

GLUTEN İÇERMİYEN, HUBUBAT ESASLI ALTERNATİF ÜRÜN FORMÜLASYONLARI VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Hilal İşleroglu*, Safiye Nur Dirim, Figen Kaymak Ertekin

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş tarihi / Received: 07.03.2008

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 20.06.2008

Kabul tarihi / Accepted: 25.06.2008

Özet

Gluten içeren besinlerin alınmasıyla ortaya çıkan bir hastalık olan çölyak en yaygın gıda kaynaklı hastalıklardan biri olup tek etkili tedavisi hastanın hayatı boyunca glutensiz bir diyet uygulamasıdır. Çölyak hastalarının diyetlerinde kullanılan glutensiz fırıncılık ürünlerine, pirinç, mısır, soya, bezelye ve patates unlarının veya nişastalarının kombinasyonlarıyla hazırlanıp ekstrüzyon teknolojisiyle üretilen çerez tip ürünler veya kahvaltılık ekstrüde ürünler alternatif olabilir. Nişasta oranları fazla olan bu hububatlar ekstrüde çerez tip veya kahvaltılık ekstrüde gıdaların üretiminde başlıca ham madde olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda gluten içermeyen gıdalarla ilgili yapısı, lezzeti, kabul edilebilirliği ve raf ömrünün geliştirilmesi amacıyla nişasta, süt ürünleri, gumlar ve hidrokolloidler, gluten olmayan diğer proteinler, prebiyotikler ve kombinasyonlarını kapsayan farklı yaklaşımlarda araştırmalar yapılmaktadır. Bu derlemede gluten içermeyen hububat esaslı ürünlerde kalite özelliklerinin iyileştirilmesi için hazırlanan formülasyonlardaki son gelişmelerin yanı sıra çölyak hastaları için alternatif olabilecek çerez tip ürün formülasyonları ve ekstrüzyonla pişirme teknolojisi üzerinde durulacaktır.

Anahtar kelimeler: Çölyak, ekstrüzyonla pişirme, glutensiz hububat ürünleri, formülasyon geliştirme

GLUTEN-FREE ALTERNATIVE CEREAL BASED PRODUCT FORMULATIONS AND THEIR PRODUCTION TECHNOLOGIES

Abstract

Celiac is one of the most common food borne diseases that appears when the food containing gluten is consumed and the only effective treatment for celiac disease is a strict adherence to a gluten-free diet throughout the patients lifetime. Snack foods which are prepared by combinations of rice, corn, soy bean, pea and potato flours or their starches and produced by extrusion technology may be alternative to gluten free bakery products which are used in celiac patient's diet. The starch portion of these cereals can be used as a major raw material in the production of snack foods obtained by extrusion cooking.

The studies dealing with gluten-free products, involving a diverse approach which has included the use of starches, dairy products, gums and hydrocolloids, other non-gluten proteins, prebiotics and/or combinations to improve the structure, acceptability and mouth feel have received increasing attention in recent years. This review will emphasize the recent developments on formulations of gluten-free cereal based products to improve quality properties, together with formulations of snack food alternatives for celiac patients and extrusion cooking technology.

Keywords: Celiac, extrusion cooking, gluten-free cereal products, formulation development

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hilalisleroglu@mail.ege.edu.tr, ☎ (+90) 232 388 4000 / 3039, 📠 (+90) 232 342 7592

GİRİŞ

Yaklaşık 10.000 yıl önce gelişmeye başlayan tarımla birlikte insan beslenmesinde köklü değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişikliklerden birisi de hububat esaslı gıda ürünlerinin tanınması olmuştur. Günümüzde hububat ürünleri normal bir diyetle yaygın olarak yer almasına rağmen Batılı ülkelerin nüfusunun yaklaşık %1'i çölyak hastası olduğundan bazı hububat ürünlerini tolere edememektedir. Çölyak hastalığı hububat tüketiminin başlaması kadar eski bir hastalık olmasına karşılık ancak 1950'lerde, glutenin çölyak hastalarında klinik belirtilerin görülmesinden sorumlu olduğu belirlenebilmiştir (1).

Buğdayın gliadin, çavdar, arpa ve yulafın prolamin fraksiyonlarının tolere edilememesi neticesinde ortaya çıkan çölyak hastalığı, klinik olarak ince bağırsak mukozasının ve emilimin zarar görmesi sonucu meydana gelen bir hastalık olarak tanımlanır. Genel belirtileri kronik ishal, karın bölgesinde şişlik ve yetersiz beslenmedir. Küçük çocuklarda kusma, ishal, karın şişliği, iştahsızlık, kilo alamama ve boy uzamasında yavaşlama gibi tipik belirtilerle ortaya çıkabileceği gibi daha ileri yaşlarda sadece kansızlık, boy kısalığı, kemik zayıflığı ve nedeni bilinmeyen karaciğer hastalığı gibi çok değişik belirtilerle de kendini gösterir. Bu belirtiler bağışıklık sisteminin gluteni yabancı bir antijen olarak algılamasının sonucu olarak verdiği bir cevaptır. (1, 2, 3). Çölyak hastalığında tek ve etkili tedavi yöntemi ise ömür boyu glutensiz diyet uygulamaktır (3, 4, 5). Gluten içermeyen bir diyetle yer almasına izin verilmeyen gıdalar (i) buğday, arpa, çavdar, triticale (buğday+çavdar melezi) ve yulaf unlarından hazırlanan ekmek veya diğer gıdalar ile bunlardan yapılan yan ürünler (ii) sosisli sandviç, salata sosları, hazır çorbalar, işlenmiş peynir, krema sosları gibi buğday ve gluten türevlerinin kalınlaştırıcı ve dolgu maddesi olarak kullanıldığı işlenmiş gıdalar ile (iii) tabletlerde bağlayıcı olarak gluten kullanılan ilaçlardır (6). FAO ve WHO tarafından kabul edilen ve gluten içermeyen gıdalar için geliştirilen Kodeks Standardı'na göre, glutensiz gıdalar, buğday prolaminini ile çavdar, arpa, yulaf veya bunların melez varyetelerini içermeyen veya bunların gluten miktarı 200 ppm'i geçmeyen bileşenleri ile hazırlanan gıdalar olarak tanımlanmıştır (4, 5). Bu tanımlamaların yanı sıra bir gıdanın "glutensiz" olarak kabul edilebilmesi için her ülkede farklı standartlar

kullanılmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da glutensiz diyet yalnızca hiç gluten içermeyen gıdalardan oluşmalıdır. Oysaki İngiltere'de glutensiz etiketi bulunan ürünlerin içinde buğday nişastası kullanımına izin verilmektedir (6). Türk Standardları Enstitüsü'nün glutensiz gıda standardı iki bölümde tanımlanmaktadır; "gluteni azaltılmış", olarak tanımlanan gıdalarda gluten içeriği 200 mg/kg kuru madde (KM) den fazla olmamalıdır. "Glutensiz hale getirilmiş" gıdalarda ise gluten içeriği 20 mg/kg KM'nın üzerinde olmamalıdır. Ayrıca un ya da ekmek gibi önemli temel gıdaların yerine geçen glutensiz gıdalar yerine geçtikleri gıdalarla aynı miktarda vitamin ve mineral içermelidirler (7).

Undan nişasta ve küçük bileşenlerin yıkanarak uzaklaştırılmasının ardından ayrılabilen gluten, protein yapısında bir bileşendir ve %65 oranında su içerir. Gluten kuru temelde %75-86 oranında proteinden oluşurken, geri kalan kısımda bulunan karbonhidrat ve lipid, gluten-protein matriksi içinde sıkıca tutulmaktadır. Glutenin ve gliadin protein fraksiyonlarından oluşan gluten buğdayda bir depo proteindir. Hamurun yapışkan, viskoelastik özelliklerinin yanı sıra hamurun fermantasyon süresince gaz tutabilme yeteneğinden de sorumludur ve çoğu fırıncılık ürününde görünüş ve ekmek içi yapısına katkıda bulunur. Gluten proteinlerinin yapısında bulunan aminoasitlerin %35'i hidrofobik yan zincirlere sahiptir ve bu özellik gluten proteinleri arasındaki hidrofobik ilişkileri artırmaktadır. Bu sayede gluten yapısının stabilizasyonu sağlanmakta ve hamurun pişme ve reolojik özelliklerinde gluten önemli bir rol oynamaktadır (8). Glutenin uzaklaştırılması, ekmek pişirilmeden önce normal bir hamurdan ziyade sıvı bir hamurun oluşması, pişirilmiş üründe kolayca ufalanan bir tekstür, zayıf renk ve pişmeden sonraki dönemde ise diğer kalite kusurlarına sebep olmaktadır (6). Bu gibi problemler göz önüne alındığında gluten içermeyen fırıncılık ürünlerinin formülasyonu çözülmesi gereken önemli bir konu olmasına rağmen, bu konuda yapılmış sınırlı sayıda araştırma vardır. Bu derlemede öncelikle gluten içermeyen hububat esaslı fırıncılık ürünlerinde kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla hazırlanan formülasyonlardaki son gelişmelerden bahsedilecek ve bu formülasyonların uygulanmasında kullanılan bir yöntem olan ekstrüzyon üzerinde durulacaktır.

GLUTEN İÇERMİYEN HUBUBAT ESASLI ÜRÜN FORMÜLASYONLARI

Gluten eksikliğinin fırıncılık ürünlerinde sebep olduğu hamurun elastikiyet ve gaz tutabilme özelliklerinin azalmasına bağlı kalite kusurlarının ortadan kaldırılması amacıyla, özellikle ekmekçilik açısından yapılan çalışmalarda, gluten içermeyen ekmeklerde hamurun gaz tutabilme özelliğinin ancak başka bir jelin gluten ile yer değiştirdiği takdirde korunabildiği belirtilmiştir. Gluten içermeyen makarna üretimi açısından bakıldığında ise, gluten kuvvetli protein ağları sayesinde pişme süresince dağılmayı engellediğinden bu tip ürünlerin hazırlanması daha zor olmaktadır. Bisküvilerde ise tekstür protein/nişasta yapısından çok nişasta jelatinizasyonu ve kristal şekerle ilişkili olduğundan, gluten içermeyen bisküvi üretiminde gluten eksikliğinden kaynaklanan kusurlarla nadiren karşılaşmaktadır (6). Son yıllarda gluten içermeyen gıdalarla ilgili yapısı, lezzeti, kabul edilebilirliği ve raf ömrünün geliştirilmesi amacıyla nişasta, süt ürünleri, gumlar ve hidrokolloidler, gluten olmayan diğer proteinleri de kapsayan farklı yaklaşımlarda araştırmalar yapılmaktadır (4, 6).

Gluten İkame Edici (Fonksiyonel) Bileşenler

Nişasta ve hidrokolloidler hububat esaslı gıdaların tekstür ve görünüş özelliklerini geliştirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların içinde en yaygın bulunan pirinç nişastası glutensiz fırıncılık ürünlerinin formülasyonlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Gluten içermemesi, düşük sodyum miktarı ve kolayca sindirilebilen karbonhidratlarının yüksek olması, pirincin özel diyetler için arzu edilen özellikleridir. Fakat pirinç ununun bileşiminde glutenin bulunmaması, ekmek üretiminde kullanımında problemler yaratmaktadır. Nişastanın ekmek yapımındaki rolü üzerine yapılan bir araştırmada ekmeklerin nişasta ve jel oluşturan bileşenlerle hazırlanabileceği gösterilmiştir (6). Yapılan bir başka çalışmada glutensiz ekmek formülasyonlarında buğday nişastası yerine %3-9 oranında pirinç nişastası kullanıldığında ekmek içi renginin daha az sarı, kabuğun ise daha koyu renk aldığını gözlemlenmiştir. Çalışma neticesinde kabuk sertliği etkilenmemiş fakat ekmek içi sertliği azalmıştır. Optimum pirinç nişastası miktarı ise %6 olarak bulunmuştur (9). Manyok veya topyoka kökü olarak bilinen cas-

sava, tropikal bölgelerde yetişen ve yüksek oranda nişasta içeren köksü bir bitkidir. Fermente manyok veya topyoka kökü nişastası, bazı araştırmacılar tarafından glutensiz ekmek ve bisküvi üretiminde kullanılmıştır (6).

Gumlar ve kalınlaştırıcılar glutensiz hububat ürün formülasyonlarında jelleşme ve kalınlaştırma, su tutma ve tekstürü geliştirme amaçları için kullanılmaktadır. Keçi boynuzu ve guar gum kombinasyonlarının ekmek yapımında kullanıldığı bir çalışmada, guar gum kullanımının daha düzgün hücre boyutu dağılımı veren ekmek içi yapısı sağladığı, keçi boynuzu gumunun ise ekmek somunu yüksekliğini artırdığı, optimum oranın ise %2 keçi boynuzu gumu ve %4 guar gum olduğu bulgulanmıştır (10). Yapılan bir başka çalışmada, hidrokspipromiltilselüloz (HPMC), keçi boynuzu gumu, guar gum, karregen, ksantan gum ve agarı da kapsayan çoğu gum tipinin pirinç ekmeklerinde başarılı sonuç verdiği gösterilmiştir. Beyaz ve iyi öğütülmüş pirinç ununun %0.8 karboksimetilselüloz (CMC) ve %3.3 HPMC ile kullanıldığında yüksek kaliteli, glutensiz ekmekler verdiği bulgulanmıştır (6). Yanıt yüzey yönteminin (RSM) gluten içermeyen makarna üretiminde kullanıldığı bir çalışmada, optimizasyon kriterleri, duysal özellikler ve makarna yapışkanlığına dayandırılmış ve yüksek oranda modifiye nişasta, ksantan gum ve keçi boynuzu gumu kullanıldığında, gluten içermeyen makarnaların buğday esaslı makarna karakteristiklerine çok benzer özelliklerde olduğu görülmüştür (11).

Pirinç, mısır, soya, darı, karabuğday ve patates nişastalarının, farklı yağ katkıları (palm yağı, krema tozu, yüksek ve düşük yağ içerikli mikroenkapsüle edilmiş süt tozları) ile kombinasyonlarının bisküvi formülasyonlarında kullanıldığı bir çalışmada, pirinç, mısır, patates ve soyanın yüksek oranda yağ içeren süt ve krema tozları ile birlikte buğday bisküvilerinin kalitesinde, tabaka haline getirilebilen, kolay şekillendirilebilen bisküvi hamuru oluşturabildiği gözlenmiştir. Aynı araştırmacılar mısır nişastası, guar gum ve yüksek yağ içerikli tozlar ile kabul edilebilir duysal özelliklerde, gluten içermeyen pizza hamurları üretmişlerdir (12).

Glutensiz Diyeti Zenginleştirici Bileşenler

Yeterli derecede hububat, meyve ve sebze tüketilen diyetlerle gereği kadar lif sağlanır. Gluten içermeyen ürünler genellikle zenginleştirilmemiştir. Ra-

fine un veya nişastadan yapırlar ve gluten içeren diğer besinler kadar besleyici değerlere sahip değildirler. Yapılan birçok araştırmada çölyak hastalarının diyetle aldıkları lif miktarının düşük olduğu görülmüş ve glutensiz fırıncılık ürünlerinin diyet lifleri ile zenginleştirilmesi birçok araştırmanın konusu olmuştur (6).

İnülin sindirilemeyen bir polisakarit olup diyet lifleri içinde yer alır. Ayrıca bağırsakta bulunan yararlı bakterilerin gelişimini de hızlandırıcı bir prebiyotik gibi davranır (13). Buğday ekmeğine eklendiği zaman somun hacmini ve dilimlenme özelliğini geliştirir, hamur stabilitesini artırır ve uniform ekmek içi tekstürü sağlar (14).

Diğer Bileşenler

Süt proteinleri oldukça fonksiyonel bileşenlerdir ve çok yönlülükleri nedeniyle çoğu gıda ürününde kolaylıkla kullanılırlar. Fırıncılık ürünlerinde ise hem besleyici hem de aroma ve tekstürün zenginleştirilmesi ve depolama gelişimi gibi fonksiyonel yararları nedeniyle kullanılırlar. Gluten içermeyen ekmek formülasyonlarında su absorpsiyonunu artırmada kullanılabilirler (6). 7 adet farklı süt tozunun kullanıldığı bir araştırmada, yüksek protein, düşük laktoz oranına sahip süt tozlarının ekmeğin tüm şekil ve hacminde gelişme sağladığı ve daha sağlam ekmek içi tekstürü verdiği görülmüştür (15).

Glutensiz ekmek üretiminde soya proteini kullanan bazı araştırmacılar, %20, 30 ve 40 oranlarında soya proteini içeren buğday nişastası esaslı bir formülasyon geliştirmişlerdir. Bu ekmekler buğday ekmeğinden daha fazla protein ve yağ içerdiklerinden tatmin edici pişirme karakteristikleri göstermişlerdir. Bazı araştırmacılar ise, patates, mısır, pirinç nişastaları, pektin, emulsiye edici ajan ve laktozsuz margarin kullanarak ve glutensiz ekmek hamurunun bekleme süresini artırarak, yüksek kaliteli ve gluten içermeyen mayalı ekmekler ve zencefilli kekler elde etmişlerdir (6). Buğday ununun %30 oranında pirinç unu ile yer değiştirdiğinde maksimum kabul edilebilir ekmek kalitesi gösterdiği bir çalışmada, kahverengi pirinç ununun ekmek yapımına uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (16).

Hem gluten eksikliğinin gıdalarda sebep olduğu tekstürel kalite kusurlarının giderilmesi, hem de çölyak hastalarının beslenmesinde ürün çeşitliliği sağlayacak alternatif gıdalar olan çerez tip gıdaların

üretimine uygun olması nedeniyle ekstrüzyon teknolojisi gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

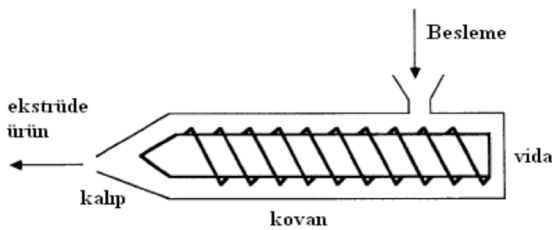
EKSTRÜZYON TEKNOLOJİSİ VE ALTERNATİF ÜRÜN FORMÜLASYONLARI

Çerez tip gıdalar doğal veya spesifik fonksiyonel özellikler verecek bileşenlerden hazırlanarak, dünya nüfusunun çoğunluğunun beslenmesinde yer almaya başlamıştır. Ekstrüzyon-pişirme teknolojisi, diğer geleneksel gıda üretim teknolojileriyle kıyaslandığında birçok avantaja sahip olması nedeniyle özellikle hububat içerikli çerez tipi veya benzeri gıdaların üretiminde gün geçtikçe daha da popüler olmaya başlamıştır. Son üründe arzu edilen genleşmiş yapının sağlanmasında ana madde nişasta olduğundan, nişasta oranları fazla olan hububatlar ekstrüde çerez tipi gıdaların üretiminde başlıca ham madde olarak kullanılmaktadır (17).

Ekstrüzyon Teknolojisi

Ekstrüzyon, kullanılan materyal ve ekipmana bağlı olarak karıştırma, ezerek sıkıştırma, taşıma, ısıtma, soğutma, şekil verme, kesme, kısmen kurutma veya içinde hava tutarak şişirme gibi birçok işlemi kombine eden termo-mekanik bir işlemdir. Ekstrüzyon, başlangıçta nem miktarı oldukça az olan materyale su ilave ederek esneklik kazandırıp son aşamada ürünün genleşmesini sağlayan aynı zamanda nişastayı jelatinize, proteinleri denatüre ve enzimleri de inaktive eden tek procestir. Ayrıca istenmeyen aromayı uzaklaştırmada ve nişastanın modifikasyonunda da ısısal bir işlem olarak kullanılabilir. Gıda materyallerini işlemede ekstrüderleri kullanmanın birçok faydaları vardır. (i) Ekstrüzyon işlemi ile ekstrüderde, işlem koşullarında veya kullanılan çığ materyalde yapılacak ufak değişikliklerle farklı özelliklerde çeşitli ürünler elde edilebilir. (ii) Ekstrüzyon sistemleri geleneksel yöntemlerle işlenmesi zor veya imkânsız olan yüksek viskoziteli materyalleri işleyebilirler. (iii) Ekstrüzyon sistemlerinin birçok işlemi aynı anda ve sürekli olarak yapması işgücü, yerleşim ve enerji maliyetlerinde azalma sağlar. Ekstrüzyon teknolojisi bu gibi avantajları ve diğer üretim teknikleri ile kolayca şekil verilemeyen ürünlerin elde edilmesini sağlaması nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (18).

Ekstrüderler şekil, büyüklük ve işleme yöntemlerinde farklılık gösterebilirler de piston, merdane ve vida ekstrüderleri olmak üzere 3 ana sınıfa ayrılırlar. Vida ekstrüderleri ekstrüderler içinde en kompleks olanlarıdır. Tek ya da çift vidanın sabit bir kovan içindeki materyali özel olarak dizayn edilmiş kalıba doğru taşınması prensibi ile çalışırlar ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ekstrüzyon işleminde taşıma sırasında vidanın dönmesiyle oluşan mekanik enerji ısıya dönüştürülür ve karışım yüksek sıcaklıklara ısıtılır. Sonuçta plastize edilen materyal kalıba doğru itilir. Kalıpta basıncın aniden düşmesi nemin hızlı bir şekilde buhar haline gelmesine ve ürünün şişmesine neden olur. Tek vidalı ekstrüderler zayıf karıştırma yeteneğine sahiptirler ve bunlar genellikle önceden karıştırılan materyallerin beslenmesi ile kullanılırlar (Şekil 1). Günümüzde yaygın olarak kullanılan çift vidalı ekstrüderler gıda endüstrisinde 1970'lerde kullanılmaya başlanmıştır. Tek vidalı ekstrüderlere benzer şekilde gıdaları işleminin yanı sıra, daha iyi proses kontrolü sağlamaları, çok yönlü olmaları, temizleme kolaylığı ve farklı çeşitlilikte formülasyonları kullanma imkanı vermeleri, çeşitli özelliklerde ürün elde edilebilmesi nedeni ile gıda endüstrisinde geniş bir uygulama alanı bulmaktadırlar. Çift vidalı ekstrüderlerde vidalar aynı ya da zıt yönlerde dönebilirler. Aynı ve zıt yönlü dönen vidalar taşıma karakteristikleri bakımından farklılık gösterirler ve bu nedenle de farklı teknolojik uygulamalar için kullanılırlar.



Şekil 1. Tek vidalı bir ekstrüderin şematik olarak gösterimi (18)

Çift vidalı ekstrüderlerin gelişmiş taşıma kabiliyetleri, bunların yapışkan ve işlenmesi zor bileşenleri işleyebilmelerini sağlar. Hububat unları ve diğer nişastalı materyaller çoğu ekstrüde ürünün üretiminde yaygın olarak kullanılırlar. Bu ürünlerin fiziksel karakteristikleri ekstrüderde karışımın kuru ağırlığında %50-80 oranında bulunan nişas-

taya bağlı olarak gelişir. Ekstrüder tipi, beslemenin nem miktarı, besleme hızı, kovan sıcaklığı, vida hızı, vida profili ve kalıp genişliği ekstrüde ürünün karakteristiklerinin oluşmasında önemli değişkenlerdir (18).

Ekstrüzyon Parametrelerinin Son Ürün Üzerine Etkileri

Pirinç ununun çift vidalı bir ekstrüder kullanılarak modifiye edildiği bir çalışmada vida hızı (200-300 rpm), kovan sıcaklığı (100-160 °C) ve besleme nem miktarının (%16-22) ürünün bazı fonksiyonel, fiziksel ve sindirilebilirlik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. En düşük ekstrüde ürün yağın yoğunluk değerleri, pirinç ununun düşük nem miktarları ve yüksek sıcaklıklarda ekstrüzyonu sonucunda elde edilmiştir. Yağın yoğunluk değerleri sıcaklık ve vida hızı arttığında nişasta jelatinizasyonuna bağlı olarak azalmıştır (19).

Askorbik asidin pirinç türevli bir ekstrüde çerez tip gıdada korunması üzerine ekstrüzyon sıcaklığı (75-150 °C) ve vida hızının (100-300 rpm) etkisinin incelendiği bir çalışmada, tüm vida hızlarında artan sıcaklık ile askorbik asidin büyük oranda kaybolduğu görülmüştür. Askorbik asidin düşük sıcaklık ve düşük vida hızlarında maksimum düzeyde tutulduğu belirlenmiştir (20).

Bir başka çalışmada mısır nişastasının yapısal özellikleri üzerine ekstrüzyon koşullarının etkisi incelenmiştir. Besleme oranı (1.16-6.44 kg/h), vida hızı (150-250 rpm), sıcaklık (100-260 °C) ve besleme nem miktarının (%12-25) etkilerinin incelendiği çalışmada ekstrüde ürünün yoğunluk, porozite ve genişleme oranının besleme nem miktarı ve sıcaklığa bağlı olduğu, vida hızından ise etkilenmediği saptanmıştır (21).

Pirinç kullanılarak yapılan bir çalışmada ise nem miktarı (%18-24) ve ekstrüzyon sıcaklığının (130-170 °C) ekstrüde ürün özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ekstrüde ürünün genişleme oranının 150 °C'de maksimum olduğu ve artan nem miktarlarında azaldığı belirlenmiştir. Hem nem miktarı hem de sıcaklıktaki artışın su tutma indeksinde (WAI) artışa neden olduğu, suda çözünürlük indeksinin (WSI) ise azalan nem miktarında ve artan sıcaklıkta arttığı görülmüştür (22). Bu konuda yapılan bazı çalışmalar Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Ekstrüzyon parametrelerinin ürün üzerine etkilerinin incelendiği bazı çalışmalar

Ham madde	Ekstrüder tipi	İşlem parametreleri	İncelenen ürün karakteristikleri	Kaynak
Pirinç unu	Tek vidalı	Sıcaklık (130-170 °C) Besleme nem miktarı (%18-24)	WSI, WAI	21
Pirinç	Çift vidalı	Sıcaklık (80-120 °C) Amiloz miktarı (%5.0-28.6)	Yığın yoğunluk, WSI, genleşme oranı	23
Pirinç unu	Çift vidalı	Vida hızı (200-300 rpm) Sıcaklık (100-160 °C) Besleme nem miktarı (%16-22)	WAI, viskozite özellikleri, sindirilebilirlik	18
Pirinç unu	Çift vidalı	Sıcaklık (75-150 °C) Vida hızı (100-300 rpm)	Askorbik asidin korunması	19
Kestane ve pirinç unu	Tek vidalı	Sıcaklık (90-120 °C) Besleme kompozisyonu (%20, 30, 40 kg kestane unu / kg karışım)	WAI, WSI, yoğunluk, nem, renk, duyu özellikler	24
Mısır nişastası	Çift vidalı	Besleme oranı (1.16-6.44 kg/h) Vida hızı (150-250 rpm), Sıcaklık (100-260 °C) Besleme nem miktarı (%12-25)	Yoğunluk, porozite, genleşme oranı	20
Mısır ve buğday unu	Çift vidalı	Vida hızı (200-500 rpm)	WAI, WSI ve genleşme oranı	25

Gluten İçermeyen Ekstrüde Çerez Tip Gıda Formülasyonları

Gluten içermeyen ancak besin içeriği yönünden dengelenmiş, ekstrüde çerez tip bir gıdanın fiziksel ve duyu özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, ekstrüzyon işleminde kullanılmak üzere %30 pirinç unu, %30 nohut unu, %20 mısır unu, %5 domates tozu, %5 havuç tozu, %2 soğan tozu, %2 gum arabic, %2 bitkisel yağ, %1.5 yabancı mercanköşk, %1.5 fesleğen, %0.5 tuz ve %0.5 kuru maya şeklinde bir karışım hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışmada değiştirilen ekstrüzyon parametrelerinin (vida hızı ve besleme oranı) son ürünün aroma ve toplam kabul edilebilirlik özellikleri üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür (17).

Ekstrüzyon sıcaklığı ve besleme kompozisyonunun çerez tip bir gıdanın fonksiyonel, fiziksel ve duyu özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, kuru temelde %20, %30 ve %40 oranlarında kestane unu, %2 tuz ve kalan yüzdesi pirinç unu olacak şekilde karıştırılmış ve çalışılan işlem parametreleri sonucunda hem besinsel değeri artırılmış hem de duyu olarak kabul edilebilir hububat esaslı çerez tip bir gıda elde edilmiştir (24).

Patates esaslı çerez tip ekstrüde bir ürünün özellikleri üzerine formülasyon ve ekstrüzyon parametrelerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada, patates ununa kuru temelde %0, 25, 50, 75, 100 oranlarında patates nişastası ilave edilerek, %35 ve %45 nem içeriklerinde ekstrüzyon işlemine tabi tutulmuştur.

İşlem sonucunda son ürünün genleşmesinde formülasyondaki nem miktarına bağlı belirli bir değişim görülmemiştir. Nişasta miktarları arttıkça son ürün genleşmesinin arttığı, rengin daha açık olduğu, kırılabilirliğin azaldığı ve karakteristik patates aromasının azaldığı belirlenmiştir (26).

Mısır nişastası ve yerfıstığı unu esaslı ekstrüde çerez tip bir gıdanın duyu kalitesinin optimizasyonunun yapıldığı bir çalışmada, kabul edilebilir ürün, 1 kg bazında 120-200 g fermente edilmemiş yerfıstığı unu, 0-80 g fermente yerfıstığı unu, 300-315 g su ve 500 g mısır nişastası ile hazırlanmıştır. Ayrıca ürüne nacho peyniri, Cheddar peyniri, ekşi krema ve soğan ile aroma kazandırılması, ürünün toplam kabul edilebilirliğini arttırmıştır (27).

Amaranth (horoz ibiği çiçeği) yaprakları sebze, tohumu ise hububat olarak kullanılan sayılı kültür bitkilerinden biridir ve bağırsak mukozasında alerjik reaksiyonlar oluşturmaması nedeniyle özellikle son yıllarda çölyak hastaları arasında popüler olmaya başlamıştır (28). Pirinç unu ve amaranth karışım oranı ve ekstrüzyon pişirme özelliklerinin sonuç ürün kalitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, %20, 40 ve 60 oranlarında olmak üzere üç farklı amaranth tohumu karışımı denenmiş ve artan amaranth miktarının ekstrüde ürünün kırılabilirliğinde artmaya sebep olduğu görülmüş ve kabul edilebilir yumuşaklıkta iyi genleşmiş ürünlerin amaranth miktarının %20-40 olduğu durumda elde edildiği saptanmıştır (29).

Bezelye ununda protein ve lizin miktarı hem buğday hem de irmik unundan daha fazladır. Ayrıca gluten içermez. Araştırmacılar, çift vidalı ekstrüder ile yalnızca bezelye ununun ekstrüzyonunu değerlendirmişlerdir. Bezelye ununun bu yeni teknoloji ile işlendiğinde pişirmeden sonra gelişmiş bir tekstür ve aroma sergilediği görülmüştür (6).

SONUÇ ve YENİ YAKLAŞIMLAR

Çölyak hastalığı nedeniyle hayat boyu glutensiz diyet uygulanması zorunluluğu, bu alanda hem yeni ürün formülasyonlarının hem de yeni üretim teknolojilerinin gelişmesinin kaynağı olmuştur. Gluten içermeyen ürünlerde gluten eksikliğinin neden olduğu kalite bozukluklarının giderilmesi amacıyla ürün formülasyonlarına eklenen nişasta, gum ve hidrokolloidlerin yanı sıra, bu ürünlerin hem besleyici değerlerini arttırmak hem de ürünlere fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla diyet lifi ve süt proteinleri gibi alternatif protein kaynakları da kullanılmaktadır. Bezelye ve kestane unu gibi gluten içermeyen unların da formülasyonlarda kullanılması ile besleyici özellikleri geliştirilmiş ürün çeşitleri geliştirilebilir. Özellikle çölyak hastalarında görülebilecek B vitamini eksikliğinin giderilmesi amacıyla bu ürünlere vitamin komplekslerinin ilavesi konusunda çalışmalar yapılabilir. Giderek yaygınlaşan bir teknoloji olan ekstrüzyon ile gluten içermeyen hububat esaslı ürünlerin üretimi konusunda yapılan çalışmalar genellikle laboratuvar ölçekli olup, endüstriyel boyutta çok fazla uygulaması bulunmamaktadır. Bu konuda yapılacak çalışmaların ve elde edilecek başarılı sonuçların, günümüzde oldukça gelişmiş olan ekstrüde (çerez ürün, kahvaltılık) ürün sanayine farklı özellikler içeren (gluten içermeyen ve çölyak hastaları tarafından tüketilebilecek) fonksiyonel ve besleyici özelliği olan yeni ekstrüde ürünlerin ve ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde ışık tutacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla ülkemizde endüstriyel düzeyde üretimi yapılmayan çölyak hastalarının tüketebileceği, gluten içermeyen-zenginleştirilmiş ürün çeşitliliği artırılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Stepniak D, Koning F. 2006. Celiac Disease-Sandwiched Between Innate and Adaptive Immunity, *Human Immunol*, 67: 460-468.

2. Williamson D, Marsh MN. 2002. Celiac Disease, *Mol Biotechnol*, 22: 293-299.

3. www.colyak.org.tr

4. Gobetti M, Rizzello CG, Cagno R, Angelis M. 2007. Sourdough Lactobacilli and Celiac Disease. *Food Microbiol*, 24: 187-196.

5. Katina K, Arendt E, Liukkonena KH, Autio K, Flanndera L, Poutanen K. 2005. Potential of Sourdough for Healthier Cereal Products. *Trends Food Sci & Tech*, 16: 104-112.

6. Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2004. Recent Advances in the Formulation of Gluten-free Cereal-based Products. *Trends Food Sci & Tech*, 15: 143-152.

7. Anon 2005. Gluteni Azaltılmış ve Glutensiz Hale getirilmiş Gıdalar. TS 13143, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

8. Hosney RC. 1994. *Principles of Cereal Science and Technology*, 2nd Edition, Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, Manhattan, Kansas

9. Gallagher E, Polenghi O, Gormley TR. 2002. Improving the Quality of Gluten-Free Breads. *Farm and Food*, 12: 8-13.

10. Schwarzlaff SS, Johnson JM, Barbeau WE, Duncan S. 1996. Guar and Locust Bean Gums as Partial Replacers of All purpose Flour in Bread: An Objective and Sensory Evaluation. *J Food Quality*, 19: 217-229.

11. Huang JC, Knight S, Goad C. 2001. Model Prediction for Sensory Attributes of Non-Gluten Pasta. *J Food Quality*, 24: 495-511.

12. Arendt EK, O'Brien CM, Schober T, Gormley TR, Gallagher E. 2002. Development of Gluten-Free Cereal Products. *Farm and Food*, 12: 21-27.

13. Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *J Nutr*, 125: 1401-1412.

14. Anon. 1999. Inulin: Added Value. *European Baker*, 32: 40-44.

15. Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2003. Crust and Crumb Characteristics of Gluten-Free Breads. *J Food Eng*, 56: 153-161.

16. Gan J, Rafael LGB, Cato L, Small DM. 2001. Evaluation of the Potential of Different Rice Flours in Bakery Formulations. In Proceedings of the 51st Australian Cereal Chemistry Conference, 309-312.

17. İbanoğlu Ş, Ainsworth P, Özer EA, Plunkett A. 2006. Physical And Sensory Evaluation Of A Nutritionally Balanced Gluten-Free Extruded Snack. *J Food Eng* 75: 469-472.

18. Ainsworth P, İbanoğlu Ş. 2006. *Extrusion Food Processing Handbook*. Edited by James G. Brennan. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
19. Hagenimana A, Ding X, Fang T. 2006. Evaluation of Rice Flour Modified By Extrusion Cooking. *J Cereal Sci* 43: 38–46.
20. Plunkett A, Ainsworth P. 2007. The Influence of Barrel Temperature and Screw Speed On The Retention Of L-Ascorbic Acid In An Extruded Rice Based Snack Product. *J Food Eng* 78: 1127–1133.
21. Thymi S, Krokida MK, Pappa A, Maroulis ZB. 2005. Structural Properties of Extruded Corn Starch. *J Food Eng*. 68: 519–526.
22. Singh B, Sekhon KS, Singh N. 2007. Effects of Moisture, Temperature and Level of Pea Grits on Extrusion Behavior and Product Characteristics of Rice. *Food Chem*, 100: 198–202.
23. Guha M, Ali SZ. 2006. Extrusion Cooking of Rice: Effect of Amylose Content and Barrel Temperature on Product Profile. *J Food Process Pres*, 30: 706–716.
24. Sacchetti G, Pinnavaia GG, Guidolin E, Dalla Rosa M. 2004. Effects Of Extrusion Temperature And Feed Composition On Functional, Physical And Sensory Properties Of Chestnut And Rice Flour-Based Snack-Like Products. *Food Res Int*. 37: 527-534.
25. Mezreb K, Goullieux A, Ralainirina R, Queneudec M. 2003. Application of Image Analysis to Measure Screw Speed Influence on Physical Properties of Corn and Wheat Extrudates. *J Food Eng* 57: 145–152.
26. Kim CH, Maga JA. 1995. Roles of Formulation and Extrusion Variables on the Properties of Potato-Based Half Snacks. *Dev Food Sci*, 37 (1): 569-574
27. Prinyawiwatkul W, Beuchat LR, Resurreccion AVA. 1993. Optimization of Sensory Qualities of an Extruded Snack Based on Cornstarch and Peanut Flour, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 26(5): 393-399.
28. Guerra-Matias AC, Arêas JAG. 2005. Glycemic and Insulinemic Responses in Women Consuming Extruded Amaranth (*Amaranthus cruentus* L). *Nutrition Res*, 25 (9): 815-822
29. Ilo S, Liu Y, Berghofer E. 1999. Extrusion Cooking of Rice Flour and Amaranth Blends. 1999. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 32 (2): 79-88.