yellow lentil flour (ISU) were enriched with corn silk powder (MT) in order to increase the total dietary fiber contents of the noodles.

Design/methodology/approach

The yellow lentil based gluten-free noodles were prepared according to traditional Turkish noodle production with the gluten-free ingredients. Control and MT-enriched noodle quality were tested in terms of nutritional composition, cooking quality, color and microstructural analysis. Statistical analyses were performed for evaluation and discussion of possible differences between samples.

Findings

Increasing the amounts of MT for SU and ISU including noodles had an increasing trend in the total dietary fiber amount ($p<0.05$). It has also determined that ISU noodles had comparably higher TBL than SU noodles because of TBL of heat-treated yellow lentil flour had higher TBL than SU. Besides, corn silk powder enriched gluten-free noodles had significantly higher total antioxidant capacity than control samples ($p<0.05$). Enrichment with MT caused a significant decrease in cooking loss of SU-based noodles, whereas the cooking loss of ISU noodles increased significantly by increasing amount of MT addition ($p<0.05$). Also, increasing the level of MT extended the optimum cooking time significantly ($p<0.05$). Depending on the dark brownish color of MT, enrichment of noodles with MT resulted in decreasing of the brightness of gluten-free noodles. Besides, the yellowness values decreased depending on the increasing the ratio of MT for both noodle types ($p<0.05$).

Research limitations/implications

Corn silk powder enrichment has helped to increase the total dietary fiber content of the gluten-free noodles; however, the optimum level of enrichment should be limited to maximum 2.5% on flour mixture basis. Over those limit, the cooking quality was adversely affected.

Practical implications

Corn silk powder can be used as a dietary fiber source in several food products including traditional gluten-free Turkish noodles. Thus, this agricultural by-product will not only gain an economic value, but also will help to develop novel food formulations with improved nutritional composition.

Originality

Corn silk powder due to its antioxidant properties mostly employed for enriching the antioxidant capacity of added food product. However, it has a great potential for development of plant-based dietary fiber including food products. Thus, this study proved that the corn silk powder, which is an underutilized by-product, could successfully incorporated in to the plant-based protein rich gluten-free noodles with a sustainable food production approach.

1. Giriş (Introduction)

Asya'da temel gıda maddesi olarak tüketilen erişte, çeşitli tahıl unlarına tuz ve suyun ilave edilmesi sonucu oluşan hamurun, açma ve kesme işlemlerinden sonra kurutulması ile elde edilmektedir (Heo vd, 2013). İşleme

[†] Corresponding author: hulyacakmak@hitit.edu.tr, +90-364-227-4536

koşullarına (geleneksel veya endüstriyel yöntemler), kullanılan un çeşidine, yumurta kullanılıp kullanılmaması gibi değişkenlere bağlı olarak çok farklı erişte çeşidi üretilebilmektedir. Bununla birlikte, eriştenin ana hammaddesi olan buğday ununun gluten proteinleri içermesi, çölyak hastalığı, gluten alerjisi ve çölyak dışı gluten duyarlılığı olan bireylerin tüketimini engellemektedir (Balakireva ve Zamyatnin, 2016). Son yıllarda, çölyak hastalığının daha iyi teşhis edilmesi ve glutensiz ürünlerin daha sağlıklı ve formda kalmaya yardımcı olduğunu düşünen insanların sayısındaki artışla birlikte glutensiz ürünlere olan talep hızla artmaktadır (Ungureanu-Iuga vd., 2020). Son yıllarda belirtilen sebeplerle glutensiz ürün çeşitliliğini artırma, besin içeriğini, tekstürünü ve duyuşsal özelliklerini iyileştirme üzerine araştırmalar gerçekleştirilmektedir.

Glutensiz erişte üretiminde, gluten proteininin eksikliğinden kaynaklı olarak hamurda yapı veya ağ oluşumu sağlanamamaktadır (Heo vd., 2013). Glutensiz erişte üretiminde pirinç unu, yumuşak tadı, yüksek sindirilebilirliği ve erişte tekstürüne fayda sağlayan daha küçük nişasta granüllerine sahip olması nedeniyle buğday ununun en iyi ikamesi olarak kabul edilip en sık kullanılan temel hammaddelerden bir tanesidir (Padalino vd., 2016; Kang vd., 2017). Literatür incelendiğinde, pirinç unundan üretilen glutensiz eriştenin besinsel içeriği ve ürün kalitesinin iyileştirmek için, formülasyona yalancı tahıllar, baklagiller, diğer nişasta kaynakları veya hidrokolloidler gibi maddeler ilave edildiği görülmektedir (Padalino vd., 2016; Levent, 2017; Odabas ve Cakmak, 2022; Odabas vd., 2022). Baklagiller, yüksek protein içeriğine sahip olup, esansiyel amino asit olan lizin açısından da zengin olması sebebiyle gıda zenginleştirme amacıyla tercih edilen bir besin grubudur (Bresciani vd., 2021). Ayrıca dirençli nişasta, besinsel lif, vitaminler, mineraller, fenolik bileşenler bakımından da zengindir (Roy vd., 2010; Piecyk vd., 2012; Bresciani vd., 2021; Odabaş, 2021). Sarı mercimek bilinen en eski baklagil kaynaklarından biri olup, yüksek protein içeriği (%20.6-31.4) sayesinde önemli bir hammadde kaynağıdır (Navare, 2019). Ayrıca sarı mercimeğin, makarnalık buğday irmiğine benzeyen kotiledon rengi makarna ve erişte üretimi için ideal bir hammadde olarak kullanım potansiyelini arttırmaktadır (Bresciani vd., 2021; Odabas ve Cakmak, 2022).

Mısır püskülü, mısır koçanının tepesinde bulunan ve genellikle organik gübre ya da hayvan yemi olarak değerlendirilen tarımsal bir atıktır (Singh vd., 2022a). Ancak iyi bir protein (%12.9-19.1) ve besinsel lif (%39.4-53.3) kaynağı olduğu bilinmektedir (Singh vd., 2022d). Besinsel lifin bir kısmı pektin, glukon ve glukomannan gibi çözünür fraksiyonlardan oluşurken, selüloz, hemiselüloz ve lignin ise çözünmez besinsel lif fraksiyonlarını oluşturmaktadır (Singh vd., 2022a). Flavonoidlerce zengin olan mısır püskülünün, antosiyaninler, tanenler, tanen benzeri polifenoller, fenolik asitler ile karotenoidleri içerdiği belirtilmektedir (Hasanudin vd., 2012; Thapphasaraphong vd., 2016; Abudayeh vd., 2022; Singh vd., 2022d). Geleneksel tıpta antidiyabetik ve antihipertansif olarak bilinen mısır püskülü, gut, hiperglisemi, obezite, ödem, romatizma, sarılık, sistit ve diğer üriner enfeksiyonları tedavi etmek amacıyla kullanılırken, yapılan hayvan testleriyle mısır püskülü ekstraktının pıhtılaşma ve kanama bozukluklarında terapötik potansiyeli olduğu belirtilmektedir (Abudayeh vd., 2022; Singh vd., 2022a; 2022b). Mısır püskülü yetiştirildiği bölge, mısır çeşidine ve mısırın olgunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte önemli miktarda karbonhidrat, vitaminler, sodyum, magnezyum, potasyum ve kalsiyum gibi mineraller ile, uçucu yağlar, steroid ve alkaloidler içermektedir (Rahman ve Rosli, 2014; Singh vd., 2022a; 2022b). Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde mısır püskülü tozunun buğday unundan üretilen erişteleri, papayadan üretilen atıştırılmalıkları, sığır etinden üretilen köfteleri besinsel lif ve polifenollerce zenginleştirmek amacıyla başarıyla kullanılabilirdiği görülmüştür (Logan-del Castillo vd., 2020; Singh ve Raghuvanshi, 2021; Ning vd., 2022). Mısır püskülünün yapısında bulunan besin öğeleri dikkate alındığında, bu tarımsal atığın fonksiyonel bir bileşen olarak glutensiz gıdaları besinsel lif ve antioksidanca zenginleştirme amacıyla kullanılabilirdiği öngörülmüştür.

Bu çalışmada, sarı mercimek unu (SU) ve ısıl işlem görmüş sarı mercimek unu (ISU) kullanılarak üretilen glutensiz erişte formülasyonlarını, besinsel lif içeriğini zenginleştirmek amacıyla farklı oranlarda (%0.5-0.5-1.25-2.5) mısır püskülü tozu (MT) eklenmiştir. MT oranına bağlı olarak glutensiz eriştelerin besin içeriği, pişme kalitesi, renk ve mikro yapıya olan etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Materyal (Material)

Sarı mercimek tohumu Yayla Agro Gıda Sanayi ve Nakliyat A. Ş. (Mersin), glutensiz pirinç unu Dr. Oetker Gıda San. ve Tic. A. Ş. (İzmir), patates nişastası Başak Tüketim ve Gıda A. Ş. (İstanbul), ksantan gam Brenntag Kimya Tic. Ltd. Şti. (İstanbul)'dan temin edilmiştir. Bütün taze yumurta ve sofralık tuz Çorum'da bulunan yerel marketten satın alınmıştır. Mısır püskülü, Çorum'da bulunan bir tarladan taze olarak toplanan mısırlardan ayıklanıp kurutularak elde edilmiştir.

Kimyasal analizlerde kullanılan aseton (%99,5, Tekkim, Türkiye), DPPH (Sigma-Aldrich, Amerika), etil alkol (%99,9, Tekkim, Türkiye), folin (Merck, Almanya), hidroklorik asit (%37, Isolab, Almanya), Megazyme toplam besinsel lif kiti (Megazyme International, Wicklow, İrlanda), MES hidrat (Sigma-Aldrich, Amerika), petrol eteri (Isolab, Almanya), sodyum hidroksit (%99 Tekkim, Türkiye) ve Troloks (Sigma-Aldrich, Amerika) yerel tedarikçilerden temin edilmiştir.

2.2. Yöntem (Method)

2.2.1. Hammadde analizleri (Analysis of raw material)

Hammaddelerin parçacık boyutu, 2 mm–125 µm arasındaki ASTM-E11 standardına uygun elek seti ile elek sallama cihazı (Jeotest, JG035/1, Türkiye) kullanılarak incelenmiştir. Analiz 3 paralel gerçekleştirilmiştir.

Hammaddelerin nem, kül, yağ ve ham protein miktarları AACC ve AOAC standart yöntemleri (Metot no: 44-17.01, 08-01, 30-25.01, 46-11A, 981.12 ve 942.15) ile belirlenmiştir (AOAC, 1990; AACC, 2009).

Sarı mercimek unları ve mısır püskülü tozlarının suda çözünür protein içerikleri Lowry yöntemine göre belirlenmiştir (Aydemir ve Akcakaya, 2019). Bu yöntemle göre örneklerin ilk önce suda çözünür ekstraktı hazırlanmış, daha sonra bu ekstrakt Lowry reaktifine reaksiyona sokulmuştur. Bu karışım 1 saat karanlıkta bekletildikten sonra karışımın absorbansı 750 nm'de spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1800, Japonya) okunmuştur. Sonuçlar bovin serum albümini eşdeğeri (mg BSA/g örnek) olarak ifade edilmiştir.

Mısır püskülünün su tutma kapasitesi, şişme gücü ve çözünürlük değerleri Odabaş (2021) tarafından yapılan çalışmada belirtilen yöntemlere belirlenmiştir. Su tutma kapasitesi için 5 g örnek tartılarak 25 ml distile su içerisinde çözündürülerek santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Daha sonra bu karışım 5. 10. 15. ve 20. dakikalarda çalkalanmış ve 20. dakika sonunda 4000 rpm'de 10 dakika oda sıcaklığında santrifüj (Sigma, 3-30K, Almanya) edilmiştir. Tüpte kalan serbest su yüzeyden uzaklaştırıldıktan sonra tüp tartılmış ve tortu ağırlığının örnek ağırlığına oranından su tutma kapasitesi yüzdesi hesaplanmıştır. Şişme gücü için, saf suyla ağırlıkça %2 hazırlanan örnek karışımı 95°C'de 30 dk ısıtılmıştır. Daha sonra jelatinize kısım 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra üst faz ayrılarak kurutulmuştur. Jelatinize örneğin başlangıçtaki tartılan örnek miktarına oranından şişme kuvveti hesaplanmıştır. Çözünürlük yüzdesi ise, üst fazda ayrılan örnek ağırlığının başlangıçta tartılan örneğe oranından hesaplanmıştır.

Mısır püskülü tozunun renk değeri spektrofotometre (Konica Minolta, CM3600D, Japonya) kullanılarak CIE L*a*b* renk uzayına göre ölçülmüştür. Bu renk uzayında L* parlaklık (0: siyah, 100: beyaz), +a*: kırmızılık, -a*: yeşillik, +b*: sarılık ve -b*: mavilik değerini göstermektedir. Renk analizi en az 6 paralel olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama olarak belirtilmiştir.

Hammaddelerin toplam besinsel lif (TBL) içerikleri Megazyme toplam besinsel lif analiz kiti ile enzimatik-gravimetrik olarak belirlenmiştir (AACC metot no: 32-45.01, 2009). Örneğe MES-TRIS tamponu ilave edildikten sonra α-amilaz eklenerek 100°C'ye ayarlanan su banyosunda (Wise bath, Daihan Scientific, Kore) 30 dakika bekletilmiştir. Karışıma saf su, proteaz, HCl ve amiloglikozidaz ilave edildikten sonra 60°C'de 30 dk daha bekletilmiştir. Karışımlara %95'lik etil alkol eklendikten sonra Gosh krozelerinin üzerine karışım dökülerek %95'lik etil alkol ve asetonla yıkanmış ve krozeler 24 saat 105°C'de etüvde (Memmert, UN 55, Almanya) kurutulmuştur. Sonuçlar kuru madde temelinde %TBL olarak verilmiştir.

Hammaddelerin toplam antioksidan aktivite içerikleri DPPH indirgeme metoduna göre belirlenmiş olup (Xu vd., 2018), örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1800, Japonya) 517 nm'de ölçülmüştür. Troloks standart eğrisinin eğimi kullanılarak örneklerin toplam antioksidan aktivite değeri mM TEAK olarak hesaplanmıştır.

2.2.2. Glutensiz erişte üretimi (Production of gluten-free noodles)

Isıl işlem görmemiş sarı mercimek unu (SU) ve ısıl işlem görmüş sarı mercimek unu (ISU) Odabaş (2021) belirtilen yöntemle göre üretilmiştir (Şekil 1A ve 1B). Isıl işlem görmüş sarı mercimek unu üretimi için, sarı mercimek tohumları öncelikle yıkanmıştır, daha sonra ağırlıkça 1/5 mercimek/su olacak şekilde distile su ilave edilerek 9 saat suda bekletilmiştir. Fazla suyu süzülen mercimekler 20 dakika kaynar distile suda pişirilmiştir. Fazla suyu süzülen pişmiş mercimek tohumları 40°C'de etüvde (Memmert, UN 55, Almanya) 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar çekiçli değirmende (Brabender, SM3, Almanya) öğütülüp 250 mikron elekten geçen un erişte üretiminde kullanılmıştır.

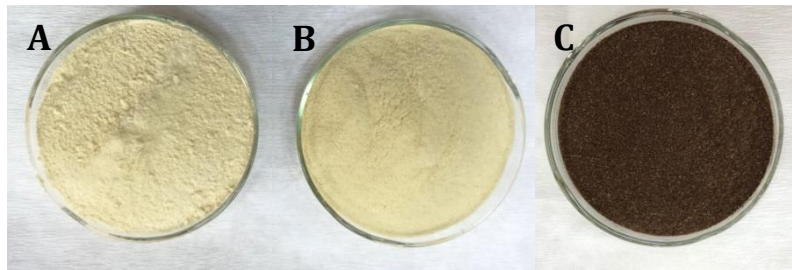
Mısır püskülü tozu (MT) üretmek için; mısır püskülleri yıkanıp 40°C'de etüvde (Memmert, UN 55, Almanya) 24 saat kurutulmuş ve laboratuvar ölçeğinde çekiçli değirmenle (Brabender SU3, Almanya) öğütülmüştür. Daha sonra 250 mikron standart elekten geçen örnekler glutensiz erişte üretiminde kullanılmıştır (Şekil 1C).

Glutensiz erişte üretiminde Odabas vd. (2022) yapmış olduğu çalışma dikkate alınarak %60 SU veya 60% ISU içeren glutensiz un karışımları kullanılmış ve Tablo 1'de detayları verildiği gibi %0.5, 1.0, 2.5 ve 5.0 oranlarında (toplam un temelinde) MT ile zenginleştirme yapılmıştır. Verilen glutensiz erişte formülasyonlarında erişte üretimi için öncelikle toz malzemeler karıştırılmış ve üzerine sırasıyla bütün yumurta ve su ilave edilerek 15 dakika boyunca hamur yoğurulmuştur. Hazırlanan hamur 20 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra, erişte açma ve kesme makinesinde (Naturalove, MZ-150-A, Çin) inceltmiştir. Daha sonra uzun şeritler halinde kesilmiş ve şeritler 4 cm uzunluğunda dilimlenip 50 °C'de etüvde 16 saat kurutulmuştur. İki paralel olarak üretilen eriştelere Şekil 2' de görülmektedir. Erişte örnekleri analizlere kadar polietilen ambalajlarda kuru bir ortamda saklanmıştır.

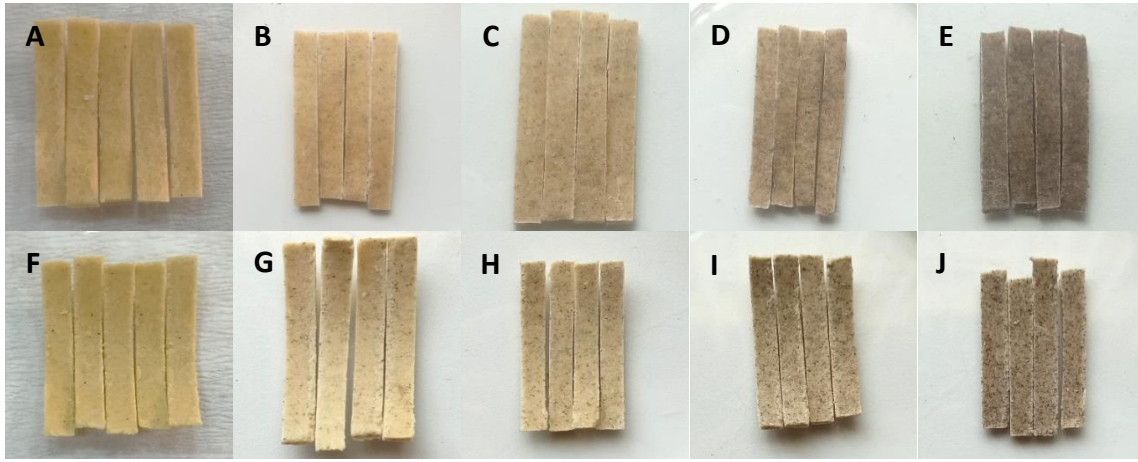
Tablo 1. Mısır Püskülü Tozu İçeren Glutensiz Erişte Formülasyonları (200 g toplam un karışımı temelinde)
(Gluten-Free Noodle Formulations Including Corn Silk Powder (On 200 g of total flour mixture basis))

ÖRNEK	SU (g)	ISU (g)	PU (g)	PN (g)	MT (g)	YUMURTA (g)	SU (ml)	TUZ (g)	KSANTAN GAM (g)
SM-K	120.00	-	40.00	40.00	-	60	50	1	4
SMT0.5	119.50	-	39.75	39.75	1.0	60	53	1	4
SMT1	119.00	-	39.50	39.50	2.0	60	54	1	4
SMT2.5	117.50	-	38.75	38.75	5.0	60	56	1	4
SMT5	115.00	-	37.50	37.50	10.0	60	62	1	4
ISM-K	-	120.00	40.00	40.00	-	60	110	1	4
ISMT0.5	-	119.50	39.75	39.75	1.0	60	110	1	4
ISMT1	-	119.00	39.50	39.50	2.0	60	111	1	4
ISMT2.5	-	117.50	38.75	38.75	5.0	60	113	1	4
ISMT5	-	115.00	37.50	37.50	10.0	60	121	1	4

SM-K: Sarı mercimek kontrol eriştesi, SMT0.5: %0.5 MT içeren sarı mercimek eriştesi, SMT1: %1 MT içeren sarı mercimek eriştesi, SMT2.5: %2.5 MT içeren sarı mercimek eriştesi, SMT5: %5 MT içeren sarı mercimek eriştesi, ISM-K: ısı işlem görmüş kontrol sarı mercimek eriştesi, ISMT0.5: %0.5 MT içeren ısı işlem görmüş sarı mercimek eriştesi, ISMT1: %1 MT içeren ısı işlem görmüş sarı mercimek eriştesi, ISMT2.5: %2.5 MT içeren ısı işlem görmüş sarı mercimek eriştesi, ISMT5: %5 MT içeren ısı işlem görmüş sarı mercimek eriştesi



Şekil 1. Mercimek unları ve mısır püskülü tozu (Yellow lentil flours, and corn silk powder)
A: Sarı mercimek unu, B: ısı işlem görmüş sarı mercimek unu, C: mısır püskülü



Şekil 2. Artan oranlarda MT ile zenginleştirilen glutensiz erişte örnekleri
(Gluten-free noodles enriched with increasing amounts of corn silk powder)

A: SM-K (ısıt işlem görmemiş mercimek unundan üretilen kontrol eriştesi), B: SMT0.5 (ısıt işlem görmemiş mercimek unundan üretilen %0.5 MT içeren erişte), C: SMT1 (ısıt işlem görmemiş mercimek unundan üretilen %1 MT içeren erişte), D: SMT2.5 (ısıt işlem görmemiş mercimek unundan üretilen %2.5 MT içeren erişte), E: SMT5 (ısıt işlem görmemiş mercimek unundan üretilen %5 MT içeren erişte), F: ISM-K (ısıt işlem görmüş mercimek unundan üretilen kontrol eriştesi), G: ISMT0.5 (ısıt işlem görmüş mercimek unundan üretilen %0.5 MT içeren erişte), H: ISMT1 (ısıt işlem görmüş mercimek unundan üretilen %1 MT içeren erişte), I: ISMT2.5 (ısıt işlem görmüş mercimek unundan üretilen %2.5 MT içeren erişte), J: ISMT5 (ısıt işlem görmüş mercimek unundan üretilen %5 MT içeren erişte)

2.2.3. Glutensiz eriştelelerin fizikokimyasal özellikleri (Physicochemical properties of gluten-free noodles)

Erişte örneklerinin nem, kül, suda çözünür protein, TBL, toplam antioksidan aktivite ve renk değerleri hammadde analizleri kısmında belirtilen metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Glutensiz eriştenin pişme özellikleri (Cooking properties of gluten-free noodles)

Glutensiz eriştelelerin pişme süresi AACC 66-50.01 standartlarına göre belirlenmiş olup, optimum pişme süresinde pişirilen erişteleler pişme suyundan alınmış, dinlendirilmiş ve tartılmıştır. Pişirmeden kalan pişme suyu 105 °C'de 24 saat kurutulurken, pişirilen erişteleler 40°C'deki etüvde 12 saat kurutulmuştur. Glutensiz eriştelelerin suya geçen madde miktarı (% pişme kaybı) Eşitlik (1), su tutma kapasitesi Eşitlik (2) ve şişme indeksi Eşitlik (3)'e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Pişme kaybı} = \frac{\text{kurutulan haşlama suyunun ağırlığı}}{\text{pişmemiş eriştenin ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Su tutma kapasitesi} = \frac{\text{pişmiş erişte ağırlığı} - \text{pişmemiş erişte ağırlığı}}{\text{pişmemiş erişte ağırlığı}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Şişme indeksi} = \frac{\text{pişmiş erişte ağırlığı} - \text{pişirilip kurutulan erişte ağırlığı}}{\text{pişirilip kurutulan erişte ağırlığı}} \quad (3)$$

2.2.5. Glutensiz eriştelelerin mikro yapısı (Microstructure of gluten-free noodles)

Kurutulmuş erişte örneklerinin kesit alanlarının mikro yapıları taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazıyla (Zeiss Evo LS10, Almanya) incelenmiştir. Erişte örnekleri analiz öncesi vakum altında Au (altın) ile kaplanmıştır. Örneklerin görüntüleri 5 kV voltaj ve düşük vakum altında kaydedilmiş, 250× büyütme yapılan SEM görüntüleri incelenmiştir.

2.3. İstatistiksel analizler (Statistical analysis)

Sonuçlar arasındaki istatistiksel farklar SPSS yazılım (SPSS Inc., ABD) 20.0 versiyonu kullanılarak incelenmiştir. Ortalama sonuçlar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak %95'lik önem düzeyinde incelenmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

3.1. Hammaddelerin fizikokimyasal özellikleri (Physicochemical properties of raw materials)

Unların partikül çapı, su tutma kapasitesini, çirşlenme özelliklerini (viskozite, jelatinizasyon sıcaklığı vb.), jel mukavemetini ve son ürünün kalitesini etkileyebildiği için incelenmesi önem taşımaktadır (Patil vd., 2020). Benzer şekilde mısır püskülü tozlarında da parçacık çapının su ve yağ tutma kapasitesini, suda çözünürlüğü, emülsifiye etme, köpük oluşturma kapasitesi ve köpük kararlılığını etkileyebildiği yapılan çalışmada ortaya koyulmuştur (Singh vd., 2022b). Glutensiz erişte üretiminde kullanılan SU, ISU, PU, PN'nin ortalama çapları Odabas vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği gibi sırasıyla; 103.79±0.75 µm, 81.48±0.31 µm, 76.82±1.01 µm, 62.78±0.24 µm bulunmuştur. MT'nin ortalama parçacık çapı ise 126.26±2.82 µm bulunmuş ve MT'in diğer unlara kıyasla en büyük parçacık boyutuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Glutensiz erişte üretiminde kullanılan unların fizikokimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan hammaddelerin nem içerikleri kuru madde temelinde %7.3-11.5 aralığında iken, kül içerikleri kuru madde temelinde %0.2-3.6 aralığında bulunmuştur. En yüksek kül içeriği MT'de bulunurken, MT için bulunan kül içeriğinin literatürde bildirilen kül içeriklerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Rahman ve Rosli, 2014; Senphan vd., 2019). Ayrıca MT'nin toplam yağ içeriği SU ile aynı grupta bulunmuş olup (p>0.05), MT'nin yağ içeriğinin literatürde farklı mısır türlerine ait mısır püskülü için verilen yağ içeriği (%0.13-1.8) arasında kaldığı belirlenmiştir (Singh et al., 2022d). Hammaddelerin ham protein içerikleri Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş ve sonuçlara göre SU'nun %27.34, ISU'nun %26.27 olarak bulunmuştur. Isıl işlem uygulanmasının protein içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Örneklerin suda çözünür protein içerikleri incelendiğinde en yüksek suda çözünür protein değerinin SU'ya ait olduğu belirlenirken, ısıl işlem uygulanması ile suda çözünür protein değerinde önemli düzeyde bir azalmaya yol açmıştır (p<0.05). Literatürde belirtildiği gibi ısıl işlem uygulamasının baklagil unlarında özellikle pH 7 civarında çözünür protein içeriğini önemli düzeyde azaltması, yapıda bulunan nişasta ve proteinler arasında çapraz bağ oluşumundan kaynaklanabilmektedir (Odabas vd., 2022). Ayrıca MT'nin suda çözünür protein içeriğinin SU ve ISU örneklerinin arasında kaldığı tespit edilmiştir (p<0.05).

Tablo 2. Un, nişasta ve MT'nin besinsel kompozisyonu
(Nutritional composition of flours, starches and corn silk powder)

ÖRNEK*	NEM (%)	KÜL (% KM)	YAĞ (% KM)	PROTEİN (% KM)	SUDA ÇÖZÜNÜR PROTEİN (mg BSA/g KM)	TOPLAM BESİNSEL LİF (% KM)	TOPLAM ANTIOKSİDAN AKTİVİTE (mM TEAK)
SU	7.34±0.02 ^a	2.39±0.03 ^d	1.20±0.07 ^c	27.34±0.17 ^b	178.92±5.61 ^d	16.26±0.34 ^a	0.47±0.05 ^a
ISU	7.92±0.07 ^c	1.53±0.09 ^c	1.67±0.01 ^d	26.27±2.69 ^b	53.07±0.91 ^b	22.38±0.53 ^b	0.61±0.09 ^a
PU	7.84±0.27 ^{bc}	0.51±0.06 ^b	0.87±0.04 ^b	9.61±0.09 ^a	1.11±0.15 ^a	-	-
PN	11.58±0.07 ^d	0.21±0.03 ^a	0.23±0.08 ^a	TE	TE	-	-
MT	7.62±0.05 ^b	3.60±0.03 ^e	1.31±0.09 ^c	-	106.40±1.66 ^c	65.04±0.26 ^c	7.67±0.52 ^b

^{a-e}Aynı sütunda bulunan farklı harfler, örnekler arasındaki istatistiksel farklılık olduğunu göstermektedir (p<0,05).

TE: Tespit edilemedi.

*SU (sarı mercimek unu), ISU (ısıl işlem görmüş sarı mercimek unu), PU (pirinç unu) ve PN (patates nişastası)'ye ait fizikokimyasal özelliklerin bazıları Odabas vd. (2022)'den aynen alınmıştır.

Besinsel lif, gıdalarda su ve yağ tutma kapasitesi, emülsifikasyon, jel oluşumu gibi fonksiyonel özelliklere sahiptir ve sinerezisi önleyip raf ömrünü iyileştirme özelliği bulunmaktadır (Elleuch vd., 2011). Bu çalışmada en yüksek TBL içeriği %65.04 ile MT'de belirlenmiştir. Bu değer SU ve ISU'nun TBL içeriğinden yaklaşık 3 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Tiwaree ve Anuntagool (2022) yaptıkları bir çalışmada mısır püskülünün toplam besinsel lif içeriğini %37.3 olarak belirlerken, toplam lifin %1.4'inin çözünür besinsel liften, %35.9'nun ise çözünmez besinsel liften oluştuğunu belirtmişlerdir. Rahman ve Rosli (2014) yaptıkları çalışmada, olgunlaşmamış ve olgunlaşmış mısır püsküllerinin besinsel lif içeriklerinin %48.5-51.2 arasında olduğunu aktarırken, Senphan vd. (2019) yaptıkları çalışmada, tatlı mısır ve mor mumlu mısırdan elde edilen mısır püsküllerinin besinsel lif içeriklerini %52.1-53.5 arasında olduğunu belirtmişlerdir. MT'nin TBL içeriğinin literatürde besinsel lif kaynağı olarak kullanılan yeşil biber unu (%38.3), kırmızı biber unu (%38.4), domates unu (%20.9), ıspanak unu (%42.5), havuç unu (%36.0), kabak unu (%49.1), kuşkonmaz unu (%52.5), rezene unu (%38.5) ve patlıcan ununun (%45.2) TBL içeriğinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Padalino vd., 2013). Bu çalışmada hedeflendiği gibi tarımsal atık olan mısır püskülünün gıdalarda besinsel lif içeriğini arttırmakta ve teknolojik özelliklerini geliştirmekte değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Serbest radikaller, insan sağlığına zararlı ve gıda kalitesi üzerinde olumsuz etkilere yol açan oksidatif hasara neden olmaktadır. Oksidatif hasarın gıdada esmerleşme, besin değerinde değişme, istenmeyen tat ve aroma oluşumu, kanser ve diyabet gibi birçok kronik hastalığa yol açabildiği belirtilirken, antioksidanlar, serbest radikallerin neden olduğu oksidasyon tepkimelerinin yavaşlamasını veya durdurmasını sağlayan bileşiklerdir (Singh vd., 2022c). Hammaddelerin toplam antioksidan aktivite değerleri incelendiğinde SU ile ISU'nun toplam antioksidan aktivite içerikleri arasında önemli düzeyde bir fark olmadığı belirlenirken ($p>0.05$), MT'nin SU ve ISU'dan yaklaşık 6 kat daha yüksek toplam antioksidan aktivite gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$). MT'nin mercimek unlarına kıyasla daha yüksek DPPH radikali süpürme aktivitesinin, MT'nin yapısında doğal olarak bulunan flavonoidler, fenolik asitler, karotenoidler ve antosiyaninlerden kaynakladığı düşünülmektedir (Hasanudin vd., 2012; Thapphasaraphong vd., 2016; Singh vd., 2022d). Singh vd. (2022d), mısır püskülünün olgunluk derecesinin antioksidan aktivite üzerinde önemli düzeyde etkili olduğunu ve en yüksek antioksidan aktivitenin tam olgun mısırdan alınan mısır püskülünde gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Rahman ve Rosli (2014) yaptıkları çalışmada, olgunlaşmamış ve olgunlaşmış mısır püskülünün ABTS metoduyla belirlenen inhibisyon yüzdesinin, olgunlaşmamış mısır püskülünde %23,5-78,4 ve olgunlaşmış mısır püskülünde %17,4-67,4 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Singh vd. (2022a) yaptıkları çalışmada, mısır püskülünün antioksidan aktivite içeriğinin DPPH ve ABTS metodu kullanarak sırasıyla, 45.40 ± 0.92 ve 75.25 ± 0.59 TEAC mg/g KM olduğunu bulmuşlardır.

Gıda ürünlerinin şişme kapasitesi ile su tutma kapasiteleri arasında güçlü bir ilişki belirlenirken, ürünlerin yüksek su tutma kapasitesine sahip olması daha düşük şişme gücüne neden olmaktadır (Singh vd., 2022c). Bu çalışmada mısır püskülü tozunun su tutma kapasitesi, şişme gücü ve çözünürlüğü sırasıyla, 605.38 ± 2.17 , 5.70 ± 0.10 g/g, 26.22 ± 1.48 olarak belirlenmiştir. Toz ürünlerin su tutma kapasitesi son ürünlerdeki duyu ve fonksiyonel özellikleri üzerinde etkili bir özellik olmakla birlikte yüksek su tutma değerine sahip toz ürünler, hamura daha fazla su eklemesini sağlayarak, hamurun işleme özelliklerini geliştirmektedir. Bu özellikler kapsamında MT'nin Odabaş vd. (2022) yaptıkları çalışmadaki sarı mercimek (224.09 ± 0.91) ve ısıtılmış sarı mercimek (319.34 ± 1.28) unu için belirledikleri su tutma kapasitesinden daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. MT'nin düşük şişme gücüne sahip olmasının yüksek su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu görülmektedir. Singh vd. (2022c) yaptıkları çalışmada, 5 farklı çeşit ve 5 farklı gelişim evresinde toplanan mısır püskülü örneklerinin su tutma kapasitelerini %935-1237, şişme gücünü 7.1-9.4 (ml/g) ve çözünürlük değerlerini %13.5-24.8 arasında belirlemişlerdir. Tiwara ve Anuntagool (2022) yaptıkları çalışmada ise, mısır püskülünün su tutma kapasitesini 6.1 g su/g, şişme gücünü 11.4 g/g ve çözünürlüğünü 20.7 g/g olarak bulmuşlardır.

Tüketicilerin geleneksel eriştelere renk algısını ve beklentisini karşılamak için renk önemli bir kalite faktörüdür. Mısır püskülünün renk değerleri incelendiğinde, L^* değeri 49.06 ± 0.13 , a^* değeri 5.37 ± 0.13 , b^* değeri 8.71 ± 0.09 olarak belirlenmiştir. MT'nin Şekil 1C'de de görüleceği gibi oldukça düşük parlaklığa sahip olduğu ve eriştelere yüksek miktarda ilave edilmesinin eriştenin parlaklığını azaltarak tüketici isteklerini olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmaya benzer şekilde Singh vd. (2022a) yaptıkları çalışmada, mısır püskülünün L^* değerini 47.88, a^* değerini 3.16 ve b^* değerini 12.03 olarak belirlemişlerdir.

3.2. Glutensiz Eriştelere Fizikokimyasal Özellikleri ve Pişirme Kalitesi (Physicochemical Properties and Cooking Quality of Gluten-Free Noodles)

Mısır püskülü içeren glutensiz eriştelere fizikokimyasal özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Odabas vd. (2022) tarafından yapılan çalışma dikkate alınarak %20, 40, 60 ve 80 oranlarında kullanılan SU ve ISU içeren glutensiz eriştelere arasında son ürünün protein oranı, besinsel lif içeriği, erişte kalitesi ve tekstürel özellikleri dikkate alınmış ve bu kapsamda en uygun sarı mercimek unu oranlarının %60 olduğu belirlenmiştir. Buna göre SM-K ve ISM-K örnekleri sırasıyla; %60 SU ve %60 ISU'dan üretilen ısıtılmış sarı mercimek unu ve ısıtılmış sarı mercimek unu eriştelere MT içermeyen kontrol örnekleri olarak seçilmiştir.

Glutensiz erişte örneklerinin nem değerleri incelendiğinde, SMT ve ISMT eriştelere nem içeriklerinin %7.58-11.07 arasında olduğu gözlemlenmiş olup, bu değerlerin Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği (TGKMT, 2002/20) için kabul edilebilir sınırlar içerisinde (%13) bulunduğu belirlenmiştir.

Glutensiz eriştelere kül içerikleri incelendiğinde, SM-K örneğine kıyasla SMT eriştelere MT'nin artan oranlarda zenginleştirilmesi kül içeriğinde önemli bir farka neden olmazken ($p>0.05$), ISM-K'ya kıyasla sadece ISMT5.0 eriştesinin kül içeriğinde önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). SMT eriştelere suda çözünür protein içerikleri incelendiğinde MT oranının artışına bağlı olarak suda çözünür protein içeriği azalmış, buna karşın ISMT2.5 ve ISMT5.0 eriştelere kontrol örneğine (ISM-K) kıyasla suda çözünür protein içeriğinin daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). ISMT eriştelere suda çözünür protein içeriklerinin SMT eriştelereinden daha düşük olduğu belirlenmiş olup, bunun Tablo 2'de verilen un örneklerinin suda çözünür

protein içeriğiyle uyumlu olduğu görülmüştür.

TBL içeriğinin en yüksek olduğu glutensiz erişte örneği ISMT5.0 belirlenmiş olup, SMT ve ISMT eriştelere MT oranının artması, TBL içeriğinde önemli düzeyde bir artış sağladığı belirlenmiştir ($p<0.05$). MT'nin mercimek unlarına kıyasla yaklaşık 3 kat daha yüksek TBL içeriğine sahip olmasından kaynaklı olarak %1 MT ile zenginleştirme yapıldığında bile bu çalışmada hedeflendiği gibi glutensiz eriştelere TBL içeriklerinin artmasına katkıda bulunduğu görülmüştür. Padalino vd. (2013) yaptıkları çalışmada, %15 sarı biber ununun mısır ununa ilave edilmesiyle üretilen makarnalarda TBL içeriğinin (%5.4), %100 mısır unuyla yapılan örneğe (%4.1) göre önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir ($p<0.05$). Benzer şekilde Giuberti vd. (2015) yaptıkları çalışmada, %100 pirinç unu ile yapılan makarnaya kıyasla, %20 ve %40 oranlarında fasulye unu ile zenginleştirilerek elde edilen glutensiz makarnaların besinsel lif içeriğinde (%8.0-11.5) kontrol makarnasına kıyasla (%2.8) artış gözlemlenmiştir. Arslan-Bayrakçı (2020) yaptığı çalışmada %40 pirinç unu, %40 mısır unu ve %20 nohut unu içeren makarnaya pirinç ve mısır unu oranı azaltılarak artan oranlarda (%5-15) havuç unu ilave edilmesiyle TBL içeriğinin önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir ($p<0.05$).

MT içeren glutensiz eriştelere toplam antioksidan aktivite değerleri incelendiğinde, SMT0.5 eriştesinin antioksidan aktivite değeri kontrol örneğiyle aynı grupta bulunurken ($p>0.05$), SMT5 eriştesinin antioksidan aktivite değerinin kontrole örneğine kıyasla önemli düzeyde arttığı bulunmuştur ($p<0.05$). ISMT eriştelere ise MT'nin artan oranları, toplam antioksidan aktiviteyi önemli düzeyde arttırmıştır ($p<0.05$). En yüksek toplam antioksidan aktivite içeriğinin ISMT5'te olduğu belirlenmiş olup, bunun Tablo 2'de belirtilen hammaddelerin toplam antioksidan aktivite değerleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Mısır püskülü, karotenoidler gibi flavanoidler içermesi sebebiyle ilave edildikleri gıdanın antioksidan aktivitesinin yükselmesine katkıda bulunurken, MT'den üretilen eriştelere antioksidan içeriğinin artmasını sağlamıştır (Abudayeh vd., 2022; Singh vd., 2022d). Arslan-Bayrakçı (2020) yaptığı çalışmada, pirinç, mısır ve nohut unu ile üretilen makarnaya artan oranda (%5-15) havuç unu ilavesi ile DPPH indirgeme aktivitesinin %33.4-51.1 arasında olduğunu ve kontrol örneğine kıyasla (%5.72) antioksidan aktivitesinin önemli düzeyde arttığını aktarmıştır ($p<0.05$). Gull vd. (2016), irmik, darı unu ve havuç posası tozu kullanarak yaptıkları makarnanın, %100 durum buğdayı irmiğiyle yapılan kontrol makarnasından daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Mısır püskülü tozu içeren glutensiz eriştelere fizikokimyasal özellikleri
(Physicochemical properties of gluten-free noodles including corn silk powder)

ÖRNEK*	NEM (% KM)	KÜL (% KM)	SUDA ÇÖZÜNÜR PROTEİN (BSA mg/g KM)	TOPLAM BESİNSEL LİF (% KM)	TOPLAM ANTIOKSİDAN AKTİVİTE (mM TEAK)
SM-K	7.59±0.20 ^{b;A}	2.51±0.07 ^{c;A}	132.10±2.70 ^{b;C}	11.57±0.31 ^{a;A}	0.27±0.01 ^{a;A}
SMT0.5	7.58±0.19 ^{b;A}	2.52±0.10 ^{c;A}	127.00±0.72 ^{g;B}	12.41±0.74 ^{b;AB}	0.36±0.04 ^{a;A}
SMT1	9.44±0.05 ^{c;B}	2.53±0.05 ^{c;A}	126.57±0.24 ^{g;B}	-	-
SMT2.5	9.81±0.17 ^{cd;C}	2.56±0.07 ^{c;A}	120.13±2.30 ^{f;A}	-	-
SMT5	10.07±0.06 ^{d;C}	2.60±0.08 ^{c;A}	116.27±0.24 ^{e;A}	13.86±0.65 ^{c;B}	0.73±0.04 ^{b;B}
ISM-K	5.59±0.41 ^{a;A}	2.05±0.05 ^{a;A}	69.87±0.23 ^{a;A}	12.54±0.09 ^{ab;A}	1.10±0.01 ^{c;A}
ISMT0.5	9.80±0.05 ^{cd;B}	2.06±0.04 ^{a;A}	72.41±0.98 ^{ab;AB}	13.59±0.42 ^{bc;B}	1.61±0.13 ^{d;B}
ISMT1	10.03±0.06 ^{d;B}	2.07±0.04 ^{ab;A}	74.21±1.89 ^{bc;AB}	-	-
ISMT2.5	10.14±0.40 ^{d;B}	2.10±0.06 ^{ab;AB}	76.34±1.07 ^{c;B}	-	-
ISMT5	11.07±0.15 ^{e;C}	2.18±0.05 ^{b;B}	81.95±2.79 ^{d;C}	15.81±0.05 ^{d;C}	2.13±0.09 ^{e;C}

^{a-h}Aynı sütunda bulunan farklı harfler, örnekler arasındaki istatistiksel farklılık olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

^{A-C}Aynı sütunda (SU ve ISU'dan elde edilen örneklerin kendi arasında) farklı harfler, örnekler arasında istatistiksel farklılık olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

*SM-K ve ISM-K örneklerine ait fizikokimyasal özelliklerin bazıları Odabas vd. (2022)'den aynen alınmıştır.

Tablo 4'te mısır püskülü tozu içeren glutensiz eriştelere pişme kalitesine ait sonuçlar verilmiştir. SU veya ISU'dan üretilen eriştelere artan oranda MT ile zenginleştirilmesi, pişme süresinde önemli düzeyde bir artışa neden olmuştur ($p<0.05$). MT'den gelen besinsel lifler, protein-nişasta ağının bozulmasına yol açarak pişme kaybının artmasına neden olabilmektedir (Tudorică vd., 2002). Ayrıca pişirme işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık ile, besinsel liflerdeki glikozidik bağlar kırıldığında lif moleküllerinin çözünürlüğü dolayısıyla pişme kaybı artmaktadır (Chindapan vd., 2015). Ayrıca MT'nin besinsel lif içeriğinin yüksek su tutma kapasitesine sahip olması ile erişte hamurunda düzensiz su dağılımının oluşabileceği ve bunun da MT oranının artmasıyla pişme kaybını arttıracığı düşünülmektedir (Costa vd., 2016). ISU içeren örneklerde mercimek ununun ısı işlem görmesiyle pişme kaybının SU içeren örneklerden daha yüksek olduğu ve MT ile zenginleştirilmenin pişme

kaybını daha da arttırdığı görülmüştür (Cabrera-Chávez, 2012; Odabas vd., 2022). Bu sonuçlara benzer şekilde %100 mısır unuyla yapılan spagettilerde (kontrol) pişme kaybı %7.8 iken, %15 sarı biber unuyla zenginleştirilen spagettilerde bu değer önemli düzeyde artarak %12'ye çıktığı görülmüştür (Padalino vd., 2013). Ayrıca makarnalara diyet lifi kaynağı olarak %1-3-5 oranlarında üzüm kabuğu tozu eklenmesiyle makarnaların pişme kaybının arttığı saptanmıştır (Ungureanu-luga vd., 2020). Literatürde incelendiğinde genel olarak erişte için kabul edilebilir pişme kaybı seviyesi %12'den az olarak belirtilmektedir (Odabas vd., 2022). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre SMT eriştelerinin hepsi için pişme kaybı kabul edilebilir düzeydeyken, ISMT eriştelerinin %2.5'tan yüksek MT içeren örneklerinde bu limitin üzerine çıktığı görülmektedir.

Tablo 4. Mısır püskülü tozu içeren glutensiz eriştelerin pişme kalitesi
(Cooking quality of gluten-free noodles containing corn silk powder)

ÖRNEK	PİŞME SÜRESİ (dk)	PİŞME KAYBI (g/g)	SU TUTMA KAPASİTESİ (%)	ŞİŞME İNDEKSİ (%)
SM-K	17.00±1.41 ^{bc} ;A	7.59±0.03 ^{ab} ;BC	286.19±4.50 ^c ;B	3.19±0.03 ^e ;C
SMT0.5	18.50±0.71 ^{bcd} ;AB	7.84±0.25 ^{ab} ;C	275.64±2.62 ^c ;B	3.09±0.06 ^{de} ;C
SMT1	19.50±0.71 ^{cde} ;ABC	7.45±0.10 ^{ab} ;B	270.64±6.40 ^c ;B	3.04±0.06 ^d ;C
SMT2.5	21.00±1.41 ^{de} ;BC	7.31±0.08 ^a ;B	219.08±5.13 ^b ;A	2.83±0.09 ^c ;B
SMT5	22.00±1.41 ^e ;C	6.85±0.09 ^a ;A	208.16±11.13 ^b ;A	2.27±0.06 ^a ;A
ISM-K	14.50±0.71 ^a ;A	9.58±0.43 ^c ;AB	269.34±6.14 ^c ;B	3.08±0.09 ^{de} ;D
ISMT0.5	16.00±1.41 ^{ab} ;AB	8.92±1.12 ^{bc} ;A	177.07±14.31 ^a ;A	2.37±0.02 ^a ;A
ISMT1	17.50±0.71 ^{bc} ;BC	11.39±0.18 ^d ;BC	183.09±22.40 ^a ;A	2.64±0.01 ^b ;B
ISMT2.5	18.50±0.71 ^{bcd} ;C	12.46±1.17 ^d ;CD	194.97±7.00 ^{ab} ;A	2.71±0.02 ^b ;B
ISMT5	19.50±0.71 ^{cde} ;C	14.25±1.18 ^e ;D	208.06±6.73 ^b ;A	2.83±0.03 ^c ;C

^{a-e}Aynı sütunda bulunan farklı harfler, örnekler arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu göstermektedir (p<0,05)

^{A-D}Aynı sütunda (SU ve ISU'dan elde edilen örneklerin kendi arasında) farklı harfler, örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0,05)

Makarnaların şişme indeksi, nişastanın jelatinizasyonu ve proteinin hidrasyonu için kullanılan, pişirme sırasında nişasta ve proteinler tarafından emilen suyun bir göstergesidir (Padalino vd., 2013). SM-K örneği ile kıyaslandığında %0.5 ve %1 MT ile zenginleştirme yapılan örneklerin su tutma kapasitesi ve şişme indeksi değerlerinin benzer olduğu belirlenirken (p>0.05), %2.5 ve %5 MT ile zenginleştirmenin kontrol örneğine göre su tutma kapasitesi ve şişme indeksinde önemli düzeyde bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (p<0.05). ISM-K'ya göre, MT ile zenginleştirmenin su tutma kapasitesinde belirgin bir artma ya da azalma eğilimi göstermediği bulunmuştur. Tudorica vd. (2002) makarnalık buğday unu yerine %10.0-12.5-15.0 oranlarında inülinin artan oranlarda ilavesinin, Ungureanu-luga vd. (2020) ise, %1.0-3.0-5.0 oranlarda üzüm kabuğu tozunun artan oranlarda ilave edilmesinin makarnanın şişme indeksini azalttığını belirtmişlerdir. Raungrusmee vd. (2020) ise yaptıkları çalışmada, inülin eklenmiş glutensiz eriştelerin su tutma kapasitesinin azaldığını, bunun nedeninin inülinin yüksek su tutma kapasitesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. MT besinsel lif içeriği bakımından zengin olduğu için MT hamur ağıının zayıflamasına yol açabilmektedir (Cabrera-Chávez, 2012; Raungrusmee vd., 2020). Bu yüzden MT ile zenginleştirilen eriştelerin su tutma kapasitesinde bir azalmanın söz konusu olabileceği düşünülmektedir. Padalino vd. (2017) ve Ungureanu-luga vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda da su tutma kapasitesi için benzer sonuçlar rapor edilmiştir.

3.3. Mısır püskülü içeren glutensiz eriştelerin renk değerleri (Color values of gluten-free noodles including corn silk powder)

Tablo 5'te MT içeren glutensiz eriştelerin renk değerleri verilmiştir. Bütün erişteler arasında en yüksek parlaklığa SM-K, en düşük parlaklığa ise ISMT5 örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. SMT ve ISMT eriştelerinde MT'nin artan oranları, L* değerinde önemli düzeyde bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Bunun nedeninin Tablo 2'de de belirtildiği gibi MT'nin yüksek kül içeriği ve düşük L* değerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Parlaklık değerindeki bu azalma Şekil 2'de görüldüğü gibi ISU'dan üretilen eriştelerde daha belirgindir. SU'dan üretilen MT eriştelerinde en yüksek a* değeri SM-K ve SMT5 örneklerinde iken, en yüksek b* değeri yine SM-K eriştesinde gözlenmiştir. SMT5 en yüksek oranda MT içeren örnek olması sebebiyle sarılık değerinin kontrol örneğine kıyasla düştüğü belirlenmiştir (p<0.05). ISU içeren eriştelerde ise en yüksek a* değeri ISMT0.5 ve ISMT1'de belirlenirken, en yüksek b* değerinin kontrol eriştesinde olduğu bulunmuştur (p<0.05). Ungureanu-luga vd. (2020) yaptıkları çalışmada, artan oranlarda üzüm kabuğu tozu ilavesinin makarnanın parlaklık ve sarılık değerinde bu çalışmaya benzer şekilde önemli düzeyde bir azalmaya yol açtığını saptamışlardır (p<0.05). Ribeiro vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise, pirinç ve mısır unu karışımının %10 ve %20'sinin çarkifelek meyvesi kabuğu unu ile değiştirilmesi sonucunda elde edilen makarnada, çarkifelek

meyvesi kabuğu ununun miktarının artmasıyla, a* değerinin arttığı, L* değerinin ise düştüğünü gözlemlemiştir.

Tablo 5. Mısır püskülü tozu içeren glutensiz eriştelere renk değerleri
(Color values of gluten-free noodles including corn silk powder)

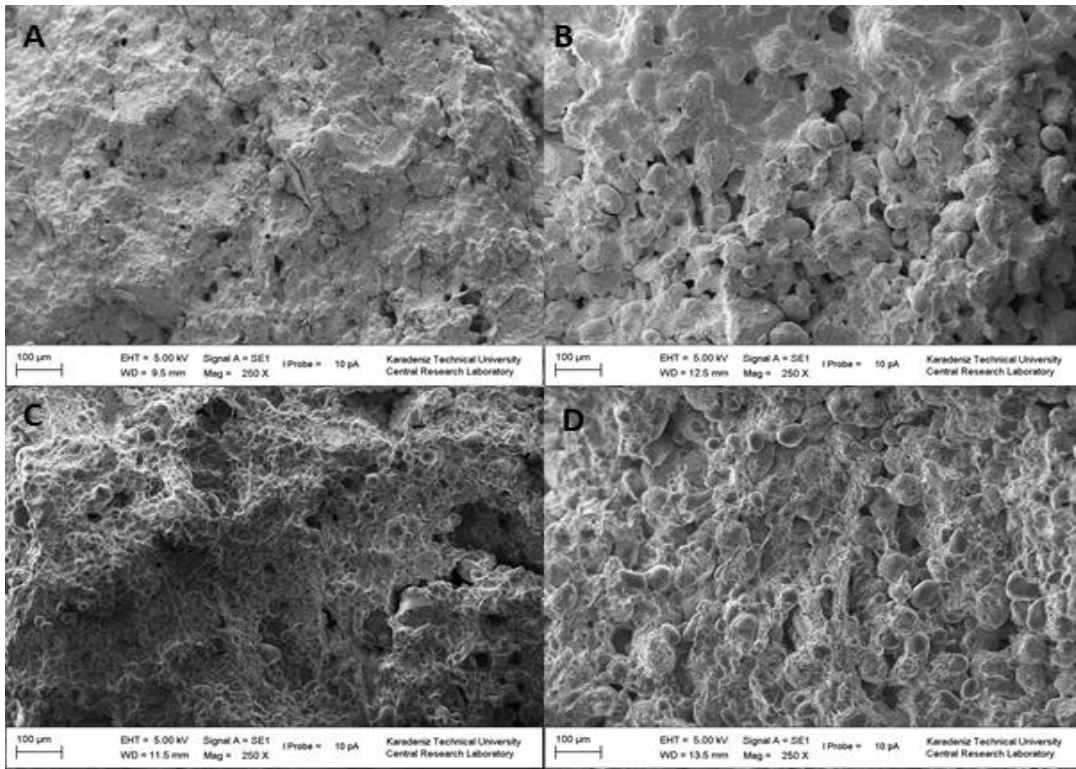
ÖRNEK	L*	a*	b*
SM-K	87.76±0.34 ^{i,E}	1.23±0.12 ^{c,C}	17.65±0.24 ^{e,D}
SMT0.5	86.00±0.35 ^{h,D}	0.89±0.08 ^{a,A}	17.19±0.44 ^{d,C}
SMT1	84.11±0.12 ^{f,C}	1.08±0.05 ^{b,B}	17.10±0.18 ^{d,C}
SMT2.5	80.31±0.43 ^{d,B}	1.14±0.07 ^{b,B}	14.48±0.50 ^{b,B}
SMT5	77.94±0.61 ^{b,A}	1.24±0.14 ^{c,C}	12.80±0.13 ^{a,A}
ISM-K	85.38±0.58 ^{g,E}	1.44±0.05 ^{d,A}	20.45±0.05 ^{i,E}
ISMT0.5	81.95±1.07 ^{e,D}	1.61±0.02 ^{e,D}	19.58±0.41 ^{h,D}
ISMT1	80.34±0.32 ^{d,C}	1.56±0.05 ^{e,C}	19.17±0.18 ^{g,C}
ISMT2.5	79.15±0.95 ^{c,B}	1.48±0.02 ^{d,B}	18.20±0.06 ^{f,B}
ISMT5	75.75±0.28 ^{a,A}	1.47±0.01 ^{d,AB}	16.04±0.27 ^{c,A}

^{a-i}Aynı sütunda bulunan farklı harfler, örnekler arasında istatistiksel farklılık olduğunu göstermektedir (p<0.05).

^{A-E}Aynı sütunda (SU ve ISU örneklerinin kendi arasında) farklı harfler, örnekler arasında istatistiksel farklılık olduğunu göstermektedir (p<0.05).

3.4. Glutensiz Erişte Örneklerinin Mikro Yapıları (Microstructure of Gluten-Free Noodle Samples)

Pişmemiş glutensiz eriştelere mikro yapısı Şekil 3'te verilmiştir. ISU'dan üretilen kontrol eriştesinin (Şekil 3B), SU'dan üretilen eriştesine (Şekil 3A) kıyasla daha gözenekli bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca bu örnekte belirgin nişasta parçacıkları göze çarpmaktadır. SM-K eriştesinin ISM-K'ya kıyasla daha sıkı ve yoğun bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Odabas vd., 2022). En yüksek oranda MT ile zenginleştirilen eriştelere mikro yapısı incelendiğinde ise (Şekil 3C ve 3D), MT ile zenginleştirme her iki sarı mercimek unu türünden üretilen eriştelere içinde gözenekliliği belirgin düzeyde arttırmıştır. Ayrıca SMT5'in yapısında bulunan gözeneklerin ISMT5'ten daha büyük olduğu, ancak SM-K örneğinde olduğu gibi sıkı ve yoğun yapısını muhafaza ettiği görülmüştür. Erişte örneklerinde özellikle ISMT5 için kontrol örneğine kıyasla pişme kaybının önemli düzeyde yüksek olmasının, mikro yapıdaki belirgin gözeneklilik artışına bağlı olduğu düşünülmekte ve bunun da pişme sırasında üründen madde kaybının artışına yol açtığı görülmektedir. Bu çalışmaya benzer şekilde, Raungrusmee vd. (2020) pirinç eriştesine inülin ve pirinç kepeği ilavesinin, Ungureanu-Iuga vd. (2020) ise, üzüm kabuğu tozunun artan oranlarda ilavesinin eriştelere gözenekliliği belirgin şekilde arttırdığını aktarmışlardır.



Şekil 3. Glutensiz eriştelere kesit alanından kaydedilen SEM görüntüleri (Cross-sectional SEM images of gluten-free noodles); A: SM-K, B: ISM-K, C: SMT5, D: ISMT5 (250×)

4. Sonuçlar ve Tartışma (Results and Discussion)

SU ve ISU eriştelere TBL içeriği bakımından oldukça zengin (%65.04) bir ürün olan MT ile zenginleştirmenin çalışmada hedeflendiği gibi TBL içeriğini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir ($p < 0.05$). ISMT eriştelere, SMT eriştelere göre daha yüksek TBL içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çünkü ISU, SU'ya göre daha yüksek TBL içeriğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca SU'nun %5.0 oranında MT ile zenginleştirilmesinin toplam antioksidan aktivite değerinde önemli düzeyde bir artış sağladığı belirlenirken ($p < 0.05$), %0.5 MT ile zenginleştirmenin önemli düzeyde bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$). ISU'ya %0.5 ve %5.0 MT ile zenginleştirme yapılması kontrol örneğine (ISM-K) göre toplam antioksidan aktivite değerlerinde önemli düzeyde artış sağlanmıştır ($p < 0.05$). Bu çalışmada hedeflendiği gibi eriştelere TBL ve toplam antioksidan aktivite içeriği MT zenginleştirilmesi ile artırılmıştır. MT ile zenginleştirilen glutensiz erişte örneklerinde, MT'nin artan oranlarda kullanılması, SU eriştelere pişme kaybının azalmasını sağlarken, ISU eriştelere pişme kaybının artmasına neden olmuştur. Ayrıca SU ve ISU'nun artan oranda MT ile zenginleştirilmesi pişme süresinin uzamasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak; MT ile zenginleştirilerek elde edilen glutensiz eriştelere bu çalışmada hedeflendiği gibi TBL içeriğinin artmasına katkı sağladığı görülmüştür. Ancak ISMT eriştelere %2.5'ten fazla MT ilavesinin eriştelere kabul edilebilir pişme kaybının üzerine çıkması sebebiyle ısı işlem görmüş mercimek unundan üretilen eriştelere pişme kalitesini düşürebildiği belirlenmiştir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından MUH19004.21.004 ve MUH19001.20.008 numaralı projeler kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- AACC. (2009). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, USA: AACC/Eagan Press.
- Abudayeh, Z. H., Karpiuk, U., Kyslychenko, V., Abualassal, Q., Hassouneh, L. K., Qadus, S., & Talhouni, A. (2022). Optimizing extractability, phytochemistry, acute toxicity, and hemostatic action of corn silk liquid extract. *Journal of Chemistry*, 2022.
- AOAC. (1990). Official Methods Of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, USA.
- Arslan-Bayrakçı, H. (2020). Besleyici değeri yüksek glutensiz makarna üretiminde havuç ve nohut ununun kullanım imkanlarının araştırılması, Doktora Tezi, Konya, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 137s.
- Aydemir, L. Y. & Akçakaya, F. G. (2019). Determination of the Best Functional Chickpea Cultivars by TOPSIS Technique. *Food and Health*, 5(4), 239–252.
- Balakireva, A. V., & Zamyatin, A. A. (2016). Properties of gluten intolerance: gluten structure, evolution, pathogenicity and detoxification capabilities. *Nutrients*, 8(10), 644.
- Bresciani, A., Giuberti, G., Cervini, M., & Marti, A. (2021). Pasta from yellow lentils: How process affects starch features and pasta quality. *Food Chemistry*, 364, 130387.
- Cabrera-Chávez, F., de la Barca, A. M. C., Islas-Rubio, A. R., Marti, A., Marengo, M., Pagani, M. A., & Iametti, S. (2012). Molecular rearrangements in extrusion processes for the production of amaranth-enriched, gluten-free rice pasta. *LWT*, 47(2), 421–426.
- Chindapan, N., Niamnuy, C., & Devahastin, S. (2015). Nutritional and toxicological aspects of the chemical changes of food components and nutrients during drying. *Handbook of Food Chemistry*, 833p.
- Costa, A. P. D., Thys, R. C. S., Rios, A. O., & Flôres, S. H., (2016). Carrot flour from minimally processed residue as substitute of β -carotene commercial in dry pasta prepared with common wheat (*Triticum aestivum*), *Journal of Food Quality*, 39, 590–598.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. ve Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, Technological Functionality and Commercial Applications: A Review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421.
- Giuberti, G., Gallo, A., Cerioli, C., Fortunati, P., & Masoero, F. (2015). Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food Chemistry*, 175, 43–49.
- Gull, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2018). Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 147–153.
- Hasanudin, K., Hashim, P., & Mustafa, S. (2012). Corn silk (*Stigma maydis*) in healthcare: a phytochemical and pharmacological review. *Molecules*, 17(8), 9697–9715.
- Heo, S., Lee, S. M., Shim, J. H., Yoo, S. H., & Lee, S. (2013). Effect of dry-and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles. *Journal of Food Engineering*, 116(1), 213–217.
- Kang, J., Lee, J., Choi, M., Jin, Y., Chang, D., Chang, Y. H., Kim, M., Jeong, Y., & Lee, Y. (2017). Physicochemical and textural properties of noodles prepared from different potato varieties. *Preventive nutrition and food science*, 22(3), 246.
- Kim, Y. S., Wiesenborn, D. P., Lorenzen, J. H., & Berglund, P. (1996). Suitability of edible bean and potato starches for starch noodles. *Cereal Chemistry*, 73(3), 302–308.
- Levent, H. (2017). Effect of partial substitution of gluten-free flour mixtures with chia (*Salvia hispanica* L.) flour on quality of gluten-free noodles. *Journal of food science and technology*, 54(7), 1971–1978.
- Logan-del Castillo, E. J. P., Azares, G. F., Almonte, C. J. R., Pascua, K. M. N., Santiago, I. B., So, E. G. C., Umali, A. M. S., Villamento, H. A. (2020). Effects of incorporation of microwave: Dried corn silk (*Stigma maydis*) powder on the quality and stability of beef patties. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(3), 032064, IOP Publishing.
- Navare, S. S. (2019). Effect of high pressure processing on selected physicochemical and functional properties of yellow lentil protein concentrate (Doctoral dissertation, Rutgers University-School of Graduate Studies).
- Ning, X., Zheng, X., Luo, Z., Chen, Z., Pan, X., Yu, K., Zhaoming L., Xuerong H., Wei D., Xiaohuang Cao & Wang, L. (2022). Corn silk flour fortification as a dietary fiber supplement: evolution of the impact on paste, dough, and quality of dried noodles. *International Journal of Food Engineering*, 18(6), 479–487.
- Odabas, E. (2021). Isl işlem görmüş mercimek ununun glutensiz erişte kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çorum, Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 110 s..
- Odabas, E., & Cakmak, H. (2022). Partial replacement of starch-based flours with quinoa or yellow lentil flour in production of gluten-free noodles. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8), e16776.
- Odabas, E., Aktas Akyildiz, E., & Cakmak, H. (2022). Effect of raw and heat-treated yellow lentil flour on starch-based gluten-free noodle quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(10), e16825.
- Padalino, L., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2016). Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 5(4), 87.
- Padalino, L., Conte, A., Lecce, L., Likyova, D., Sicari, V., Pellicanò, T. M., Poiana M., & Del Nobile, M. A. (2017). Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fibre. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(1), 48–56.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolino, F., & Del Nobile, M. A. (2013). Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 333–342.
- Patil, S., Sonawane, S. K., Mali, M., Mhaske, S. T., & Arya, S. S. (2020). Pasting, viscoelastic and rheological characterization of gluten free (cereals, legume and underutilized) flours with reference to wheat flour. *Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 2960–2966.
- Piecyk, M., Wołosiak, R., Drużynska, B., & Worobiej, E. (2012). Chemical composition and starch digestibility in flours from Polish processed legume seeds. *Food Chemistry*, 135(3), 1057–1064.
- Rahman, N. A., & Rosli, W. I. W. (2014). Nutritional compositions and antioxidative capacity of the silk obtained from immature and mature corn. *Journal of King Saud University-Science*, 26(2), 119–127.

- Raungrusmee, S., Shrestha, S., Sadiq, M. B. ve Anal, A. K. (2020). Influence of resistant starch, xanthan, inulin and defatted rice bran on the physicochemical, functional and sensory properties of low glycemic gluten-free noodles. *LWT*, 126, 109279.
- Ribeiro, T. H. S., Bolanho, B. C., Montanuci, F. D., & Ruiz, S. P. (2018). Physicochemical and sensory characterization of gluten-free fresh pasta with addition of passion fruit peel flour. *Ciência Rural*, 48.
- Roy, F., Boye, J. I. ve Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432-442.
- Senphan, T. (2019). Comparative studies on chemical composition and antioxidant activity of corn silk from two varieties of sweet corn and purple waxy corn as influenced by drying methods. *Food and Applied Bioscience Journal*, 7(3), 64-80.
- Singh, A., & Raghuvanshi, R. S. (2021). Development and evaluation of value-added fiber rich Laddoo supplemented with processed corn silk. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 8(1), 909-922.
- Singh, J., Inbaraj, B. S., Kaur, S., Rasane, P., & Nanda, V. (2022a). Phytochemical analysis and characterization of corn silk (*Zea mays*, G5417). *Agronomy*, 12(4), 777.
- Singh, J., Kaur, S., Rasane, P., Kumar, V., & Nanda, V. (2022b). Effect of particle size on physical, techno-functional and antioxidant properties of corn silk powder. *International Journal of Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15988>.
- Singh, J., Rasane, P., Kaur, S., & Nanda, V. (2022c). Comparative analysis of antioxidant potential and techno-functional properties of selected corn silk varieties at different developmental stages. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-14.
- Singh, J., Rasane, P., Nanda, V., & Kaur, S. (2022d). Bioactive compounds of corn silk and their role in management of glycaemic response. *Journal of Food Science and Technology*, 1-16.
- Thapphasaraphong, S., Rimdusit, T., Priprem, A., & Puthongking, P. (2016). Cobs of waxy purple corn: A valuable source of antioxidative phytochemicals. *International Journal of Advances in Agricultural and Environmental Engineering*, 3(1), 73-77.
- Tiwaree, C., & Anuntagool, J. (2022). Effect of particle size and concentration on the chemical, physical and functional properties of rice-corn silk composite flour paste. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 1-10.
- Tudorica, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(2), 347-356.
- Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği, Tebliğ No: 2002/20,2021, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/03/20020305.htm#10>.
- Ungureanu-Iuga, M., Dimian, M., & Mironeasa, S. (2020). Development and quality evaluation of gluten-free pasta with grape peels and whey powders. *LWT*, 130, 109714.
- Xu, M., Jin, Z., Peckrul, A., & Chen, B. (2018). Pulse seed germination improves antioxidative activity of phenolic compounds in stripped soybean oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*, 250, 140-147.