



Ekstrüzyon Teknolojisi ve Buğday Öğütme Yan Ürünlerinin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı^A

Nazlı ŞAHİN^{1*}, Abdulvahit SAYASLAN²

Öz: Ekstrüzyon teknolojisi gıda sanayiinde kullanılan ve önemli avantajlara sahip olan bir gıda işleme tekniğidir. Ekstrüzyon yoluyla gıda üretiminde, hammadde özellikleri (nişasta tipi ve içeriği, protein içeriği, yağ içeriği vb) ve proses parametreleri (tek/çift vida, vida hızı, vida konfigürasyonu, besleme oranı, besleme nem içeriği vb) son ürünün duyuşsal (renk, tat, koku, tekstür vb) ve besleyicilik özellikleri üzerinde belirleyici olmaktadır. Buğday öğütme yan ürünleri olan kepek, ruşeym ve bonkalite un, ana ürün olan beyaz un ile kıyaslandığında besleyicilik ve fonksiyonel özellikler bakımından daha üstündür. Türkiye’de yıllık 3-5 milyon ton civarında buğday öğütme yan ürünü ortaya çıktığı tahmin edilmekte olup ağırlıklı olarak yem sanayiinde kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda ekstrüzyon gibi farklı gıda işleme teknikleri sayesinde yan ürünlerin gıdalarda kullanım olanakları artmaktadır. Bu çalışmada ekstrüzyon teknolojisi ve buğday öğütme yan ürünlerinin ekstrüde gıda üretiminde kullanımı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: bonkalite un, ekstrüzyon, kepek, öğütme yan ürünleri, ruşeym.

^A Bu çalışma Nazlı Şahin’in Doktora Tezinden türetilmiştir. Yapılan bu çalışma etik kurul belgesi gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Nazlı ŞAHİN, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye nsahin@kmu.edu.tr **OrcID:** 0000-0002-0963-8882

² Abdulvahit SAYASLAN, ¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye, sayaslan@kmu.edu.tr, **OrcID:**0000-0001-7161-1552

Atf/Citation: Şahin, N. ve Sayaslan, A. 2023. Ekstrüzyon teknolojisi ve buğday öğütme yan ürünlerinin ekstrüde gıda üretiminde kullanımı. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1), 241-261.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1089981>

Extrusion Technology and Utilization of Wheat Milling By-Products in Extruded Foods

Abstract: Extrusion technology is a food processing technique with significant advantages. In the extrusion process, raw material properties (starch type and content, protein content, oil content etc) and process parameters (single/twin screw, screw speed, screw configuration, feed rate, feed moisture content etc) determine the sensory (color, taste, aroma, texture etc) and nutritional properties of the end products. Wheat milling by-products of bran, germ and red dog flour are of better nutritional and functional properties than those of the main product, i.e., refined wheat flour. It is estimated that about 3-5 million tons of wheat milling by-products are annually produced in Turkey, the majority of which are used for animal feed. However, utilization of such techniques as extrusion in recent years has increased the incorporation of those by-products into food formulations. In this study, the literature on the extrusion technology and usage of wheat milling by-products in the extruded foods were reviewed.

Keywords: bran, germ, extrusion, milling by-products, red dog flour.

Giriş

Gelişen tarım ve gıda işleme teknolojileri sekiz milyara yaklaşan dünya nüfusunun gıda güvenliği ve güvencesi sorunlarına çözümler üretmektedir. Gıda işleme teknolojileri arasında yer alan ekstrüzyon teknolojisi, göreceli olarak yeni ve yenilikçi bir teknolojidir (Tiwari ve Jha, 2017). Genel hatlarıyla ekstrüzyon teknolojisi, tahıl ve baklagil unları veya irmikleri gibi nişasta ağırlıklı hammaddelerin uygun yardımcı maddelerle birlikte düşük nem düzeyinde (%15-25) ekstrüder adı verilen hidrotermal ve mekanik bir sistemde oldukça kısa sürede (1-2 dakika) karıştırılması/yoğrulması, pişirilmesi ve şekillendirilmesi işlemlerini kapsamaktadır (Choton ve ark., 2020). Ekstrüzyon işleminde tek bir cihazda yukarıda sıralanan çok sayıda temel işlem eşzamanlı olarak gerçekleştirilmektedir (Leonard ve ark., 2019). Bu nedenle bileşenler ve/veya ekstrüder parametrelerinde yapılan küçük modifikasyonlar farklı şekilsel ve tekstürel özelliklere sahip gıdaların üretilmesine imkân tanımaktadır (Offiah ve ark., 2019).

Ekstrüzyon teknolojisinin diğer gıda işleme teknolojilerine göre pek çok avantajı bulunmaktadır. Ekstrüderlerin üretim kapasiteleri yüksek, buna karşılık işçilik maliyetleri, işgal ettikleri alan ve enerji giderleri düşüktür. Ekstrüzyon koşullarında uygulanan yüksek sıcaklık ve basınç, mikroorganizmalar ve enzimleri inaktive etmekte ve düşük nemli ürünler ortaya çıkarmaktadır. Buna bağlı olarak ekstrüde ürünlerin kurutma maliyeti düşük, bozulmalara direnci ise yüksek olmaktadır. Yüksek sıcaklıkta kısa süreli (HTST) bir ısıl işlem prosesi olan ekstrüzyon, ürünlerin bazı antibesinsel bileşenlerini azaltırken besinsel değer kaybını minimize etmektedir. Ekstrüzyon teknolojisinin önemli avantajlarından birisi de gıda atıkları veya yan ürünlerinin diğer gıda işleme teknolojilerine göre daha kolay işlenebilmesidir. Ayrıca, çevre kirliliğine sebep olabilecek herhangi

bir atık veya kirli su oluşmaması da ekstrüzyon teknolojisinin önemli avantajlarından. Tüm bu faktörler yeni gıda geliştirmede ekstrüzyon teknolojisinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Choton ve ark., 2020; Grasso, 2020).

Buğday ve ürünleri insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Dünyada yıllık 650-700 milyon ton, Türkiye’de ise 18-21 milyon ton civarında buğday üretilmektedir (TÜİK, 2020). Ekmeklik ve bisküvilik buğdaylardan öğütme yoluyla çoğunlukla un (beyaz un, paçal un) elde edilirken makarnalık buğdaylardan irmik üretilmektedir. Beyaz un ekmek başta olmak üzere noodle, bisküvi, kraker, gofret ve kek gibi unlu mamullerde, irmik ise makarna üretiminde kullanılmaktadır. Öğütme işlemiyle ekmeklik buğdaylardan %75-85 oranında un elde edilirken %15-25 oranında öğütme yan ürünleri oluşmaktadır. Öğütme yan ürünleri arasında kaba kepek, ince kepek, ruşeym ve düşük kaliteli un (bonkalite un, bonkalit, red dog) yer almakta olup çoğunlukla yem sanayiinde kullanılmaktadır. Türkiye’de her yıl 3-5 milyon ton civarında öğütme yan ürünü olduğu tahmin edilmektedir. Son yıllarda tüketicilerin sağlıklı gıda ve doğru beslenme taleplerinin artmasına bağlı olarak besleyicilik değeri ve fonksiyonel özellikleri yüksek olan öğütme yan ürünlerinin gıdalarda kullanımı da artmaya başlamıştır (Schultz, 1984; Sing ve ark., 2000; Yaseen ve Shouk, 2005; Gajula ve ark., 2008; Makowska ve ark., 2015; Dar ve ark., 2016).

Bu derleme kapsamında ekstrüzyon teknolojisi, ekstrüder çeşitleri, ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan hammaddeler, ekstrüzyon prosesinde gerçekleşen değişimler ve ürün kalitesine etkileri irdelenmiş, ayrıca buğday öğütme yan ürünlerinin kimyasal kompozisyonu ve ekstrüzyon teknolojisiyle değerlendirilmesine yönelik çalışmalar incelenmiştir.

Ekstrüzyon Teknolojisi

Ekstrüder Çeşitleri

Ekstrüderler şekil, boyut ve çalışma yöntemlerine göre pistonlu, silindirli ve vidalı ekstrüderler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Alam ve ark., 2015). Pistonlu ekstrüderler, tekli ya da seri halde çalışan pistonlardan meydana gelmektedir. Bu tip ekstrüderler özellikle şekerleme endüstrisinde tercih edilmekte olup çikolatanın şekerlemenin merkezine doldurulmasını sağlamaktadır (Grandison ve Brennan, 2012). Silindirli ekstrüderler birbirine yakın yerleştirilmiş zıt yönde dönen iki silindirden oluşmakta olup gıda sanayiinde kullanımları sınırlıdır (Choton ve ark., 2020). Vidalı ekstrüderler ise, ekstrüder kategorisinin en kompleksi ve en yaygın kullanılanlarıdır. Vidalı ekstrüderler malzemeyi özel olarak tasarlanmış bir kovan içinde kalıba doğru taşımak için sabit bir namluda dönen tek veya çift vidadan oluşmaktadır. Vidalı ekstrüderler, ürettikleri mekanik enerji miktarına göre düşük ve yüksek kesmeli (shear) ekstrüderler olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük kesmeli bir ekstrüder, üretilen mekanik enerjiyi en aza indirmek için tasarlanmış olup ürünleri karıştırmak ve şekil vermek için kullanılmaktadır. Makarna üretiminde kullanılan soğuk ekstrüderler bu sınıfa girmektedir. Yüksek kesmeli ekstrüderler ise sıcak ekstrüderler olup mekanik enerjiyi en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Genleştirilmiş cips türü çerezlerin üretimi başta olmak üzere gıda sanayiinde kullanılan ekstrüderlerin çoğu bu sınıfta yer

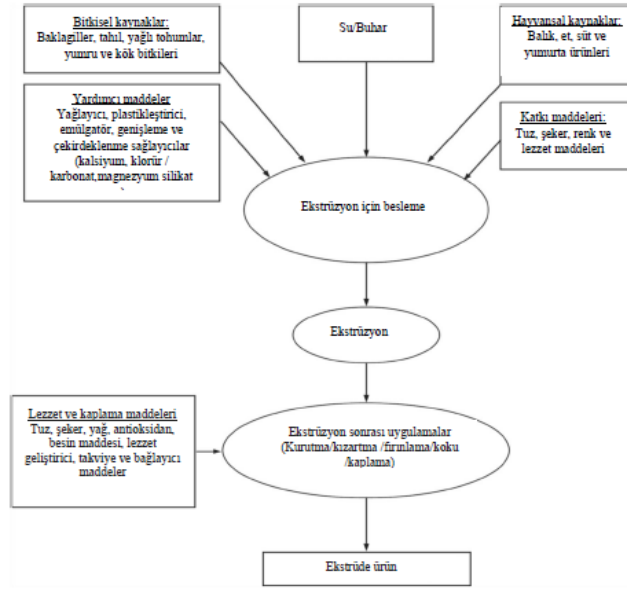
almaktadır (Grandison ve Brennan, 2012; Offiah ve ark., 2019). Ekstrüderler vida sayısına göre tek, çift veya nadiren çok vidalı olabilmektedir. Tek vidalı ekstrüderler kesme gücü düşük olduğu için şekil verme veya plastik ekstrüderleri olarak adlandırılırken, orta ve yüksek kesme gücüne sahip çift vidalı ekstrüderler ise pişirme ekstrüderleri olarak isimlendirilmektedir. Çift vidalı ekstrüderlerin çok fonksiyonel olmaları (Çizelge 1) geniş bir yelpazede kullanımlarına olanak sağlamaktadır.

Çizelge 1. Tek ve çift vidalı ekstrüderlerin karşılaştırılması (Harper, 1989).

	Tek vida	Çift vida
Yaklaşık maliyet/birim fiyat		
Ekstrüderin maliyeti	1	1.5-2.5
Sistemin maliyeti	1	0.9-1.3
Bakım maliyeti	1	1-2
Enerji		
Ön şartlandırıcı ile	Buhar ile	Kullanılmıyor
Ön şartlandırıcı olmadan	Mekanik enerji	Mekanik ve termal enerji
L/D oranı (uzunluk/çap oranı)	4-25	10-25
Karıştırma kabiliyeti	Zayıf	İyi
Isı transferi	Zayıf	İyi
Karışımın nem içeriği	%13-35	%10 ve üstü
Hammadde	Sınırlı hammadde	Geniş ürün yelpazesi
Çok yönlülük	Zayıf	İyi

Ekstrüzyon Teknolojisinde Kullanılan Hammaddeler ve Diğer Bileşenler

Ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan hammaddeler ve diğer bileşenler genellikle işlevsel özelliklerine göre gruplandırılmaktadır (Guy, 2001). Bu grupları yapı oluşturanlar (hammadde), dolgu maddesi olanlar, plastikleştirici veya yağlayıcı bileşenler, çözünebilir katılar ve çekirdekleştirici maddeler, renklendiriciler, tatlandırıcılar ve aroma vericiler oluşturmaktadır (Şekil 1). Yapı oluşturanlar arasında nişasta birinci sırada yer almakla birlikte bazı proteinler ve lifler de yapı oluşturmaya katkı sağlamaktadır. Bu polimerik maddeler sınırlı su veya su buharı eşliğinde ısı ve mekanik enerji etkisiyle ekstrüder kovanında köpük benzeri kıvamlı bir yapı (eriyik) oluşumunu sağlamaktadır. Bu bağlamda nişasta içeriği yüksek tahıl ve kuru baklagil unları, irmikleri veya kırmaları ile kök ve yumru bitkilerinin unları veya nişastaları önem taşımaktadır (Leonard ve ark., 2019).



Şekil 1. Ekstrüzyon prosesinin şematik gösterimi ve kullanılan hammaddeler (Bhattacharya, 2011)

Ekstrüzyon işleminde dolgu maddesi olarak görev alan bileşenler, selüloz ve protein bakımından zengin olan kabuk veya kepek gibi lifli materyaldir (Guy, 2001). Plastikleştirici veya yağlayıcı olarak ise; su, su buharı veya yağ kullanılmaktadır. Su veya su buharı, toz formdaki polimerleri plastikleştirerek deforme olabilen kıvamlı eriyiklere dönüştürmektedir. Oldukça düşük oranda (%1-5) kullanılan yağlar, ekstrüzyon işleminde nişastanın hidrotermal dönüşümüne olumlu katkı sağlarken, yüksek oranda (>%5) kullanılması ekstrüder etkinliğini düşürerek nişastanın degradasyonunu ve patlayarak genişmesini sınırlandırmaktadır (Yağcı, 2015). Ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan çekirdekleştirici maddeler, ekstrüzyon sırasında oluşan sıcak eriyiğin içerisindeki hava kabarcıklarının sayısını ve stabilitesini artırarak ürünün genişmesine katkı sağlamaktadır. Çekirdekleştirici madde olarak genellikle toz kalsiyum karbonat ve magnezyum silikat (talk) kullanılmaktadır (Maskan ve Altan, 2016). Ekstrüde gıda üretiminde tuz ve şekerler tat verici ve nemlendirici olarak formülasyona katılmaktadır. Renklendirici ve aroma verici maddeler, hammaddelerde doğal olarak bulunabildiği gibi formülasyona üretim sırasında da katılabilmektedir. Bazı hassas renk ve aroma maddeleri ekstrüzyon sonrasında son ürün yüzeyine püskürtülerek uygulanmaktadır (Guy, 2001).

Ekstrüzyon Prosesinde Gerçekleşen Değişimler ve Ürün Kalitesine Etkileri

Ekstrüzyon teknolojisinde kullanılan karışımın (hammadde ve diğer bileşenler) özellikleri ve ekstrüder çalışma parametreleri ürünlerin renk, tat, koku ve tekstür gibi duyuşal özellikleri ile besleyicilik kalitelerini etkilemektedir (Grandison ve Brennan, 2012; Fellows, 2012). Ekstrüzyonda kullanılan karışımın nem içeriği en önemli değişkenlerdendir. Ekstrüzyon işleminde nem doğrudan karışıma eklenebildiği gibi işlem sırasında su veya buhar olarak da sisteme verilebilmektedir. İşleme sürecinde karışımın sahip olduğu nem seviyesi ekstrüzyon prosesinin etkinliğini (sıcaklık, basınç, shear vb), dolayısıyla da ürünlerin özellikle tekstürel

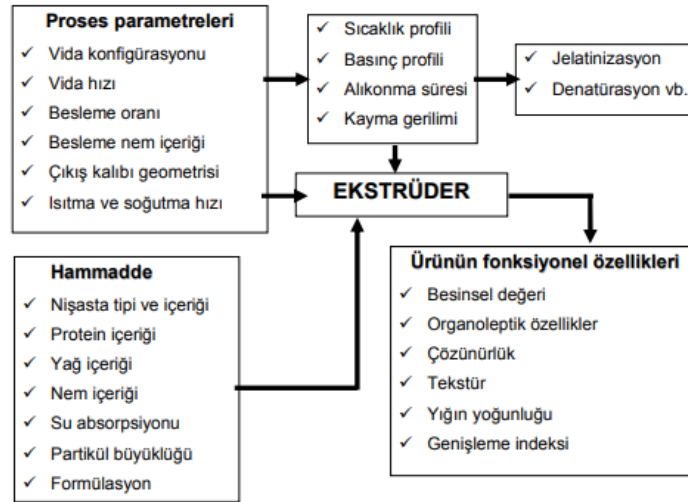
karakteristiklerini belirlemektedir (Grandison ve Brennan, 2012). Nem nişastanın jelatinizasyon, degradasyon ve dekstrinizasyon oranlarını değiştirerek ürünün genleşmesi, yoğunluğu, gözenek yapısı, gevrekliği ve sertliğini etkilemektedir. Çoğu ekstrüzyon işleminde karışımın nem içeriği %15-20 arasında değişmektedir. Tek vidalı ekstrüderler en düşük %13 nem içeriğinde çalışabilirken, çift vidalı ekstrüderler %10 nem içeriğine kadar çalışabilmektedir (Mazlan ve ark., 2019).

Ekstrüzyon pişirme teknolojisinde kullanılan karışımların en önemli bileşenlerini nişasta, proteinler, lipitler ve lifler oluşturmaktadır. Karışımların bu bileşenleri farklı oranlarda içermesi, son ürünün duyu ve besleyicilik kalitesinde önemli farklılıklara neden olmaktadır (Fellows, 2012). Proses şartlarına bağlı olarak değişimle birlikte, işleme sırasında nişastada jelatinizasyon, dekstrinizasyon ve kompleks oluşumu gerçekleşirken proteinlerde denatürasyon, hidroliz ve ısı polimerizasyonu gerçekleşebilmektedir. Uygulanan mekanik etkiye bağlı olarak proteinler, nişasta ve liflerin boyut, çözünürlük, viskozite ve su tutma kapasiteleri değişmektedir (Steel ve ark., 2012). Sözü edilen bu değişimler ise son ürünlerin tekstürel özelliklerini belirlemektedir (Şekil 2).

Ekstrüzyon işleminde kullanılan karışımda bulunan veya dışarıdan ilave edilen lipitler, sürtünmeyi azaltarak plastikleştirici veya yağlayıcı olarak görev yapmaktadır (Steel ve ark., 2012). Lipitler ayrıca pişirme sırasında amiloz-lipit kompleksleri oluşturarak ürünün genleşme oranı, yağın yoğunluğu ve suda çözünürlük derecesini düşürmektedir (Bhatnagar ve Hanna, 1994). Amiloz-lipit kompleksi oluşumunda formülasyonda bulunan nişastanın amiloz içeriği ile yağın miktar ve özellikleri etkili olmaktadır. Genel olarak, karışımın yağ içeriğinin %5'in altında olması ürün özelliklerini fazla etkilemezken, %5'in üzerine çıkması sürtünmeye bağlı mekanik enerji üretimi ve nişasta jelatinizasyonunu sınırlayarak genleşmeyi sınırlandırmaktadır. Yağ içeriği yüksek karışımlar işlenirken nem içeriğini düşürmek bu olumsuzluğu kısmen giderebilmektedir (Steel ve ark., 2012).

Ekstrüzyon sırasında işlem şartlarına bağlı olarak liflerin yapısı ve özellikleri değişmektedir (Mościcki ve ark., 2013). En önemli değişim liflerin çözünürlüğünün artmasıdır. Ekstrüzyonda kullanılan karışımın lif oranının artması ürünün besleyicilik değerini yükseltirken genleşmesini sınırlandırmaktadır. Lifler, su tutma kapasitelerinin yüksek olmaları nedeniyle nişasta jelatinizasyonunu sınırlandırmakta, ayrıca ürünün kalıptan çıkışı sırasında su buharını tutarak ürün genleşmesini olumsuz etkilemektedir (Yanniotis ve ark., 2007).

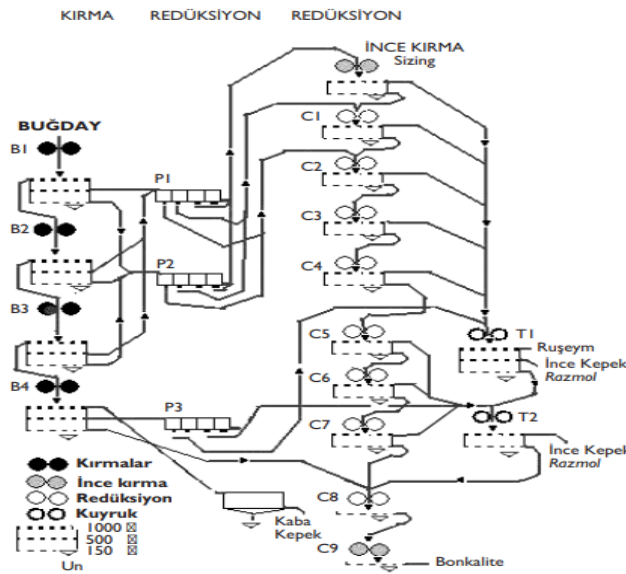
Ekstrüzyon şartlarına bağlı olarak enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ve antibesinsel maddelerin inaktivasyonu gerçekleşirken aroma maddeleri ve bazı vitaminlerde kısmi kayıplar söz konusu olmaktadır (Choton ve ark., 2020). Ekstrüzyon sırasında uygulanan yüksek sıcaklık, basınç ve kesme gerilimi, doğal toksinler ve çoğu antibesinsel maddelerin parçalanmasını sağlamaktadır (Tiwari ve Jha, 2017). Diğer taraftan C vitamini gibi sıcaklığa duyarlı vitaminlerde 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kayıplar meydana gelmektedir (Mościcki ve ark., 2013). Ancak, ısı işlem süresinin kısa olması ve ürünün hızlı bir şekilde soğuması, ekstrüzyon işleminde vitamin kayıplarının geleneksel ısı işleme tekniklerine göre daha düşük düzeyde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Tahıllarda bol bulunan tiamin, riboflavin ve niasin gibi B grubu vitaminlerindeki kayıpların ekstrüzyonda uygulanan sıcaklık, nem ve vida hızı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği bilinmektedir (Riaz ve ark., 2009). Diğer taraftan yağda çözünen A ve E vitaminleri ise ekstrüzyon şartlarında daha stabildir (Mościcki ve ark., 2013). Ekstrüde gıdaların vitamin içeriklerini ve hassas aroma maddelerini koruyabilmek için ekstrüzyon parametrelerinin iyi optimize edilmesi gerekmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Ekstrüzyon teknolojisinde hammadde özellikleri, proses parametreleri ve ürün karakteristiklerinin etkileşimi (Chessari ve Sellahewa, 2001; Masatcioğlu, 2013).

Buğday Öğütme Yan Ürünleri

Un fabrikaları oldukça kompleks bir tasarıma sahiptir. Tipik bir un fabrikasında hammadde depolama siloları, temizleme alet-ekipmanları, tavlama ve paçal yapma sistemleri ve siloları, öğütme ünitesi, ambalajlama, paketleme ve depolama bölümleri bulunmaktadır. Öğütme ünitesi sıralı bir şekilde konumlandırılmış çok sayıda öğütücü sistem (4-6 çift kırma valsi ve 10-15 çift inceltme/redüksiyon valsi), birkaç adet elek sistemi (plansifter) ve irmik sasörü (purifyer) içermektedir (Şekil 3). Bu sistemlerin optimum tasarımı, fabrikadaki organizasyonu ve etkin bir şekilde çalıştırılması mükemmel bir mühendislik ve ustalık gerektirmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).



Şekil 3. Basitleştirilmiş öğütme diyagramı (Elgün ve ark., 2010)

Buğdayın öğütülmesi sürecinde ana ürün ve yan ürünlerin oluşumlarını anlamak için öğütme prosesini kabaca özetlemekte yarar vardır. Temizlendikten sonra tavlanan ve gerekirse paçal yapılan buğday önce kırma sistemine gelir. Yivli yüzeylere sahip kırma valslerinde kademeli ancak eşzamanlı olarak tanenin kabuğu kazınarak ayrılır ve endospermi kabaca kırılır. Her bir kırma valsinden sonra oluşan materyal elek sisteminde sınıflandırılarak kaba kepek, iri endosperm parçacıkları (irmik) ve bir miktar un elde edilir. İrmik fraksiyonu irmik sasörlerinde daha detaylı sınıflandırıldıktan sonra uygun kırma veya inceltme valslerine gönderilir. Düz yüzeyli inceltme valslerine gelen irmik kademeli bir şekilde ezilerek inceltir ve elek sisteminde sınıflandırıldıktan sonra ruşeym, ince kepek ve un fraksiyonları elde edilir. Öğütme sisteminin en sonunda ise bir miktar düşük saflıkta materyal kalır. Bu fraksiyon “bonkalite un” olarak adlandırılır. Her bir kırma ve inceltme valsinden elde edilen un fraksiyonları birleştirilerek ticari anlamda ‘ekmeklik un’ (beyaz un, paçal un) elde edilir. Farklı kırma valslerinden elde edilen kaba kepek fraksiyonları birleştirilerek ‘kaba kepek’, inceltme valslerinden elde edilen ince kepek fraksiyonları birleştirilerek ‘ince kepek’ elde edilir. Kullanım amacına göre kaba ve ince kepek fraksiyonları karıştırılarak kısaca ‘kepek’ adıyla da satışa sunulabilir (Elgün ve ark., 2010).

Kepek

Ağırlıkça buğday tanesinin %13-19’una tekabül eden ve öğütme sanayiinin kullandığı bir kavram olan kepek; meyve kabuğu (perikarp), tohum kabuğu (testa), hiyalin tabakası ve aleuron hücrelerini içermektedir (Hossain ve ark., 2013). Buğday öğütülürken kırma valslerinden ayrılan büyük partiküllü kepeğe kaba kepek (bran, coarse bran) adı verilirken inceltme valslerinden sonra ayrılan ince partiküllü kepeğe ise ince kepek (razmol, shorts, fine bran) adı verilmektedir. Kaba ve ince kepek için sırasıyla kırmızı ve beyaz kepek terimleri de kullanılmaktadır (Bartnik ve Jakubczyk, 1989). Bu kepekler ayrı ayrı veya birleştirilerek piyasaya sunulabilmektedir.

Öğütülen buğday çeşidi ve öğütme diyagramına bağlı olarak değişmekle birlikte, ticari buğday kepeği %8-13 nem, %9-19 protein, %2-5 yağ, %4-8 kül, %33-63 lif ve %60-75 toplam karbonhidrat içermektedir (Javed ve ark., 2012; Kaur ve ark., 2012; Curti ve ark., 2013; Sobota ve ark., 2015; Yan ve ark., 2015). Buğday kepeği vitaminler (mg 100g⁻¹ olarak: E vitamini 0.13-9.5, tiamin 0.51-1.6, riboflavin 0.20-0.80, pridoksin 0.30-1.30 ve folat 0.088-0.80), mineral maddeler (mg 100g⁻¹ olarak: Fe 1.9-34.0, Mg 530-1030, P 900-1500, Zn 8.3-14.0 ve Mn 0.9-10.1) ve bazı biyoaktif fitokimyasallar (µg g⁻¹ olarak: alkil rezorsinoller 489-1429, fitosteroller 344-2050, ferulik asit 1376-1918, flavonoidler 3000-4300 ve bağlı fenolik bileşikler 4.73-2020) bakımından oldukça zengindir (Kim ve ark., 2006; Fardet, 2010; Brouns ve ark., 2012; Brewer ve ark., 2014; Luthria ve ark., 2015).

Ticari buğday kepeği selüloz, hemiselülozlar ve nişasta gibi farklı polisakkaritler içermektedir (Dülger ve Şahin, 2011). Kepekte %36.5-52.4 oranında toplam lif, %1.5-4 çözünebilir lif ve %35-48.4 çözünmez lif bulunmaktadır (Vitaglione ve ark., 2008). Kepekte bulunan karbonhidratların %46’sını nişasta olmayan polisakkaritler veya lifler (%74’ü hemiselüloz/arabinoksilan, %24’ü selüloz ve %6’sı β- glukan) oluşturmaktadır (Maes ve Delcour 2002). Buğday kepeği polisakkaritleri ağırlıklı olarak ksiloz, arabinoz, glikoz ve üronik asit polimerleri olup az miktarda ramnoz ve galaktoz ile eser miktarda fukoz ve mannoz içermektedir (Baladrán-

Quintana, 2015). Diğer taraftan kepekte az miktarda bulunan sakkaroz ve rafinoz ise sırasıyla kepeğin en önemli şeker ve oligosakkaritidir (Delcour ve Hosenev, 2010).

Buğday kepeğinin protein içeriği buğday ununa göre daha yüksek olup besleyicilik açısından da daha üstün bir amino asit profiline sahiptir (Baladrán-Quintana ve ark., 2015). Kepek proteinleri endosperm proteinlerine göre üç kat daha fazla arginin, iki kat daha fazla alanin, asparagin, glisin, histidin ve lizin, yarısı kadar da glutamin ve prolin amino asitleri içermektedir (Cornell, 2003).

Buğday kepeğinde besleyicilik değerini artıran fonksiyonel bileşenlerin yanında olumsuz etkileyen bazı antibesinsel bileşenler de (fitik asit, tripsin inhibitörleri vb) bulunmaktadır. Fitik asit tanede en yüksek oranda kabukta, dolayısıyla da kepekte bulunmaktadır (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007). Fitik asit divalent mineraller (Ca⁺⁺ ve Fe⁺⁺ vb) ile fitat kompleksleri oluşturarak sözkonusu minerallerin emilimlerini kısıtlamaktadır (Rickard ve Thompson, 1997). Fitik asit içeriği yüksek diyetlerden kalsiyum, magnezyum, çinko ve demir emilimlerinin düşük olduğu bilinmektedir (Kies 1985; Sandstrom ve Lonnerdal, 1989; Heaney ve ark., 1991; Larsson ve ark., 1996; Sandberg ve ark., 1999). Tripsin inhibitörleri ise ince bağırsakta proteaz enzimlerini inaktive ederek ve/veya proteinlerle kompleks yapılar oluşturarak protein sindirimini ve besleyicilik kalitesini düşürmektedir (Janicki ve ark., 1970).

Ruşeym

Ruşeym, buğday tanesinin ağırlıkça %2-3'lük kısmını oluşturmaktadır (Çetinyürek, 2012). Buğday tanesinin alt kısmında yer alan ruşeym, canlı için gerekli tüm hayati faaliyetlerin gerçekleştiği anatomik kısımdır. Ruşeym; lipitler, vitaminler, enzimler ve mineral maddeler bakımından zengindir (Delcour ve Hosenev, 2010).

Yapılan çalışmalar ticari ruşeymin %10-15 yağ, %26-35 protein, %17 şeker, %1.5-4.5 lif, %4 mineral madde (özellikle K, Mg, Ca, P, Zn ve Mn) ve yüksek oranlarda biyoaktif bileşenler (tokoferol 300-740 mg kg⁻¹, fitosterol 24-50 mg kg⁻¹, flavonoid (3.5 g kg⁻¹ rutin eşdeğeri), polikosanol 10 mg kg⁻¹, karetonoid 4-38 mg kg⁻¹, tiamin 15-23 mg kg⁻¹ ve riboflavin 6-10 mg kg⁻¹) içerdiğini göstermektedir (Panfili ve ark., 2003; Bilgiçli ve ark., 2006; Zhu ve ark., 2006; Brandolini ve Hidalgo, 2012). Likes ve ark. (2007), kepeğe kıyasla ruşeyimde iki kat daha fazla betain ve kolin olduğunu bildirmişlerdir. Ruşeym, E ve B vitaminleri bakımından zengin olup iyi bir α-tokoferol kaynağıdır (Pomeranz, 1987; Dunford ve Zhang, 2003; Güven ve Kara, 2015). Antioksidan içeriği yüksek olan ruşeymin canlılarda oksidatif stres seviyesini azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2011; Brandolini ve Hidalgo, 2012).

Brandolini ve Hidalgo (2012), yağı alınmış ruşeym posasının %35 protein içerdiğini, bunun %34.5'ini albuminler ve %15.6'sını globülinlerin oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ruşeym proteinlerinin biyolojik değeri, hayvansal kaynaklı proteinlere eşdeğer kabul edilmektedir (Ge ve ark., 2001). Zhu ve ark. (2006), ruşeym proteinlerinde sistein hariç yüksek miktarda glutamik asit, arginin, lösin, glisin, aspartik asit ve lizin bulunduğunu bildirmişlerdir. Yağı alınmış ruşeymin iyi bir bitkisel protein kaynağı ve doğal gıda takviyesi

olabileceği önerilmiştir (Brandolini ve Hidalgo, 2012). Yağı alınmış ruşeym sükroz, rafinoz ve pentozanlar gibi karbonhidratların da iyi bir kaynağıdır (Dubois ve ark., 1960).

Ruşeym yağı özellikle linoleik (18:2), palmitik (16:0) ve oleik (18:1) asitler bakımından zengindir. Ruşeym yağı tokollerini (288 mg 100 g⁻¹), α-tokoferol (%57), γ-tokoferol (%30) ve tokotrienoller (%11) oluşturmaktadır (Kumar ve Krishna, 2015). Ruşeym yağı fosfor (1.4 g kg⁻¹) bakımından da zengindir (Wang ve Johnson, 2001). Ruşeym mono ve digliseritleri içinde fosfolipitler (%14-17), polikosanoller (dokosanol, heksakosanol, oktakosanol ve triakontanol) ve fitosteroller (%60-70 sitosterol ve %20-30 kampesterol) bulunmaktadır (Dapčević-Hadnađev ve ark., 2018).

Ruşeym yağının tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ile α-tokoferol gibi antioksidanlar bakımından zengin olması insan sağlığı için önem taşımaktadır. Ruşeym yağında bol bulunan linoleik ve linolenik asitler vücutta sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gereken (elzem) yağ asitleridir. Yaklaşık 5 g ruşeym yağı insan metabolizması için gerekli olan 7-10 mg α-tokoferol ihtiyacını tek başına karşılamaktadır (Güven ve Kara, 2015). Ruşeym yağında yüksek oranda bulunan biyoaktif maddelerin kolesterol düşürücü ve yaşlanma geciktirici gibi önemli sağlık etkileri bulunmaktadır (Kahlon, 1989; Güven ve Kara, 2015).

Antioksidan aktivitelerini biyolojik reaksiyonlar yoluyla gerçekleştiren fenolik karakterli fitokimyasallar, buğday tanesinin kepek ve ruşeym kısmında yoğunlaşmıştır (Thompson, 1994; Meyer ve ark., 2000; Kasum, 2002; Menga ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda buğday kepeği ve ruşeyminde ferulik, diferulik, vanilik, sinapik, p-kumarik ve 4-hidroksibenzoik asit gibi fenolik maddelerin bulunduğu belirlenmiştir (Alvarez ve ark., 2006; Gallardo ve ark., 2006).

Ruşeym yağının içerdiği oleik, linoleik ve linolenik asit gibi doymamış yağ asitleri beslenme açısından avantaj sağlarken lipaz ve lipoksigenaz enzimleri tarafından kolayca okside edilerek acılaşımaya (ransidite) neden olmaktadır (Brandolini ve Hidalgo, 2012; Mahmoud ve ark., 2015). Bu problem ruşeym ve ruşeym katkılı ürünlerin raf ömürlerini kısaltmaktadır. Enzimatik oksidasyonu engellemek amacıyla ruşeym farklı yöntemlerle stabilize edilmektedir. Uygulanan yöntemler ya doğrudan enzim aktivitesini durdurarak ya da ortam koşullarını değiştirerek (asitlendirme, oksijensiz ortam gibi) oksidatif acılaşmayı engellemektedir (Marti ve ark., 2014). Isıl işlemler (kızartma, sıcak hava uygulamaları ve basınçlı ekstrüzyon) oksidatif ransidite gelişimini yavaşlatmak için kullanılan klasik yöntemlerdir (Haridas Rao ve ark., 1980). Kuru kavurma, otoklavlama, infrared ve ultraviyole-C ışınları ve ekşi hamur fermantasyonu da ruşeymin stabilizasyonunda kullanılmaktadır (Marti ve ark., 2014; Demir ve ark., 2019). Gıda sanayiinde yaygınlaşan ekstrüzyon ve mikrodalga pişirme uygulamaları ise hızlı ve etkili enzim inaktivasyonu sağlayan yöntemler haline gelmiştir (Matucci ve ark., 2004).

Bonkalite Un

Bonkalite un, buğdayın una öğütülmesinde prosesin sonunda arta kalan, dolayısıyla aleuron tabakası başta olmak üzere ince kepek, endosperm ve ruşeym parçacıkları içeren bir öğütme fraksiyonudur. Un fabrikalarında %0.5-3.0 verimle elde edilen bonkalite un, beyaz una göre protein, yağ, lif ve kül miktarları bakımından daha zengin

bir yan üründür (Hoseney, 1986; Delcour ve Hoseney, 2010). Yapılan çalışmalar bonkalite unun genel olarak %10-14 nem, %15-20 protein, %35-60 nişasta, %3-6 yağ, %3-6 kül ve %5-15 lif içerdiğini göstermektedir (Hill ve ark., 1960; Elgün ve Ertugay, 1995; Elliott ve ark., 2002; Kim ve ark., 2003; Hemdane ve ark., 2015; Sarfaraz ve ark., 2017; Casas ve ark., 2018). Bonkalite unun yığın yoğunluğu 498.5 g L^{-1} , ortalama partikül boyutu $146 \mu\text{m}$ ve su tutma kapasitesi 1.83 g g^{-1} olarak bildirilmiştir (Casas ve ark., 2018). Farklı bölgelerden toplanan ve yem hammaddesi olarak kullanılan bonkalite unların protein, yağ, ham selüloz, kül, kuru madde ve metabolik enerji miktarları sırasıyla %14.63-15.23, %2.51-3.22, %3.51-4.14, %2.32-2.55, %87.79-88.16 ve 2971-3063 kcal kg^{-1} olarak rapor edilmiştir (Çelik ve ark., 2003). Başka bir çalışmada (Karaman ve Erdemir, 2018), bonkalite unun kimyasal bileşimi klasik yöntemler ve NIR yaklaşımıyla ölçülerek karşılaştırılmıştır. Bonkalite unun ölçüm yöntemi sırasına göre %12.99-13.26 nem, %9.98-10.22 protein, %0.483-0.556 selüloz, %1.39-1.89 yağ, %0.83-1.51 kül, %62.99-66.54 nişasta, %0.563-1.786 asit deterjan lif ve %2.17-11.69 nötral deterjan lif içerdiği saptanmıştır.

Bonkalite un çorba karışımları, kuruyemiş kaplamaları, tutkal üretimi ve yöresel ekmek formülasyonlarında kullanılmakla birlikte hala çoğunlukla hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Pomeranz, 1988; Neves ve ark., 2006; Anonim, 2012). Bonkalite unun toplam protein içeriği beyaz undan daha yüksektir. Ancak bonkalite unun normal una göre albümin ve globülin proteinlerini daha yüksek oranda, buna karşılık gluten proteinlerini daha düşük oranda içermesi, bonkalite un proteinin teknolojik kalitesinin beyaz undan daha düşük olmasına sebep olmaktadır (Snyder ve Woods, 1904).

Buğday Öğütme Yan Ürünlerinin Ekstrüzyon Teknolojisinde Kullanımı

Kepeğin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı

Buğday öğütme yan ürünleri olan kepek, bonkalite un ve ruşeymin farklı kullanım alanları mevcuttur. Aşağıda ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak farklı ürün gruplarında değerlendirildiği çalışmalar sunulmuştur.

Singh ve ark. (2000), beslenme açısından dengeli olması için buğday kepeği ile kırık pirinç tanelerini karıştırarak ekstrüde (besleme hızı: 27 kg saat^{-1} , vida hızı: 300 dev dak^{-1} , çıkış sıcaklığı: $95 \text{ }^\circ\text{C}$) etmişlerdir. Buğday kepeği ilavesi sonrasında karışımın hem kalsiyum, fosfor, demir, bakır, tiamin, riboflavin gibi besleyici özelliklerinde hem de fitin fosforu ve tripsin inhibitörü gibi antibesinler faktörlerde artış meydana gelmiştir. Ekstrüzyonla pişirme sonrasında ise tiamin, riboflavin ve lizin içeriğinde kısmi azalma, fitin fosforu ve tripsin inhibitöründe ise kayda değer bir düşme (besleyicilik kalitenin artması) saptanmıştır.

Brennan ve ark. (2008), tam buğday ve normal buğday ununa %15 oranında ayrı ayrı guar gamı ve buğday kepeği ekleyerek çift vidalı ekstrüder kullanarak (besleme hızı: $6.75 \text{ kg saat}^{-1}$, su oranı: 0.29 L saat^{-1} , kovan sıcaklıkları: 40, 60, 80, 100, 140, 160 ve 180°C , vida hızı: 315 dev dak^{-1} , vida çapı: 3mm,) ekstrüde kahvaltılık gevrek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Guar gamı ve buğday kepeği katkısının ürünün genleşmesi üzerine hiçbir etkisinin olmadığı, ürünlerin yoğunluğunun yükseldiği, karbonhidrat sindirim hızı ve oranının ise önemli ölçüde düştüğü sonucuna varmışlardır.

Gajula ve ark. (2008), buğday ununa %10, 20 ve 30 oranlarında buğday kepeği ilave ederek çift vidalı ekstrüder (besleme hızı: 1.6 kg saat⁻¹, nem içeriği: %30, kovan sıcaklığı: 30, 32 34, 36, 38 ve 40 °C, vida hızı: 200 dev dak⁻¹) ile ön pişirme işlemine tabi tutmuşlardır. Ön pişirme işlemi sonucunda çözünebilir diyet lifi oranı %22'den %73'e çıkarken çözünmez diyet lifi oranı düşmüştür. Daha sonra buğday unu (kontrol) ve %20 kepek içeren ön işlem görmüş un kullanılarak tortilla ve kurabiye üretilmiştir. Her iki undan yapılan ürünlerin duyuşal özellikleri oldukça benzer ve kabul edilebilir bulunmuştur.

Kaur ve ark. (2015) farklı ekstrüzyon koşullarının (nem içeriği %14, 17 ve 20; ekstrüzyon sıcaklığı 115, 140 ve 165°C) buğday, arpa, yulaf ve pirinç kepeklerinin antibesinsel özelliklerine olan etkilerini çalışmışlardır. Ekstrüzyon işlemiyle fitik asit %54.51, polifenoller %73.38, oksalatlar %36.84 ve tripsin inhibitörleri %72.39 oranında düşmüştür.

Makowska ve ark. (2015), mısır irmiğine %20 ve %40 oranlarında yulaf, çavdar ve buğday kepeği ilave ederek tek vidalı ekstrüderde (nem içeriği: %15, kovan sıcaklıkları: 135 ve 175 °C, kalıp sıcaklığı: 135 °C, vida hızı: 90 dev dak⁻¹, kalıp çapı: 3 mm) altı farklı ekstrüde çerez üretmişler ve ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Ekstrüde ürünlerin kepek oranlarının artmasıyla renk özellikleri değişmiş (L* ve b* değeri azalırken, a* değeri artmış), genleşmesi düşmüş ve yoğunluğu artmıştır. Duyusal olarak en yüksek kabul edilebilirlik %20 oranında yulaf kepeği içeren ekstrüde üründe, en düşük kabul edilebilirlik ise %40 oranında buğday kepeği içeren çerezde sağlanmıştır. Ürünlerin genel beğenisi gevreklik arttıkça yükselmiş, sertlik ve yoğunluk arttıkça düşmüştür. Gözeneklilik, tat, renk ve genleşme oranı arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Kepek katkılı ürünlerin toplam diyet lifi içerikleri %6.5-15.8, çözünebilir diyet lifi içerikleri ise %2.1-3.7 arasında değişmiştir. Genel olarak, kepek ilave oranının artması ürünlerin duyuşal ve teknolojik kalitelerini düşürürken besleyicilik değerlerini yükseltmiştir. Düşük oranda (%20) kepek katılan ekstrüde çerezlerin gerek diyet lifi içerikleri gerekse duyuşal kaliteleri kabul edilebilir nitelikte bulunmuştur.

Dar ve ark. (2016), pirinç ununa buğday, yulaf ve pirinç kepeklerini (%10, 20 ve 30) ayrı ayrı ve kombine şekilde (buğday:pirinç:yulaf oranı 2:1.5:1.5) çift vidalı ekstrüder (besleme hızı: 20 kg saat⁻¹, nem içeriği: %17, kovan sıcaklıkları: 25, 75, 100 ve 170°C, vida hızı: 500 dev dak⁻¹) kullanarak ekstrüde çerez üretmişler ve depolamanın toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değişimlerine etkilerini incelemişlerdir. Oda sıcaklığında 6 ay depolanan kepekli ekstrüde çerezlerin toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan kapasitelerinde azalma meydana gelirken nem içerikleri, su aktiviteleri ve serbest yağ asitliklerinde kayda değer bir değişim saptanmadığı raporlanmıştır.

Fleischman ve ark. (2016), farklı oranlarda (%12.5, 25 ve 37.5) üç farklı buğday (sert kırmızı, yumuşak beyaz ve mor) sınıfından üretilen kepekleri tek vidalı ekstrüder (besleme hızı: 2.96 kg saat⁻¹, kovan sıcaklıkları: 50, 100 ve 140°C, vida hızı: 250 dev dak⁻¹, kalıp çapı: 3cm) kullanarak ekstrüde çerez üretmişlerdir. Ekstrüde ürünler fiziksel özellikler ve antioksidan kapasite bakımından değerlendirilmiştir. Yüksek oranda kepek ilavesi ürünlerin su absorplama kapasitelerini artırarak özelliklerini değiştirmiştir. Çerezlerin Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite değerleri kırmızı ve mor buğday kepeklerinin ilavesiyle yaklaşık %37.5 oranında artmıştır

Şahin ve ark. (2021), buğday kepeğini ekstrüde mısır çerezi üretiminde kullanmışlardır. Çalışmada üretilen ekstrüde çerezlerin fiziksel özellikleri dikkate alınarak Yanıt Yüzey Metodu ile optimizasyon gerçekleştirilmiş,

optimizasyon koşulları %14 nem içeriği, 120°C kalıp sıcaklığı, %10 kepek oranı ve %10 mısır nişastası katkı oranı olarak belirlenmiştir. Optimum şartlarda üretilen ve kepek oranı kademeli olarak artırılan ekstrüde çerezlerinin kepek katkılama oranının artmasıyla fiziksel özelliklerinin olumsuz etkilendiği ancak besleyicilik özelliklerinin geliştiğini bildirilmiştir.

Ruşeymin Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı

Buğday öğütme yan ürünü olan ruşeymin ekstrüde gıda üretiminde değerlendirilmesine yönelik sınırlı sayıda çalışma yürütülmüştür. Schultz, (1984), buğday nişastasına farklı oranlarda stabilize edilmiş buğday ruşeymi (%5, 10, 15, 20, 25, 30) ilave etmiş, sıcaklık ve nem parametrelerini değiştirerek tek vidalı ekstrüder ile farklı ürünler üretmiştir. Ruşeym miktarı %20 ve üzerine çıktığında, sıcaklık ve nem parametrelerinin gevreklik üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Yaseen ve Shouk (2005), yağı alınmış ruşeymi %15 oranında mısır irmiği ile yer değiştirerek mısır çerezi üretiminde kullanmışlardır. Ürünler farklı ekstrüzyon koşullarında (nem %14, 18 ve 22; sıcaklık 140, 160 ve 180°C; vida hızı 180, 210 ve 240 dev dak⁻¹) tek vidalı ekstrüder kullanılarak üretilmiş; ürünlerin fonksiyonel özellikleri, gözenek yapısı ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. En iyi ürün karışım nem oranı %14, ekstrüzyon sıcaklığı 160°C ve vida hızı 240 dev dak⁻¹ kombinasyonunda elde edilmiştir.

Gómez ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada tek vidalı ekstrüder kullanarak ekstrüde ettikleri buğday ruşeyminin (2.5, 5, 7.5, 10 ve 20 gr 100 gr⁻¹ un) hamur reolojisi ve ekmek kalitesinin fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerine çalışmışlardır. Ekstrüde edilmiş ruşeymin ekmek hamuruna ilave edilmesi hamurun su absorplama ve hamur gelişim süresini artırırken, yoğurma stabilitesi, hamur mukavemeti ve uzayabilirliğini azaltmıştır. Ekstrüde edilmiş ruşeym ilavesi ile yapılan ekmeklerin hacim, yapışkanlık ve elastikiyetinde azalma meydana gelirken sertliği artmıştır. Tüm ekmekler (10 g ruşeym 100 g⁻¹ un ilaveli ekmek hariç) duyuşal değerlendirmede yüksek beğeni skoru almıştır. Ruşeymin ekstrüde edilmesinin hamur reolojisi ve ekmek kalitesini artırdığı bildirilmiştir.

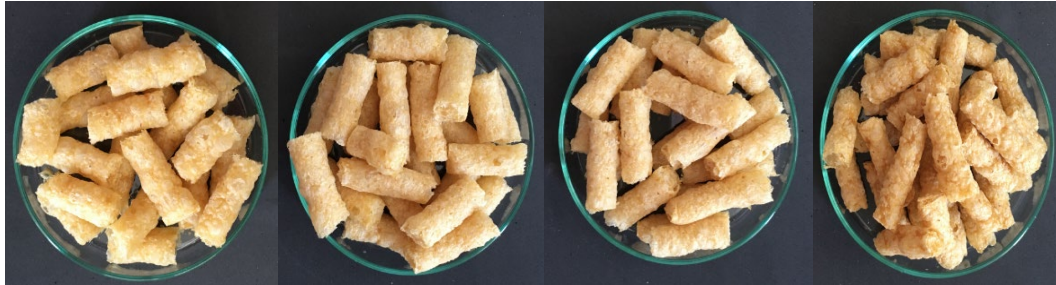
Şahin ve ark. (2022), yaptığı çalışmasında ruşeyme herhangi bir işlem uygulamadan (stabilizasyon, yağı uzaklaştırma gibi) ekstrüde mısır çerezi üretiminde kullanmıştır. Çalışmada ruşeym, mısır nişastası oranı, nem içeriği ve kalıp sıcaklığı Merkezi Kompozit Tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum ürün koşulları ruşeym oranı %16, mısır nişastası oranı %30, kalıp sıcaklığı 140°C ve nem içeriği %14.97 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında optimum üründeki katkı oranı baz alınarak katkı oranları artırılmış (%16, 18, 29, 20 ve 22) ve belirlenen 5 ürünün besleyici, fonksiyonel ve duyuşal özellikleri incelenmiştir (Şekil 4). Optimize edilen oranda ruşeym ilavesi (%16) ekstrüde çerezlerin fiziksel özelliklerini olumlu etkilerken, oranların artırılması ürünlerin fiziksel özelliklerini kısmen zayıflatmıştır. Ruşeym oranı arttıkça ekstrüde mısır çerezlerinin besleyicilik ve fonksiyonel özellikleri ise önemli düzeyde artmıştır. Duyusal değerlendirme sonucuna göre %20 ruşeym katkılı ekstrüde mısır çerezi en çok beğenilen ürün olmuştur. Oda koşullarında depolanan ekstrüde mısır çerezleri 90. günün sonunda dahi sevilerek tüketilmiştir. Bu durum herhangi bir işlem uygulanmadan kullanılan ruşeymin ekstrüzyon koşullarında stabil kaldığını, ekstrüzyonun iyi bir stabilizasyon aracı olduğunu göstermiştir.



Şekil 4: Ruşeym katkılı ekstrüde mısır çerez (RKEMÇ) örnekleri (Şahin, 2021)

Bonkalite Unun Ekstrüde Gıda Üretiminde Kullanımı

Bonkalite unun ekstrüzyon teknolojisinde kullanımı ile ilgili sadece bir çalışmaya (Şahin ve ark. 2023) rastlanmıştır. Çalışmada bonkalite un mısır irmiği ile yer değiştirilerek bonkalite un katkılı ekstrüde mısır çerezi üretimi optimize edilmiştir. Belirlenen optimum proses koşullarında (nem içeriği %13.5, bonkalite un oranı %20, vida hızı 468 dev dak⁻¹ ve kalıp sıcaklığı 110 °C) üretilen mısır çerezinin besleyicilik ve fonksiyonel özelliklerinin bonkalite un katkısı nedeniyle önemli düzeyde arttığı saptanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: Farklı oranlarda (soldan sağa %20, 25, 30 ve 35) bonkalite un katkılı ekstrüde mısır çerez (BUKEMÇ) örnekleri (Şahin, 2021)

Sonuç

Ekstrüzyon teknolojisi, nişasta ağırlıklı hammaddelerin uygun yardımcı maddelerle birlikte düşük nem düzeyinde ekstrüder adı verilen hidrotermal ve mekanik bir sistemde oldukça kısa sürede (1-2 dak) karıştırılması/yoğrulması, pişirilmesi ve şekillendirilmesi işlemlerini tek bir cihazda eş zamanlı olarak gerçekleştirmektedir. Benzer işlemleri gerçekleştirebilen diğer gıda işleme tekniklerine göre daha az alan, enerji ve iş gücü gerektirmekte ve çevreye zarar veren atık üretmemektedir. Buğday öğütme sanayii yan ürünleri olan kepek, ruşeym ve bonkalite unun besleyicilik ve fonksiyonel özellikleri yüksek olmakla birlikte kullanıldığı unlu mamullerde duyuşsal ve teknolojik problemlere neden olmaktadır. Ekstrüzyon teknolojisi, öğütme sanayii başta olmak üzere gıda sanayii yan ürünleri ve artıklarının katma değeri yüksek gıda ürünlerine işlenebilmesine oldukça uygun bir teknik olarak görülmektedir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma “Değirmencilik Yan Ürünlerinden Bonkalite Un ve Ruşeymin Ekstrüde Çerez Üretiminde Kullanımı” başlıklı doktora tezinden hazırlanmıştır. Çalışmaya 02-M-20 proje numarası ile destek sağlayan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne, ayrıca tez danışmanlarım sayın Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ ve Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN'a teşekkür ederim. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış olup yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Alam, M.S. Kaur, J. Khaira, H. and Gupta, K. 2015. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 445-473.
- Álvarez, P. Alvarado, C. Mathieu, F. Jiménez, L. and De la Fuente, M. 2006. Diet supplementation for 5 weeks with polyphenol-rich cereals improves several functions and the redox state of mouse leucocytes. *European Journal of Nutrition*, 45(8), 428-438.
- Anonim, 2012. Bonkalite kullanıldığı alanlar. <http://www.caglayanlarun.com/tr/219/Bonkalite>, (Erişim tarihi: 21.03.2020).
- Balandrán-Quintana, R.R. Mercado-Ruiz, J.N. and Mendoza-Wilson, A.M. 2015. Wheat bran proteins: a review of their uses and potential. *Food Reviews International*, 31(3), 279-293.
- Bartnik, M. and Jakubczyk, T. 1989. Chemical composition and the nutritive value of wheat bran. *Nutritional Value of Cereal Products, Beans and Starches*, 60, 92-131.
- Bhatnagar, S. and Hanna, M.A. 1994. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. *Cereal Chemistry*, 71(6), 582-586.
- Bhattacharya, S. 2011. Raw materials for extrusion of foods: *Advances in Food Extrusion Technology*, Ed.: Maskan, M. and Altan, A. CRC press, Dublin, Ireland, pp: 87-102.
- Bilgiçli, N. Elgün, A. Herken, E.N. Ertaş, N. and İbanoğlu, Ş. 2006, Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 680-686.
- Brandolini, A. and Hidalgo, A. 2012 Wheat germ: not only a by-product. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63, 71-74.
- Brennan, M.A. Merts, I. Monro, J. Woolnough, J. and Brennan, C.S. 2008. Impact of guar and wheat bran on the physical and nutritional quality of extruded breakfast cereals. *Starch-Stärke*, 60(5), 248-256.

- Brewer, L.R. Kubola, J. Siriamornpun, S. Herald, T.J. and Shi, Y.C. 2014. Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 152, 483–490.
- Brouns, F. Hemery, Y. Price, R. and Anson, N.M. 2012. Wheat aleurone: separation, composition, health aspects, and potential food use. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6), 553-568.
- Casas, G.A. Rodriguez, D.A. and Stein, H.H. 2018. Nutrient composition and digestibility of energy and nutrients in wheat middlings and red dog fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 96(1), 215-224.
- Chessari, C.J. and Sellahewa, J.N. 2001. Effective process control. *Extrusion Cooking, Technologies and Applications*, Ed.: Guy, R., Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp:83-107.
- Choton, S. Gupta, N. Bandral, J.D. Anjum, N. and Choudary, A. 2020. Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 9(2), 162-168.
- Cornell, H. 2003. The chemistry and biochemistry of wheat. *Breadmaking*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp:31-66.
- Curti, E. Carini, E. Bonacini, G. Tribuzio, G. and Vittadini, E. 2013. Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*, 57, 325–332.
- Çelik, K. Ertürk, M.M. ve Ersoy, İ.E. 2003. Farklı yem fabrikalarından örneklenen karma yem ve yem ham maddelerinde bazı kalite öğelerinin kantitatif araştırılması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 161-168.
- Çetinyürek, F. 2012. Buğday Ruşeymi ve Buğday Ruşeym Yağının Antioksidan Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aydın.
- Dapčević-Hadnađev, T. Hadnađev, M. and Pojić, M. 2018. The healthy components of cereal by-products and their functional properties: *Sustainable Recovery and Reutilization of Cereal Processing By-Products*, Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp:27-61
- Dar, B.N. Sharma, S. and Nayik, G.A. 2016. Effect of storage period on physiochemical, total phenolic content and antioxidant properties of bran enriched snacks. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(4), 755-761.
- Delcour, J.A and Hoseney, R.C. 2010. Principles of cereal science and technology. AACC International, St. Paul, Minnesota, USA. pp: 229-235.
- Demir, M.K. Bilgiçli, N. Türker, S. ve Demir, B. 2019. Farklı stabilizasyon işlemleri uygulanmış buğday ruşeymlerinin depolama özellikleri. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), 67-75.
- Dubois, M. Geddes, W.F. and Smith, F. 1960. The carbohydrates of the Gramineae, 10, A quantitative study of the carbohydrates of wheat germ. *Cereal Chemistry*, 37, 557-568.
- Dunford, N.T. and Zhang, M. 2003. Pressurized solvent extraction of wheat germ oil. *Food Research International*, 36(9-10), 905-909.

- Dülger, D. ve Şahan Y. 2011. Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 147-158.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z. 1995. *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum 376s.
- Elgün, A., Artık, N. Kıvanç M. ve Poyrazoğlu E.S. 2010. Un değirmenciliği ve un kalitesi. *Bitkisel Ürünlerin Kalite Kontrolü*. Ed: Ayaz-Tüylü, B. Anadolu Üniversitesi Web Ofset Tesisleri, Eskişehir, Türkiye, 221-245s.
- Elliott, D.C. Orth, R.J. Gao, J. Werpy, T.A. Eakin, D.E. Schmidt, A.J. and Neuenschwander, G.G. 2002. Biorefinery concept development based on wheat flour milling. *Fuel Chemistry Division Preprints*, 47(1), 361-362.
- Fardet, A. 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre? *Nutrition Research Reviews*, 23(1), 65-134.
- Fellows, P. 2012. Extrusion of foods. *Practical Action Technology Challenging Poverty*, United Kingdom. pp:1-4.
- Fleischman, E.F. Kowalski, R.J. Morris, C.F. Nguyen, T. Li, C. Ganjyal, G. and Ross, C.F. 2016. Physical, textural, and antioxidant properties of extruded waxy wheat flour snack supplemented with several varieties of bran. *Journal of Food Science*, 81(11), 2726-2733.
- Gallardo, C. Jimenez, L. and Garcia-Conesa, M.T. 2006. Hydroxy cinnamic acid composition and in vitro antioxidant activity of selected grain fractions. *Food Chemistry*, 99(3), 455-463.
- Gajula, H. Alavi, S. Adhikari, K. and Herald, T. 2008. Precooked bran-enriched wheat flour using extrusion: Dietary fiber profile and sensory characteristics. *Journal of Food Science*, 73(4), 173-179.
- Ge, Y. Sun, A. Ni, Y. and Cai, T. 2001. Study and development of a defatted wheat germ nutritive noodle. *European Food Research and Technology*, 212(3), 344-348.
- Gómez, M. González, J. and Oliete, B. 2012. Effect of extruded wheat germ on dough rheology and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2409-2418.
- Grandison, A.S. and Brennan, J.G. 2012. *Food Processing Handbook*, John Wiley and Sons. United Kingdom, 826p.
- Grasso, S. 2020. Extruded snacks from industrial by-products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 284-294.
- Guy, R.E. 2001. Raw materials for extrusion cooking: *Extrusion Cooking: Technologies and Applications*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp: 5-28.
- Güven, M. ve Kara, H.H. 2015. Some chemical and physical properties, fatty acid composition and bioactive compounds of wheat germ oils extracted from different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 433-443.

- Haridas Rao, P. Kumar, G.V. Ranga Rao, G.CP. and Shurpalekar S.R. 1980. Studies on stabilization of wheat germ. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 13, 302-307.
- Harper, J.M. 1989. Food extruders and their applications. *Extrusion cooking*, Ed.: Mercier, C., Linko and P. and Harper, J.M. American Association of Cereal Chemists, Minnosata, USA, pp:1-15.
- Heaney, R.P. Weaver C.M. and Fitzsimmons M.L. 1991. Soybean phytate content: effect on calcium absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 745–747.
- Hemdane, S. Leys, S. Jacobs, P.J. Dornez, E. Delcour, J.A. and Courtin, C.M. 2015. Wheat milling by-products and their impact on bread making. *Food Chemistry*, 187, 280-289.
- Hill, F.W. Anderson, D.L. Renner, R. and Carew Jr. L.B. 1960. Studies of the metabolizable energy of grain and grain products for chickens. *Poultry Science*, 39(3), 573-579.
- Hoseney, R.C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. AACC International, Minnosata, USA, 270p.
- Hossain, K.. Ulven, C. and Glover, K. 2013. Interdependence of cultivar and environment on fibre composition in wheat bran. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 525–531.
- Janicki, J. Warchalewski, J. Skupin, J. and Kowalczyk, J. 1970. Trypsin inhibitors of plant origin. *Postepy Biochemii*, 16(1), 101-118.
- Javed, M.M., Zahoor, S. Shafaat, S. Mehmooda, I. Gul, A. Rasheed, H.,... and Aftab, M.N. 2012. Wheat bran as a brown gold: nutritious value and its biotechnological applications. *African Journal of Microbiology Research*, 6(4), 724-733.
- Kahlon, T. 1989 Nutritional implications and uses of wheat and oat kernel oil. *Cereal Food World*, 34, 872–875.
- Kasum, C.M. Jacobs Jr, D.R. Nicodemus, K. and Folsom, A.R. 2002 Dietary risk factors for upper aerodigestive tract cancers. *International Journal of Cancer*, 99(2), 267-272.
- Karaman, M. ve Erdemir, S. 2018. Kanatlı hayvanların beslenmesinde kullanılan bazı karma yemlerin kimyasal kompozisyonunun nearinfraredreflektans spektroskopisi (NIRS) ile belirlenmesi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 1(2), 24-28.
- Kaur, G. Sharma, S. Nagi, H.P.S. and Dar, B.N. 2012. Functional properties of pasta enriched with variable cereal bran. *Journal of Food Science and Technology*, 49(4), 467-474.
- Kaur, S., Sharma, S., Singh, B. and Dar, B.N. 2015. Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal bran. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1670-1676.
- Kies, C. 1985. Effect of dietary fat and fibre and calcium bioavailability: *Nutritional Bioavailability of Calcium*, Ed.: Kies C. ACS Publications, Washington DC, USA, pp 175–187..
- Kim, Y. Flores, R. Chung, O. and Bechtel, D. 2003. Physical, chemical, and thermal characterization of wheat flour milling coproducts. *Journal of Food Process Engineering*, 26(5), 469-488.
- Kim, K.H. Tsao, R. Yang, R. and Cui, S.W. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95(3), 466-473.
- Kumar, G.S., and Krishna, A.G. 2015. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 1145-1151.

- Larsson, M. Hulthen, L. Sandstrom, B. and Sandberg, A.S. 1996. Improved zinc and iron absorption from breakfast meals containing malted oats with reduced phytate content. *British Journal of Nutrition*, 76:677–688.
- Leonard, W. Zhang, P. Ying, D. and Fang, Z. 2019. Application of extrusion technology in plant food processing by products: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 218-246.
- Likes, R. Madl, R.L. Zeisel, S.H. and Craig, S.A. 2007. The betaine and choline content of a whole wheat flour compared to other mill streams. *Journal of Cereal Science*, 46(1), 93-95.
- Liyana-Pathirana, C.M. and Shahidi, F. 2007. The antioxidant potential of milling fractions from bread, wheat and durum. *Journal of Cereal Science*, 45, 238–247.
- Luthria, D.L. Lu, Y. and John, K.M. 2015. Bioactive phytochemicals in wheat: Extraction, analysis, processing, and functional properties. *Journal of Functional Foods*, 18, 910-925.
- Maes, C. and Delcour, J.A. 2002. Structural characterisation of water extractable and water unextractable arabinoxylans in wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 35, 315–326.
- Mahmoud, A.A. Mohdaly, A.A. and Elneairy, N.A. 2015. Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics. *Food and Nutrition Sciences*, 6(2), 265.
- Makowska, A. Polcyn, A. Chudy, S. and Michniewicz, J. 2015. Application of oat, wheat and rye bran to modify nutritional properties, physical and sensory characteristics of extruded corn snacks. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(4), 375-386.
- Marti, A. Torri, L. Casiraghi, M.C. Franzetti, L. Limbo, S. Morandin, F. ... Pagani, M.A. 2014. Wheat germ stabilization by heat-treatment or sourdough fermentation: Effects on dough rheology and bread properties. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1100-1106.
- Masatcioğlu, M.T. 2013. Ekstrüzyon pişirmenin maillard reaksiyonu üzerine etkileri, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 126 s.
- Maskan, M. and Altan, A. 2016. Development of extruded foods by utilizing food industry by-products. *Advances in Food Extrusion Technology*, Ed.: Maskan M and Altan, A., CRC press, Dublin, Ireland, pp: 121-168.
- Matucci, A. Veneri, G. Dalla Pellegrina, C. Zoccatelli, G. Vincenzi, S. Chignola, R. ... Rizzi, C. 2004. Temperature-dependent decay of wheat germ agglutinin activity and its implications for food processing and analysis. *Food Control*, 15(5), 391-395.
- Mazlan, M. Talib, R.A. Mail, N.F. Taip, F.S. Chin, N.L. Sulaiman, R. ... Mohd Nor, M.Z. 2019. Effects of extrusion variables on corn-mango peel extrudates properties, torque and moisture loss. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 54-70.
- Menga, V. Fares, C. Troccoli, A. Cattivelli, L. and Baiano, A. 2010. Effects of genotype, location and baking on the phenolic content and some antioxidant properties of cereal species. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(1), 7-16.

- Menis-Henrique, M.E.C. Scarton, M. Piran, M.V.F. and Clerici, M.T.P.S. 2020. Cereal fiber: extrusion modifications for food industry. *Current Opinion in Food Science*, 33, 141-148.
- Meyer, K.A. Kushi, L.H. Jacobs Jr, D.R. Slavin, J. Sellers, T.A. and Folsom, A.R. 2000. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 921-930.
- Moscicki, L.M. Mitrus, A. Wojtowicz, T. and Oniszczyk, A. Rejak. 2013. Extrusion cooking of starch. *Advances in Agrophysical Research*, Ed.: Grundas S. and Stepniewski, InTech, Croatia, pp: 319–346.
- Neves, M.A.D. Kimura, T. Shimizu, N. and Shiiba, K.. 2006. Production of alcohol by simultaneous saccharification and fermentation of low-grade wheat flour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(3), 481-490.
- Offiah, V. Falade, K.O. and Kontogiorgos, V. 2019. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18), 2979-2998.
- Panfili, G. Cinquanta, L. Fratianni, A. and Cubadda, R. 2003. Extraction of wheat germ oil by supercritical CO₂: oil and defatted cake characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(2), 157-161.
- Pomeranz, Y. 1987. Extrusion products. *Modern Cereal Science and Technology*, VCH Publishers, Germany 453-463.
- Pomeranz, Y. 1988. *Wheat: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA, 214p.
- Riaz, M.N. Asif, M. and Ali, R. 2009. Stability of vitamins during extrusion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(4), pp: 361-368.
- Rickard, S.E. and Thompson, L.U. 1997. Interactions and biological effects of phytic acid. Antinutrients and Phytochemicals in Foods, Ed: Shahidi F., American Chemical Society, Washington D.C, USA. pp: 294-312.
- Sandberg, A.S. Brune, M. Carlsson, N.G. Hallberg, L. Skoglund, E. and Rossander-Hulthén, L. 1999. Inositol phosphates with different numbers of phosphate groups influence iron absorption in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(2), 240-246.
- Sandström, B. and Lönnerdal, B. 1989. Promoters and antagonists of zinc absorption, In *Zinc In Human Biology*, Springer, London, England, pp. 57-78.
- Sarfraz, A. Azizi, M.H. Gavligi, H.A. and Barzegar, M. 2017. Physicochemical and functional characterization of wheat milling co-products: Fine grinding to achieve high fiber antioxidant-rich fractions. *Journal of Cereal Science*, 77, 228-234.
- Schultz, M.F. 1984. Properties of extruded wheat starch: wheat germ mixtures as affected by temperature, moisture, and level of wheat germ. Master's Thesis. *Kansas State University*, USA, 66 p.
- Singh, D. Chauhan, G.S. Suresh, I. and Tyagi, S.M. 2000. Nutritional quality of extruded snacks developed from composite of rice brokens and wheat bran. *International Journal of Food Properties*, 3(3), 421-431.
- Snyder, H. and Woods, C.D. 1904. *Wheat Flour and Bread*, Department of Agriculture, US pp: 342-362

- Sobota, A. Rzedzicki, Z. Zarzycki, P. and Kuzawinska, E. 2015. Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 111–119.
- Steel, C.J. Leoro, M.G.V. Schmiele, M. Ferreira, R.E. and Chang, Y.K. 2012. Thermo plastic extrusion in food processing. *Thermoplastic Elastomers*, 265, 411-487
- Şahin, N. Bilgiçli, N. ve Sayaslan, A. 2021. Kepek katkılı ekstrüde mısır çerezinin besleyicilik ve fonksiyonel özelliklerinin araştırılması. *Food and Health*, 7(2), 103-119.
- Şahin, N. 2021. Değirmencilik Yan Ürünlerinden Bonkalite Un ve Ruşeymin Ekstrüde Çerez Üretiminde Kullanımı, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 135 s.
- Şahin, N. Bilgiçli, N. ve Sayaslan, A. 2022. Enhancement of extruded corn snacks with substitution of wheat germ, invaluable milling by-product. *Journal of Food Processing and Preservation*, e17125.
- Şahin, N. Bilgiçli, N. Sayaslan, A. 2023. Improvement of functional and nutritional properties of extruded snacks with the utilization of red dog flour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66, 1-11.
- Thompson, L.U. 1994. Antioxidants and hormone-mediated health benefits of whole grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(5-6), 473-497.
- Tiwari, A. and Jha, S.K. 2017. Extrusion cooking technology: Principal mechanism and effect on direct expanded snacks—An overview. *International Journal of Food Studies*, 6, 113–128.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Veri Servisi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, [Erişim Tarihi: 9 Haziran 2020].
- Vitaglione, P. Napolitano, A. and Fogliano, V. 2008. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends Food and Science Technology*, 19, 451–463.
- Wang, T. and Johnson, L.A. 2001. Refining high-free fatty acid wheat germ oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(1), 71-76.
- Yağcı, S. 2015. Ekstrüzyon ile Pişirme Yöntemleri Ders Notu. Karaman. 50s.
- Yan, X. Ye, R. and Chen, Y. 2015. Blasting extrusion processing: the increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble- fiber polysaccharides from wheat bran. *Food Chemistry*, 180, 106–115.
- Yanniotis, S. Petraki, A. and Soumpasi, E. 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded corn starch. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 594-599.
- Yaseen, A.A.E. and Shouk, A.A. 2005. Effect of extrusion variables on physical, structure and sensory properties of wheat germ-corn grits extrudates. *Egyptian Journal of Food Science*, 33(1), 57.
- Zhu, K.X. Zhou, H.M. Qian, H.F. 2006. Comparative study of chemical composition and physicochemical properties of defatted wheat germ flour and its protein isolate. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 329–341.
- Zhu, K.X. Lian C.X. Guo X.N. Peng W. and Zhou H.M. 2011. Antioxidant activities and total phenolic content of various extracts from defatted wheat germ. *Food Chemistry*, 126, 1122–1126.

