

KEPEK BAZLI, YENİLEBİLİR BİLEŞENLER İÇEREN VE BİYOLOJİK OLARAK PARÇALANABİLİR TABAK ÜRETİMİ

Buket ÇETİNER*

Kalite ve Teknoloji Bölümü, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Geliş / Received 26.03.2025; Kabul / Accepted: 18.08.2025; Online baskı / Published online: 21.09.2025

Çetiner, B. (2025). Kepek bazlı, yenilebilir bileşenler içeren ve biyolojik olarak parçalanabilir tabak üretimi. GIDA (2025) 50 (5) 798-808 doi: 10.15237/ gida.GD25046

Çetiner, B. (2025). Production of bran-based, edible component-containing and biodegradable plates. GIDA (2025) 50 (5) 798-808 doi: 10.15237/ gida.GD25046

ÖZ

Çalışmanın amacı, plastik tabaklara alternatif olarak biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir bileşenler içeren tabaklar üretmek amacı ile buğday kepeğinin kullanım olanaklarını araştırmaktır. Buğday kepeğine (BK) farklı oranlarda mısır nişastası (MN; %0-100) ilave edilerek 11 adet tabak (T) örneği üretilmiştir. Tabak örneklerindeki kepek oranı azaldıkça sertlik değerinde önce artış görülmüş olup T8 (BK:MN; 30:70), T9 (20:80), T10 (10:90) ve T11 (0:100) tabak örneklerinde düşüş tespit edilmiştir ($P<0.05$). Tabakların sızıntı testi sonuçlarına göre, en uzun süre ise %60 ve %50 kepek içeren T5 ve T6 tabak örneklerinde tespit edilmiştir. Tabak örneklerinin sertlik ve sızıntı değerleri ile fiziksel yapıları incelendiğinde %50 kepek içeriğine sahip T6 tabak örneğinin optimum özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. T6 tabak örneğinin kül ve protein oranları sırasıyla %3.72 ve %8.63 olarak tespit edilmiş olup ilgili bileşenler besleyici yapı sağlamaktadır. Plastik yerine buğday kepeği gibi doğa dostu ve sürdürülebilir ham maddeler kullanılarak üretilen tabak vb. ürünlerin yaygınlaşması çevrenin korunması adına büyük önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Tabak, tek kullanımlık, yenilebilir bileşenler, kepek, sürdürülebilir

PRODUCTION OF BRAN-BASED, EDIBLE COMPONENT-CONTAINING AND BIODEGRADABLE PLATES

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the potential use of wheat bran in producing plates containing biodegradable and edible components as an alternative to plastic plates. Eleven plate (T) samples were produced by adding different proportions of corn starch (MN; 0–100%) to wheat bran (BK). As bran content in plates decreased, hardness initially increased; however, a decrease was observed in samples T8(BK:MN; 30:70), T9(20:80), T10(10:90), and T11(0:100) ($P<0.05$). According to the leakage test results, the longest duration was observed in T5 and T6, containing 60% and 50% bran, respectively. Evaluation of the hardness, leakage values, and physical structures of plates showed that the T6, with 50% bran content, had optimum properties. The ash and protein contents of T6 sample were determined as 3.72% and 8.63%, respectively, indicating a nutritious composition. The widespread use of environmentally friendly and sustainable raw materials, like wheat bran, in production of plates instead of plastic has a great importance for environmental protection.

Keywords: Plate, disposable, edible ingredients, bran, sustainable

* Sorumlu yazar / Corresponding author

✉: buket.cetiner@tarimorman.gov.tr

☎: (+90) 312 343 1050

Buket Çetiner; ORCID no: 0000-0002-3802-5487

GİRİŞ

Temel gıda ürünü olan tahıllar birçok ülkede, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, günlük besin öğelerinin alınmasında ve ihtiyaç duyulan enerjinin sağlanmasına önemli ölçüde katkıda bulunurlar (Guo, 2021). Pirinç, mısır, çavdar, yulaf ve arpa gibi tahıl taneleri Türkiye'de gıda olarak tüketilmesine rağmen, buğday en yaygın olarak tüketilen tahıldır (Atar, 2017). Buğday, yüzyıllardır insanların hayatlarında önemli bir rol oynamıştır. Buğdayın anavatanının, Türkiye, İran, Irak ve Suriye'nin bazı bölgelerini kapsayan Bereketli Hilal olduğu düşünülmektedir. Türkiye'de ekili toplam alan 23.8 milyon hektar olup bu alan mevcut toplam arazinin yaklaşık %30'udur. Ekili alanın neredeyse yarısı (11.5 milyon hektar) tahıl ürünlerine ayrılmıştır ve bunların arasında buğday ilk sırada yer almakta (%67.2) olup, ardından arpa, mısır, çavdar, pirinç, yulaf ve tritikale gelmektedir (Köksel & Cetiner, 2015). TÜİK bitkisel üretim verilerine göre ülkemizde 2024 yılında buğday üretimi 20.8 milyon ton, arpa üretimi 8.1 milyon ton, çavdar üretimi 257 bin ton, yulaf üretimi 390 bin ton, mısır üretimi ise 8.1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Türkiye, yaklaşık 3.7 milyon ton un ihracatı ile Dünyada ilk sırada yer almaktadır (TUSAF, 2023).

Buğdayın öğütülmesi ile yaklaşık %70 verimle un elde edilir ve un dışında kalan kısım kepek olarak adlandırılır (Köksel ve Shewry, 2021). Kepek, tanenin kabuk tabakalarından (perikarp, testa, hiyalin) ve alöron hücrelerinden oluşur. Buğday öğütme endüstrisinin en önemli yan ürünü, buğday kepeğidir (Muhammad Mohsin Javed, 2012). Tahıl tanelerinin kepek kısmında, özellikle perikarp, tohum kabuğu ve alöron katmanlarında fitokimyasallar olarak adlandırılan biyoaktif bileşikler bulunur. Buğday kepeği, lifli yapısı, gözenekli şişme yapısı ve hidroksil gruplarının varlığı sayesinde ASTM D6400 ve EN 13432 standartlarına göre özellikle hidrofilik, kimyasal olarak işlevsel, biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlanabilir özellikte olarak tanımlanmaktadır (Rossi vd., 2024). Buğday kepeği, fenolik bileşikler, fitosteroller, tokoller ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşikler ve diyet lifi açısından zengindir (Gani vd., 2012; Khan vd.,

2024). Kepek fraksiyonu ayrıca una kıyasla çok daha yüksek oranda kül ve protein içerir (Köksel ve Shewry, 2021). Kül içeriği mineral içeriği ile yüksek korelasyona sahiptir, özellikle kül ile fosfor demir, çinko magnezyum ve potasyum mineralleri arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır (Kamal-Eldin vd., 2009). Epidemiyolojik çalışmalar, buğday kepeği gibi lif içeriği yüksek gıdaların düzenli tüketiminin, tip 2 diyabet, obezite, bazı kanser türleri ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli hastalık risklerinin azalmasıyla ilişkili olduğunu göstermiştir (Gani vd., 2012; Tomé-Sánchez vd., 2023; Khan vd., 2024).

Petrokimya endüstrisinden elde edilen yüksek moleküler ağırlıklı plastik, toplam katı atığın yaklaşık %9-13'ünü oluşturmaktadır. Plastik, çevre kalitesini bozan, parçalanmayan ölümcül bir kirleticidir ve yapısında herhangi bir değişiklik olmadan yıllarca su ve toprakta kaldığı bilinmektedir. Çok yüksek üretim miktarları nedeniyle, gelişmekte olan ülkelerde atık plastiğin açıkta yakılması tercih edilmekte olup bu nedenle zehirli gazlar salınmakta ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Plastik atıklar ayrıca toprak özelliklerini bozmakta ve genellikle canlılar tarafından yutularak nihayetinde ölümlerine yol açabilmektedir. Çevre üzerindeki zararlı etkileri göz önünde bulundurulduğunda, plastik kirliliğini yönetmek daha da önemli hale gelmektedir (Hameed vd., 2020).

Plastiklerden yapılmış tek kullanımlık ürünler yerine biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlanabilir ürünler kullanmaya başlanması oldukça önemlidir. Biyolojik olarak parçalanabilir ve kompostlanabilir tek kullanımlık ürünler, plastik olan tek kullanımlık ürünlere kıyasla sürdürülebilir, çevre ve doğa dostudur. Buxoo ve Jeetah (2020) tarafından yürütülen çalışmada ananas kabukları, portakal (kabukları ve Mauritius keneviri ham madde olarak kullanılarak kabul edilebilir mukavemet özelliklerine sahip %100 biyolojik olarak parçalanabilir tek kullanımlık kâğıt bardakların üretiminin uygulanabilir olup olmadığını değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda meyve kabuğu atıklarından ve kenevir yapraklarından lif çıkarılarak çevre dostu,

biyolojik olarak parçalanabilir tek kullanımlık kâğıt bardaklar üretmenin uygulanabilir olduğunu ortaya konmuştur. Buğday, mısır ve pirincin öğütülmesiyle elde edilen kepek gibi yan ürünler veya bitki yaprakları tek kullanımlık tabak, çatal, kaşık vb. üretiminde kullanılabilir (Olt vd., 2020). Rana vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada, buğday kepeği kullanılarak plastik tabaklara alternatif olarak biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir tabaklar ile üretilmiştir.

Son yıllarda çevre dostu ve sürdürülebilir ambalaj materyallerine yönelik artan ilgi, biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir tabakların geliştirilmesini gündeme getirmiştir. Bu kapsamda, buğday kepeği gibi tarımsal yan ürünlerin kullanımı, hem atık yönetimi sorunlarına çözüm sunmakta hem de çevreye duyarlı alternatiflerin üretimini desteklemektedir. Dünyada buğday kepeğinden yenilebilir tabakların ticari olarak üretildiği bilinmekle birlikte, yapılacak yeni çalışmalarda farklı materyal kombinasyonları kullanılarak ürünlerin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi ve detaylı incelenmesi önemlidir. Türkiye gibi yoğun buğday üretimi yapılan ve yüksek un ihracatı olan bir ülkede, un üretiminin yan ürünü olan buğday kepeğinin değerlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, çevreye zararlı plastik kullanımı yerine biyolojik olarak parçalanabilir, doğa dostu ve yenilebilir bileşenlerin kullanım olanaklarını araştırmayı ve plastik tek kullanımlık tabaklara alternatif yeni bir yaklaşım sunmayı hedeflemektedir. Bu çalışmanın genel amacı, biyolojik olarak parçalanabilir ve doğa dostu tabak üretiminde buğday kepeğinin ana bileşen olarak kullanıma potansiyelini araştırmaktır. Çalışmanın spesifik amaçları; (1) buğday kepeğinin %0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 oranlarında mısır nişastasıyla ikame edilmesiyle elde edilen kepek-mısır nişastası karışımları ile tabakların üretilebilirliğini değerlendirmek, (2) tabakların tekstürel özelliklerini belirlemek ve (3) tabakların sızıntı süresini belirlemektir. Böylece, kepek gibi tarımsal yan ürünlerin daha etkin değerlendirilmesine katkı sağlanarak, sürdürülebilir ve çevreci ambalaj çözümlerine bilimsel bir temel oluşturulması

hedeflenmektedir. Elde edilen sonuçların, hem çevre dostu ambalaj uygulamalarında alternatif malzeme geliştirme sürecine hem de küçük ölçekli üreticiler için uygulanabilir formülasyon önerilerine ışık tutacağı öngörülmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Buğday kepeği, buğdayın öğütülmesinin yan ürünü olup Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsü'nden (Ankara, Türkiye) temin edilmiştir. Mısır nişastası, ksantan gam ve tuz yerel marketlerden satın alınmıştır.

Buğday, 500 µm elek aralığında Perten 3100 laboratuvar tipi değirmen kullanılarak öğütülmüş ve buğday kepeği elde edilmiştir.

Yöntemler

Tabak üretimi

Biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir bileşenler içeren tabak örnekleri üretilirken, Rana vd. (2023) tarafından verilen metot bazı modifikasyonlar yapılarak kullanılmıştır. Buğday kepeğine (BK) farklı oranlarında mısır nişastası (MN) ilave edilerek (BK:MN; 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, 0:100) 11 adet tabak örneği üretilmiştir. Tabak formülasyonu, Çizelge 1'de verilmiştir. Formülasyonda yer alan ksantan gam, E415 koduyla bilinmekte olup, gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Uygun, 2020). Tüm bileşenler tezgâh üstü yoğurucu (Kitchen Aid, Classic 4.3 L, St. Joseph, MI, ABD) kullanılarak önce düşük devirde 2 dakika, sonra yüksek devirde 2.5 dakika olacak şekilde toplam 4.5 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma sonrası elde edilen hamur ikiye bölünmüş, elde yuvarlanmış ve merdane yardımı ile çapı yaklaşık 15 cm olacak şekilde hafif açılmıştır. Daha sonra her bir parça hamur açma makinesi (Hamak Makine, Türkiye) kullanılarak yaklaşık 2 mm kalınlıkta olacak şekilde inceltirilmiştir. Açılan hamura tabak şekli verilerek laboratuvar tipi fırında (Öztiryakiler Endüstriyel Fırın, Ankara, Türkiye) 150°C'de 70 dakika pişirilmiştir. Oda sıcaklığında 2 saat soğuduktan sonra poşet içerisinde bekletilmiştir.

Çizelge 1. Formülasyon
Table 1. Formulation

Bileşenler <i>Components</i>	Miktar <i>Amount</i>
Ana bileşenler (Kepek-niştasta karışımı)	200 g
Tuz	4 g
Ksantan gam	2 g
Su (100°C)	168-178 mL

Renk analizi

L^* , a^* , b^* renk değerleri (D65, 10°) renk ölçüm cihazı (MiniScan XE PLUS 45/0-L, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, ABD) ile belirlenmiştir (ASTM E 1164, 2002). Chroma (C), hue açısı (h°) değerleri a ve b renk değerleri kullanılarak Gupta vd. (2021) tarafından aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Chroma (C)} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Formül (1)}$$

$$\text{Hue açısı (} h^\circ \text{)} = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad \text{Formül (2)}$$

Toplam renk farkı (ΔE), aşağıdaki verilen formül (3) kullanılarak hesaplanmıştır (Jarpa-Parra vd., 2017). Kontrol örneği olarak %100 kepek kullanılarak üretilen T1 tabağı kullanılmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Formül (3)}$$

(ΔL : $L^*_{\text{örnek}} - L^*_{\text{kontrol}}$; Δa : $a^*_{\text{örnek}} - a^*_{\text{kontrol}}$; Δb : $b^*_{\text{örnek}} - b^*_{\text{kontrol}}$).

Tekstür analizi

Tekstür analizinde, Yodkum vd. (2024)'de belirtilen metota göre TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, İngiltere) cihazı ile 3 nokta kırma testi yapılmıştır. Cihaz üzerinde 5 kg yük hücresi ve HDP/3PB üç nokta eğme donanımı kullanılarak 3.00 mm/sn test hızında tekstür analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda tabak örneklerine uygulanan maksimum kuvvet, sertlik değeri olarak belirlenmiş ve gram kuvvet (g-k) cinsinden ifade edilmiştir.

Sızıntı testi

Sızıntı testi, GB 18006 (2008) "Tek Kullanımlık Plastik Sofra Takımları için Genel Gereklilikler" standardında belirtilen metoda göre yapılmıştır.

Sızıntı testi sırasında, tabak numunelerinin altına filtre kâğıdı konulmuş ve Rana vd. (2023) metoduna göre modifikasyon yapılarak 100 °C sıcaklıktaki sıcak suyla tamamen doldurularak bekletilmiştir. Ardından tabanlarında herhangi bir deformasyon veya sızıntı izi olup olmadığı kontrol edilmiştir. İlk deformasyon ve sızıntı tespit edildiğinde süre kayıt altına alınmıştır.

Örnek hazırlama

Tabak örnekleri, öğütücü (Troya kahve ve baharat öğütücü, İstanbul, Türkiye) kullanılarak öğütülmüştür. Öğütülen örnekler hava almayacak şekilde plastik poşetlere koyulmuş ve analizler için +4°C'de muhafaza edilmiştir.

Kimyasal analizler

Örneklerin rutubet içeriği, Metot No: 44-15A (AACC International, 2010)'ya göre belirlenmiştir. Örneklerin protein içeriği, yanma ile azot/protein analizi (Leco FP828, St. Joseph, MI, ABD) kullanılarak Metot No:46-30 (AACC International, 2010)'a uygun olarak belirlenmiştir. Azotu proteine çevirme faktörü olarak niştasta ve kepek için 5.7, tabak örneği için 6.25 kullanılmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden % olarak verilmiştir. Örneklerin kül içeriği, TS EN ISO 2171 (2023) metoduna göre belirlenmiştir.

İstatistiksel analiz

Tüm analizler en az iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş olup, elde edilen veriler MS Excel (Microsoft, Redmond, WA, ABD) programı kullanılarak ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler JMP yazılımı (Sürüm 13.2.1, SAS Institute Inc., 2016, Cary, NC, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İki grup arasındaki karşılaştırmalarda t-testi uygulanmış; üç veya daha fazla grup karşılaştırıldığında ise varyans analizi (ANOVA)

sonrası farkların önemli bulunması durumunda ($P<0.05$) LSD testi kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kepek ve nişastanın özellikleri

Tabak üretiminde ana ham madde olarak kullanılan buğday kepeği ve mısır nişastasının renk L^* , a^* , b^* değerleri ile kül ve protein oranları Çizelge 2’de sunulmuştur. Kepek örneğinin kül ve protein değerleri sırasıyla %4.45 ve %17.24 olarak tespit edilmiş olup, mısır nişastasının değerleri beklendiği üzere oldukça düşük bulunmuştur (%0.02 ve %0.38). Renk L^* değeri, 0-100 arasında değişmekte ve parlaklık/koyuluk durumunu

belirtmektedir. Değer 0’dan 100’e doğru arttıkça parlaklık değeri de artmaktadır. Mısır nişastasının L^* renk değeri 99.27 iken buğday kepeğinin değeri 76.23 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Renk a^* değeri, kırmızılık/yeşillik durumunu belirtmektedir ve değer arttıkça kırmızılık değeri de artmaktadır. Buğday kepeğinin renk a^* değeri 4.86 iken mısır nişastasının değeri 0.06 olarak tespit edilmiştir. Renk b^* değeri, sarılık/mavilik durumunu belirtmektedir ve değer arttıkça sarılık değeri de artmaktadır. Buğday kepeğinin renk b^* değeri 28.11 iken mısır nişastasının değeri 6.33 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Buğday kepeği ve mısır nişastasının renk, kül ve protein değerleri
Table 2. Color, ash and protein values of wheat bran and corn starch

Parametreler Parameters	Buğday kepeği Wheat bran	Mısır nişastası Corn starch
Renk L^*	76.23±0.35b	99.27±0.04a
Renk a^*	4.86±0.04a	0.06±0.03b
Renk b^*	28.11±0.1a	6.33±0.11b
Kül oranı (%)	4.45±0.002a	0.02±0.000b
Protein oranı (%)	17.24±0.16a	0.38±0.002b

Aynı satırda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).
There is a statistically significant difference ($P<0.05$) between the values marked with different lowercase letters in the same row.

Tabakların Değerlendirilmesi

Tabak örneklerinin renk L^* , a^* , b^* değerleri ile chroma, hue açısı ve ΔE değerleri Çizelge 3’de sunulmuştur. Tabak örneklerindeki kepek oranı azaldıkça (T1’den T11 tabak örneğine doğru gidildikçe) renk L^* değerinde artış, renk a^*

değerinde düşüş görülmektedir. Renk b^* değeri ise T8 tabak örneğine kadar artış göstermiş olup sonrasında azalmıştır ($P<0.05$). T1’den T11’e doğru tüm tabak örneklerinin görselleri Şekil 1’de sunulmuştur.

Çizelge 3. Tabak örneklerinin renk değerleri
Table 3. Color values of plate samples

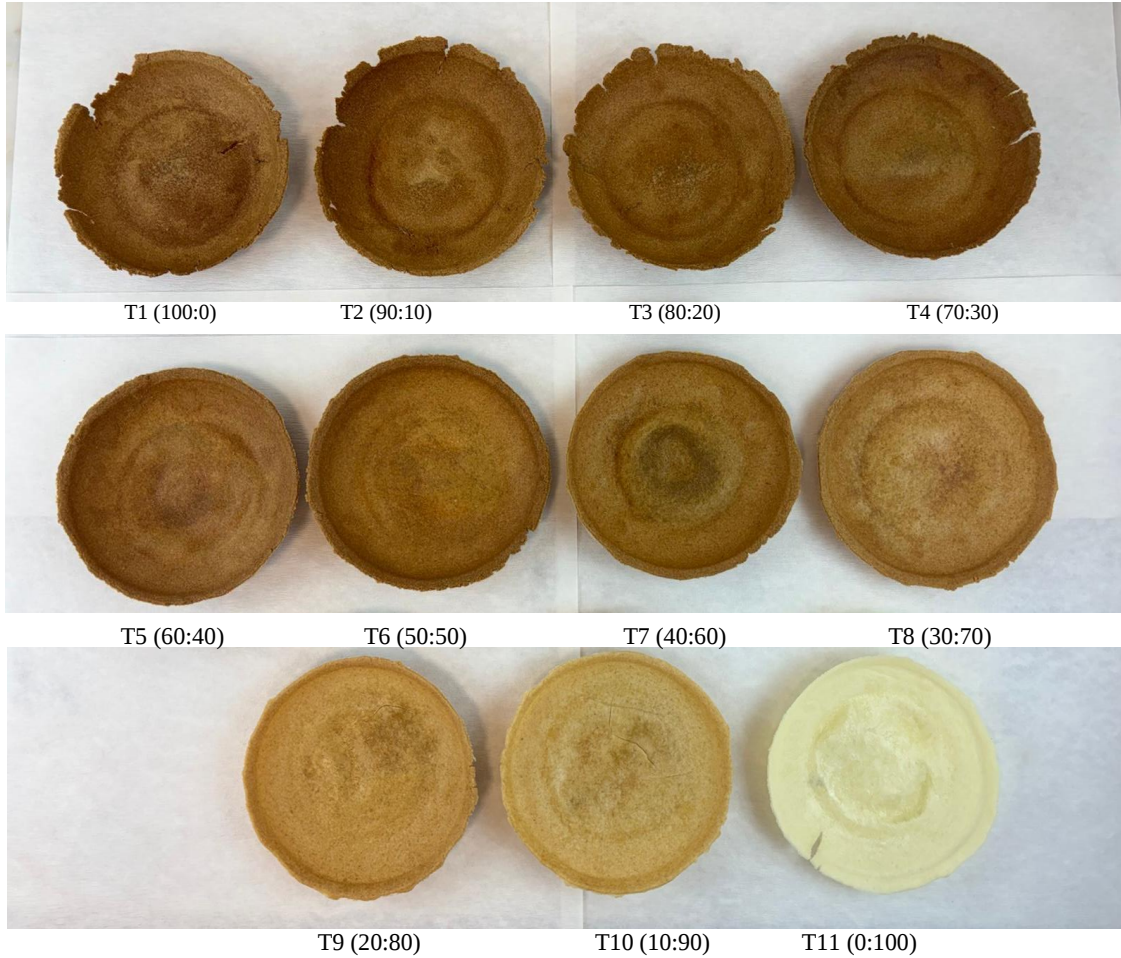
Karışım Oranları (BK:MN) Mixing Ratios	Ürün Kodları Product Codes	L^*	a^*	b^*	Chroma(c)	Hue açısı Hue angle	Toplam renk farkı (ΔE) Total color difference
100:00	T1	46.27±0.18 ^h	11.91±0.04bc	28.49±0.22e	30.87±0.22d	67.32±0.1hi	
90:10	T2	47.95±2.51 ^{gh}	13.19±0.14ab	30.68±0.64de	33.39±0.54bcd	66.73±0.66i	3.5±0.85g
80:20	T3	49.42±0.36 ^{fg}	12.95±0.54ab	31.71±2.11cde	34.25±2.15bcd	67.77±0.5ghi	4.71±1.8g
70:30	T4	50.49±1.13 ^{fg}	12.11±0.87abc	32.04±0.55bcd	34.25±0.82bcd	69.32±1.04fg	5.62±0.47fg
60:40	T5	52.02±0.15 ^{ef}	13.26±0.78a	34.24±1.66abc	36.71±1.83ab	68.83±0.2gh	8.29±1.38ef
50:50	T6	53.78±0.25 ^e	11.64±0.85c	34.08±0.8abcd	36.02±0.48abc	71.13±1.69ef	9.39±0.7e
40:60	T7	54.07±0.44 ^e	11.17±1.14cd	34.91±0.83abc	36.66±1.14ab	72.28±1.3e	10.18±0.78e
30:70	T8	58.81±1.8 ^{fd}	10.26±0.24d	36.7±2.6a	38.1±2.56a	74.36±0.7d	15.11±2.87d
20:80	T9	64.99±1.29 ^c	7.07±0.11e	35.3±2.57ab	36±2.49abc	78.64±0.98c	20.55±2.05c
10:90	T10	69.52±0.61b	4.83±0.3f	32.27±1.92bcd	32.63±1.95cd	81.5±0.03b	24.64±0.78b
0:100	T11	78.55±1.47a	0.67±0.18g	23.15±0.95f	23.16±0.95e	88.36±0.37a	34.61±1.17a

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).
BK: Buğday kepeği; MN: Mısır nişastası

A statistically significant difference ($P<0.05$) exists between the samples marked with different lowercase letters in the same column.

Chroma renk değeri, rengin doygunluğunu veya saflığını temsil etmekte olup 0 (doygun olmayan) ile 100 (tamamen doygun) arasında değişim göstermektedir (Ganesan vd., 2019). Tabak örneklerindeki kepek oranı azaldıkça (T1'den T11 tabak örneğine doğru gidildikçe) chroma renk değerinde önce artış, sonra azalma görülmüştür

($P<0.05$) (Çizelge 3). Tabak örneklerindeki kepek oranı azaldıkça (T1'den T11 tabak örneğine doğru gidildikçe) hue açısı değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 3). Hue açısı, 0° (kırmızı renk) ile 270° (mavi renk) arasında değişir (Ganesan vd., 2019).



Şekil 1. Tabak örneklerinin görselleri (BK:MN; Buğday Kepeği:Mısır Nişastası)
Figure 1. Images of plate samples (BK:MN; Wheat Bran: Corn Starch)

Tabak örneklerindeki kepek oranı azaldıkça (T1'den T11 örneğine doğru gidildikçe) toplam renk farklılıkları (ΔE) değerinde artış görülmektedir (Çizelge 3). Algılanabilir toplam renk farklılıkları analitik olarak küçük ($1.5 < \Delta E$), belirgin ($1.5 < \Delta E < 3$) ve çok belirgin farklar ($\Delta E > 3$) olarak kategorize edilebilir (Adekunte vd., 2010). Hesaplama yapılırken %100 kepek ile

üretilen T1 tabağı kontrol olarak ele alınmış ve ona göre ΔE değerleri hesaplanmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, tüm tabak örneklerindeki toplam renk farklarının (ΔE), 3'den oldukça büyük olması nedeniyle, çok belirgin olduğu ifade edilebilir. Bu nedenle, ΔE değeri, kepek ve nişasta hammaddelerinin tabak rengi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Tabak örneklerinin tekstür sonuçları (sertlik) Çizelge 4'de sunulmuştur. Tabak örneklerindeki kepek oranı azaldıkça (T1'den T11 tabak örneğine doğru gidildikçe) sertlik değerinde önce artış görülmüş olup T8, T9, T10 ve T11 tabak örneklerinde düşüş tespit edilmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 4). Yodkum vd. (2024) yaptıkları çalışmada pirinç ununu 0%, 25, 50, 100 oranlarında pirinç kepeği ile karıştırarak elde ettikleri kompozit karışımlar ile yenilebilir kaşıklar üretmiş ve üç nokta kırma testi ile ürünlerin tekstürel özelliklerini araştırmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer sonuçlar elde edildiği görülmüş olup Yodkum vd. (2024) tarafından üretilen ürünlerin sertlik değerlerinin 47.73 ile 68.83 N (4867 – 7018 g-k) arasında değiştiği belirtilmiş olup en düşük değer %100 pirinç unu ile üretilen üründe tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada, çeşitli modifiye mısır nişastaları ve katkı maddeleri kullanılarak köpük tabak formülasyonları geliştirilmiştir ve üretilen köpük tabakların kırılma mukavemetini gösteren sertlik değerinin bu çalışmanın sonuçlarına benzer

şekilde 34 – 91 N (3467 – 9279 g-k) arasında değiştiği belirtilmiştir (Shogren vd., 2002). Olt vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, çevre dostu tek kullanımlık sofrta ürünlerinin üretimi için uygun ekipman tasarımı yapılarak farklı tahıl kepekleri ile denemeler yapılmıştır. Üretilen tabak örneklerinin yoğunluk ve eğilme mukavemeti gibi mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çavdar ve karabuğday kepeği karışımından (50:50) yapılan ürünün eğilme mukavemetinin 16.50 ± 0.43 N mm⁻², buğday kepeği ile yapılan ürünün sonucunun 14.24 ± 2.05 N mm⁻², karabuğday kepeği ile yapılan ürünün sonucunun 8.43 ± 2.74 N mm⁻², çavdar kepeği ile yapılan ürünün sonucunun 14.61 ± 1.07 N mm⁻² olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, biyolojik olarak parçalanabilir kaşıkların üretimi için farklı konsantrasyonlarda üzüm, darı, buğday kullanılmış olup ürünlerin sertlik değerlerinin bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu ve sonuçların 4066 ve 9941 g değerleri arasında olduğu görülmüştür (Dorddevic vd., 2021).

Çizelge 4. Tabak örneklerinin tekstür analizi sonuçları

Table 4. Texture analysis results of plate samples

Karışım Oranları (BK:MN) <i>Mixing Ratios</i>	Ürün Kodları <i>Product Codes</i>	Sertlik (g-k) <i>Hardness</i>
100:00	T1	2659±897cd
90:10	T2	3178±494cd
80:20	T3	4893±1453bc
70:30	T4	5328±141abc
60:40	T5	5494±670abc
50:50	T6	7763±711a
40:60	T7	8120±642a
30:70	T8	6499±2846ab
20:80	T9	6967±1725ab
10:90	T10	4708±1615bc
0:100	T11	1822±298d

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).

A statistically significant difference ($P<0.05$) exists between the samples marked with different lowercase letters in the same column

Sızıntı testi, özellikle sıvı ya da sıvı içeren gıda ile kullanılmak üzere tasarlanmış tek kullanımlık ürünlerin bütünlüğünü değerlendirmek için uygulanan bir testtir. Bu test, sıvı ile doldurulduğunda ürünün sızdırma durumunun belirlenmesi ve işlevselliğinin ortaya konması açısından oldukça önemlidir. Tabak örneklerinin

sızdırma testi sonuçları Çizelge 5'de sunulmuştur. T1, T2, T3, T10 ve T11 tabak örneklerinde bütünsel yapı sağlanamadığı ve yapısında çatlaklar ve bozukluklar bulunduğu için sızıntı testi uygulanamamıştır. Analiz edilen tabakların sızıntı testi sonuçları 23 dakika ile 305 dakika arasında değişim göstermiştir. En kısa süre %70 kepek

içeren T4 örneğinde (23 dakika); en uzun süre ise %60 ve %50 kepek içeren T5 ve T6 tabak örneklerinde (sırasıyla 305 ve 293 dakika) tespit edilmiştir. GB 18006 (2008) standardına göre 30 dakika su tutması beklenmekte olup analiz edilen tabak örnekleri değerlendirildiğinde T4 tabak örneği hariç diğer ürünlerin bu standart şartlarını sağladığı tespit edilmiştir. Iewkittayakorn vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ananas yaprağı kullanılarak üretilen bardak örneklerinin

suya dayanım ve sertlik özelliklerinin iyileştirilmesi adına ürünlerin üzeri ilaçlarda ve gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılan ve gıda sınıfı malzeme olarak kabul edilen balmumu ile kaplanmıştır. Balmumu kaplama kalınlığı arttıkça bardağın sızması için gereken süre artmış olup 0.7 mm kaplama kalınlığında, ürünler GB 18006 (2008) standardında belirtilen sürede (30 dakika) suyu tutmuştur.

Çizelge 5. Tabak örneklerinin sızıntı testi sonuçları

Table 5. Leakage test results of plate samples

Karışım Oranları (BK:MN) <i>Mixing Ratios</i> (WB:CS)	Ürün Kodları <i>Product Codes</i>	Sızıntı Testi (100°C; dakika) <i>Leakage Test</i> (100°C; minute)
100:00	T1	u.d.
90:10	T2	u.d.
80:20	T3	u.d.
70:30	T4	23±4c
60:40	T5	305±64a
50:50	T6	293±67ab
40:60	T7	205±7b
30:70	T8	213±11b
20:80	T9	205±14b
10:90	T10	u.d.
0:100	T11	u.d.

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$). u.d.: uygulanabilir değil

A statistically significant difference ($P<0.05$) exists between the samples marked with different lowercase letters in the same column. u.d.: not applicable

Tabak örneklerinin sertlik değerleri, sızıntı testi sonuçları ve tabakların fiziksel yapıları ele alınarak optimum özelliklere sahip tabak örneği belirlenmiştir. Sızıntı testinde, T5 ve T6 tabak örnekleri aynı istatistiksel grupta ve en iyi değerlere sahip olmuşlardır. Bu iki tabak örneğinin sertlik değerleri ele alındığında, T6 tabak örneğinin daha yüksek sertlik değerine sahip olduğu görülmektedir. Son olarak tabakların şekil bütünlüğü, kenar düzgünlüğü, çatlak olmaması vb. fiziksel yapıları da incelenerek görsel değerlendirmesi yapıldığında T6'nın en uygun olduğu görülmektedir. Tüm parametreler (tabak örneklerinin sertlik değerleri, sızıntı testi sonuçları ve görsel değerlendirmesi) ele alındığında %50 kepek içeriğine sahip T6 tabak örneğinin öne çıktığı tespit edilmiştir.

T6 tabak örneğinin rutubet, kül ve protein oranları Çizelge 6'da verilmiştir. Tabakın rutubet oranı %5.41 olarak belirlenmiştir. Rutubet içeriği tahıl ve tahıl ürünlerinin depolanabilme yeteneğinin bir göstergesidir. Yüksek nem içeriğine sahip (>%14.5) ürünlerde depolama sırasında küf, bakteri ve böcek kaynaklı bozulma daha hızlı gerçekleşir. Düşük nem içeriğine sahip ürünler depolama için daha uygundur (Çetiner vd., 2021). Bu bağlamda T6 tabak örneğinin nem içeriği depolama için uygundur. T6 tabak örneğinin protein içeriği %8.63 ve kül içeriği %3.72 olarak tespit edilmiştir. Üretilen tüm tabaklar, tüketim için uygundur. Ayrıca T6 tabak örneğinin protein ve kül içeriklerinin yüksek olması besleyici özellik sağlamaktadır. Iqbal vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada plastik tek kullanımlık çatal bıçak

takımına alternatif olarak pirinç, sorgum ve buğday unu karışımı ile yenilebilir çatal bıçak takımı üretimi yapılmıştır. Elde edilen ürünün nem içeriği %2.68, kül içeriği %1.75 ve protein içeriği %4.7 olarak bulunmuştur. Grzelczyk vd. (2025) tarafından zeytin posası, teff unu, sorgum ve lesitin kullanılarak yenilebilir tek kullanımlık ürünler üretilmiş olup ürünlerin protein içeriği %3.25 ve 3.58 olarak belirlenmiştir. Rishi vd. (2024), rağı unu, buğday unu, pirinç unu ve tarçın gibi doğal elementlerden biyobazlı yenilebilir bir kase yaratmayı amaçlamıştır. Çalışmada elde edilen ürünlerin kül içeriği %6.30-9.12 arasında değişim göstermiştir. Bu çalışmada öne çıkan T6 tabağının protein ve kül içeriğinin Iqbal vd. (2022) tarafından elde edilen ürüne kıyasla ve protein içeriğinin Grzelczyk vd. (2025) tarafından üretilen ürüne kıyasla daha yüksek olduğu; kül içeriğinin Rishi vd. (2024) tarafından elde edilen ürüne kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Mevcut çalışmaya benzer şekilde buğday kepeği ve ek olarak öğütme sonrası elde edilen kepekli un (resultant atta) kullanılarak biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir tabaklar üretilmiş olup bu tabak örneklerinin protein ve kül içerikleri %15.37 ve %4.20 olarak belirlenmiştir (Rana vd., 2023). İlgili değerler, mevcut çalışmada öne çıkan T6 tabağının protein ve kül içeriğinden daha yüksek olup bu değerlerin yüksek olmasının nedeninin hem kepek hem de kepekten elde edilen yüksek protein ve kül içerikli un kullanılması olduğu düşünülmektedir (Rana vd., 2023).

Çizelge 6. %50 kepek içeriğine sahip tabak örneğinin (T6) rutubet, kül ve protein oranları
Table 6. Moisture, ash and protein values of the plate sample (T6) with 50% bran content

Kalite özellikleri <i>Quality properties</i>	T6 (50:50)
Rutubet oranı (%)	5.41±0.04
Kül oranı (%)	3.72±0.001
Protein oranı (%)	8.63±0.04

SONUÇLAR

Çevre koruma açısından, doğayı kirletici etkisi olan plastiklerden yapılmış tek kullanımlık tabakların kullanımı yerine biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir alternatiflere

yönelmek sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında buğday kepeği bazlı tabak üretimi yapılmış olup ham madde olarak kullanılan kepek örneğinin kül ve protein değerleri sırasıyla %4.45 ve %17.24 iken mısır nişastasının değerleri sırasıyla %0.02 ve %0.38'dir. Çalışma sonucunda, %50 kepek içeren tabak örneğinin, tekstürel olarak (sertlik), uzun süre sızdırmaması ve fiziksel yapısının tabak formunda olması nedeniyle öne çıktığı belirlenmiştir. Biyolojik olarak parçalanabilir hammaddeler kullanılarak, tek kullanımlık tabak, bardak, çatal, kaşık vb. ürünler ile ambalaj malzemelerinin üretimi için ileri çalışmalar yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla üretim sistemleri için yeni ekipman tasarımı ve üretim parametrelerinin belirlenmesi için teknolojik çalışmalar yapılmalıdır. Plastik yerine doğa dostu ve sürdürülebilir ürünlerin yaygınlaşması çevrenin korunması adına büyük önem taşımaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazar, çalışmayı destekleyen Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

AACC International (2010). The AACC Approved Methods of Analysis. The Association, St. Paul, MN, the USA.

Adekunte, A.O., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., Scannell, A.G.M., O'Donnell, C.P. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122(3): 500-507, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.026.

ASTM E 1164 (2002). Standard Practice for Obtaining Spectrophotometric Data for Object-Color Evaluation (No. ASTM E 1164). American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, the USA.

Atar, B. (2017). Gıdamız Buğdayın, Geçmişten Geleceğe Yolculuğu. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1): 1-12.

- Buxoo, S., Jeetah, P. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritian hemp leaves with beeswax coating. *SN Applied Sciences*, 2: 1-15.
- Çetiner, B., Acar, O., Şanal, T., Köksel, H. (2021). Bölüm 13: Hububat ve Hububat Ürünlerinde Kalite Değerlendirme. Hububat Bilimi ve Teknolojisi, Köksel, H., Acar, O., Çetiner, B., Köksel, F. (editörler), Sidas Medya Ltd. Şti, İzmir, Türkiye, s.269-290.
- Dordevic, D., Necasova, L., Antonic, B., Jancikova, S., Tremlová, B. (2021). Plastic cutlery alternative: Case study with biodegradable spoons. *Foods*, 10, 1612. <https://doi.org/10.3390/foods10071612>
- Ganesan, P., Sathish, B.S., Vasanth, K., Sivakumar, V.G., Vadivel, M., Ravi, C.N. (2019). A comprehensive review of the impact of color space on image segmentation. 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), 15-16 March, Coimbatore, India, 962-967 p., doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728392.
- Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., Hameed, G. (2012). Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits: A review. *Journal of Food Processing & Technology*, 3(3): 1000146.
- GB (2008). General requirement of plastic disposable tableware (GB 18006), National Standard of the People's Republic of China, Beijing, China.
- Grzelczyk, J., Gałazka-Czarnecka, I., Drożdżyński, P., Oracz, J. (2025). Evaluation of the nutritional properties and biodegradation of novel disposable edible tableware made of olive pomace. *Food Science & Nutrition*, 13(1), e4665.
- Guo, H., Wu, H., Sajid, A., Li, Z. (2021). Whole grain cereals: the potential roles of functional components in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(30): 8388–8402, doi: 10.1080/10408398.2021.1928596.
- Gupta, R., Meghwal, M., Prabhakar, P.K., Garg, M. (2021). Investigating moisture-induced changes in the engineering properties and color attributes of pigmented different wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), doi: 10.1111/jfpp.15142.
- Hameed, M., Bhat, R.A., Singh, D.V., Mehmood, M.A. (2020). White Pollution: A Hazard to Environment and Sustainable Approach to Its Management. Practice, Progress, and Proficiency in Sustainability, Bhat, R.A., Qadri, H., Wani, K.A., Dar, G.H., Mehmood, M.A. (Eds.), IGI Global, pp. 52-81, doi: 10.4018/978-1-7998-0031-6.ch004.
- Iewkittayakorn, J., Khunthongkaew, P., Wongnoipla, Y., Kaewtatip, K., Suybangdum, P., Sopajarn, A. (2020). Biodegradable plates made of pineapple leaf pulp with biocoatings to improve water resistance. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 5056-5066.
- Iqbal, B., Raza, R., Khan, N., Siddiqui, K.A. (2022). Bio-friendly edible cutlery-an effective alternative to plastic disposable cutlery. *Journal of Research (Science)*, 33(1), 30-36.
- ISO 2171 (2023). Tahıllar, baklagiller ve yan ürünleri Yakılarak kül muhtevasının tayini (TS EN ISO 2171:2023), Ankara, Türkiye.
- Jarpa-Parra, M., Wong, L., Wismer, W., Temelli, F., Han, J., Huang, W., Eckhart, E., Tian, Z., Shi, K., Sun, T., Chen, L. (2017). Quality characteristics of angel food cake and muffin using lentil protein as egg/milk replacer. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(7): 1604-1613, doi: 10.1111/ijfs.13433.
- Javed, M.M. (2012). Wheat bran as a brown gold: Nutritious value and its biotechnological applications. *African Journal of Microbiology Research*, 6(4), doi: 10.5897/AJMRX11.035.
- Kamal-Eldin, A., Lærke, H.N., Knudsen, K.E.B., Lampi, A.M., Piironen, V., Adlercreutz, H., Katina, K., Poutanen, K., Åman, P. (2009). Physical, microscopic and chemical characterisation of industrial rye and wheat brans from the Nordic countries. *Food & Nutrition Research*, 53(1): 1912, doi: 10.3402/fnr.v53i0.1912.
- Khan, J., Gul, P., Rashid, M.T., Li, Q., Liu, K. (2024). Composition of Whole Grain Dietary Fiber and Phenolics and Their Impact on Markers

- of Inflammation. *Nutrients*, 16(7): 1047, doi: 10.3390/nu16071047.
- Köksel, H., Cetiner, B. (2015). Future of grain science series: Grain science and industry in Turkey: Past, present, and future. *Cereal Foods World*, 60(2): 90-96, doi: 10.1094/CFW-60-2-0090.
- Köksel, H., Shewry, P.R. (2021). Bölüm 4: Hububat Proteinleri, Köksel, H., Acar, O., Çetiner, B., Köksel, F. (editörler), Sidas Medya Ltd. Şti, İzmir, Türkiye, s.71-91.
- Olt, J., Maksarov, V.V., Soots, K., Leemet, T. (2020). Technology for the production of environment friendly tableware. *Environmental and Climate Technologies*, 24(2): 57-66, doi: 10.2478/rtuect-2020-0054.
- Rana, A., Dogiparthi, O., Sakhare, S.D., Sathyendra Rao, B.V., Inamdar, A.A. (2023). Study on the utilization of by-products of wheat milling industry for the development of biodegradable plates. *Journal of Food Science and Technology*, 60(7): 2042-2049, doi: 10.1007/s13197-023-05738-8.
- Rishi, P., Zade, T., Abhiraj, P., Pandey, V.S., Roy, S. (2024). Exploring the potential of ragi, wheat, and rice flours as a sustainable solution for edible bowl: A suitable substitution for disposable plastic bowl. *Food and Humanity*, 3, 100455.
- Rossi, D., Rossi, S., Cinelli, P., Seggiani, M. (2024). Emerging opportunities in the valorisation of wheat bran byproduct as additive in polymer composite materials. *Materials Today Sustainability*, 100832.
- Tomé-Sánchez, I., Martínez-Villaluenga, C., Martín-Diana, A. B., Rico, D., Jiménez-Pulido, I., Frias, J., Dia, V. P. (2023). Antioxidant, immunostimulatory, and anticancer properties of hydrolyzed wheat bran mediated through macrophages stimulation. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(8), 7436.
- TUSAF (2023). 2023 yılı aylara göre un ihracatı. <https://www.tusaf.org/TR,3016/2023-yili-aylara-gore-un-ihracati.html> (Erişim tarihi:21.03.2025).
- TÜİK (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447#:~:text=Bir%C3%B6nceki%20y%C4%B1la%20g%C3%B6re%2C%20bu%C4%9Fday,8%2C1%20milyon%20ton%20oldu> (Erişim tarihi:21.03.2025).
- Uygun, A.İ. (2020). Mutfakta yeni trend: Moleküler gastronomi. *Turizm Çalışmaları Dergisi*, 2(2), 15-20.
- Yodkum, T., Pajareon, S., Yokesahachart, C. (2024). Effect of defatted rice bran content on physicochemical and sensory properties of edible cutlery made from rice flour green composites using compression molding. *Journal of Current Science and Technology*, 14(3), Article 62. <https://doi.org/10.59796/jcst.V14N3.2024.62>