

Extrusion Technologies in Chips and Snack Production and the Effective Role of Blends in the Use of Cereals and Legumes

Cem Baltacıoğlu¹, Mustafa Hafez ^{2*}

¹ Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 51200, Niğde, Turkey.

² Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of food engineering, 51200, Niğde, Turkey.

Abstract

This study examines the role of thermal extrusion technology in the production of chips and snacks, and the use of cereal and legume blends as an approach to improving nutritional value and functional properties. This technology relies on thermomechanical processing under high temperature and pressure to mix, cook, and shape ready-to-eat products with a crispy texture. In this work, recent studies on the use of cereals and legumes were reviewed and evaluated, along with innovative applications such as the use of oil industry by-products and carbon dioxide-assisted extrusion. The findings indicate that extrusion modifies starch properties, increases expansion, and enhances crispness, while also reducing antinutritional compounds such as phytic acid and tannins, thereby improving mineral bioavailability. The incorporation of legumes with cereals increased protein, dietary fiber, and mineral content without negatively affecting sensory acceptability. In addition, the use of by-products and modern techniques improved structural properties and reduced the need for chemical additives. It was also found that controlling processing parameters such as temperature, moisture, and screw speed plays a crucial role in determining the final product quality in terms of texture, density, and sensory characteristics. Overall, these findings confirm that extrusion technology represents an effective approach for developing healthy and sustainable snack products, and that the use of cereal–legume mixtures offers promising potential to enhance nutritional value and meet modern consumer demands.

Keywords: *Snack production, legumes, extrusion technology, functional foods, food processing, cereals.*

Cips ve Atıştırmalık Üretiminde Ekstrüzyon Teknolojileri ve Tahıl ile Baklagillerin Kullanımında Karışımların Etkin Rolü

Özet

Bu çalışma, cips ve atıştırmalık üretiminde termal ekstrüzyon teknolojisinin rolünü, besin değerini ve fonksiyonel özellikleri iyileştirmeye yönelik bir yaklaşım olarak tahıl ve baklagil karışımlarının kullanımını incelemektedir. Bu teknoloji, yüksek sıcaklık ve basınç altında gerçekleştirilen termomekanik işlemlerle karıştırma, pişirme ve şekillendirme aşamalarını bir araya getirerek gevrek yapıya sahip tüketime hazır ürünler elde edilmesini sağlar. Bu çalışmada, tahıl ve baklagillerin kullanımına ilişkin güncel araştırmalar değerlendirilmiş, ayrıca yağ endüstrisi yan ürünlerinin kullanımı ve karbondioksit destekli ekstrüzyon gibi yenilikçi uygulamalar incelenmiştir. Bulgular, ekstrüzyon işleminin nişasta özelliklerini değiştirdiğini, genleşmeyi artırdığını ve gevrekliği iyileştirdiğini göstermektedir. Ayrıca fitik asit ve tanenler gibi antinutrisyonel bileşiklerin azalmasıyla minerallerin biyoyararlanımı artmıştır. Baklagillerin tahıllarla birlikte kullanımı, protein, diyet lifi ve mineral içeriğini artırırken duyuusal kabul edilebilirlik üzerinde olumsuz bir etki oluşturmamıştır. Bunun yanı sıra, yan ürünlerin ve modern tekniklerin kullanımı ürünün yapısal özelliklerini iyileştirmiş ve kimyasal katkı maddelerine olan ihtiyacı azaltmıştır. Ayrıca sıcaklık, nem ve vida hızı gibi proses parametrelerinin kontrolünün, ürünün doku, yoğunluk ve duyuusal özellikleri açısından nihai kalite üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, ekstrüzyon teknolojisi sağlıklı ve sürdürülebilir atıştırmalık ürünlerin geliştirilmesinde etkili bir yöntem olup, tahıl ve baklagil karışımlarının kullanımı, besin değerini artırmak ve tüketici taleplerini karşılamak açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: *Atıştırmalık üretimi, baklagiller, ekstrüzyon teknolojisi, fonksiyonel gıdalar, gıda işleme, tahıllar.*



Giriş

Cips, genellikle tüketime hazır atıştırmalık bir gıda olup; patates, tahıllar, baklagiller, sebzeler veya bunların kombinasyonlarından üretilmektedir. Üretim yöntemleri kızartma, fırınlama veya ekstrüzyon (extrusion) teknikleri arasında değişiklik göstermektedir. Ekstrüzyon prosesinde, hammadde belirli bir basınç ve sıcaklık altında yoğrularak ve termal işleminden geçirilerek farklı şekillerde (ince dilimler, çubuklar veya şişirilmiş granüller gibi) gevrek ürünlere dönüştürülmektedir. Bu ürünler kolay tüketilebilir olmalarıyla öne çıkmakta ve geleneksel cipslere kıyasla nispeten daha besleyici hızlı atıştırmalık seçeneklerine olan talebi karşılamayı hedeflemektedir.

Ekstrüzyon (Extrusion) Tanımı

Ekstrüzyon, gıda bileşenlerinin yüksek sıcaklık ve basınç altında karıştırılması, pişirilmesi ve şekillendirilmesi prensibine dayanan çok aşamalı termomekanik bir işlemdir. Bu teknik, işlenmiş çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde kullanılmakta olup, bileşenlerin fonksiyonel özelliklerini değiştirme ve dokusal özelliklerini iyileştirme imkânı sunmaktadır. Ekstrüzyonun avantajları arasında nişastanın jelatinizasyonu, antinutrisyonel faktörlerin azaltılması, çözünür lif içeriğinin artırılması, yağ oksidasyonunun ve mikrobiyal yükün azaltılması ile bazı besin öğelerinin korunması yer almaktadır. Bununla birlikte, ısıya duyarlı vitaminlerde kayıplar ve protein kalitesini etkileyebilen Maillard reaksiyonlarının oluşması gibi sınırlamalar da bulunmaktadır. Bu nedenle nem, sıcaklık ve bekleme süresi gibi ekstrüzyon parametrelerinin hassas kontrolü, dengeli ve yüksek kaliteli gıda ürünlerinin elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Son yıllarda gıda endüstrisindeki eğilim, daha sağlıklı ve besin değeri artırılmış cips ürünlerinin geliştirilmesi yönündedir. Ekstrüzyon teknolojisi, yüksek verimlilik ve hızlı üretim imkânı sunan ileri düzey bir termo-mekanik yöntem olup; kepek ve buğday tohumu gibi yan ürünlerin besin değerinin artırılarak değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır (Dendegh ve ark., 2023).

Ekstrüzyon Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Cips ve Atıştırmalık Türleri

Tahıllar

Ekstrüzyonla üretilen atıştırmalıklarda en yaygın kullanılan tahıllar mısır, buğday, pirinç, yulaf, arpa, çavdar, tritikale ve sorgum gibi klasik tahıllardır. Ayrıca karabuğday, amarant, kinoa ve chia gibi yalancı tahıllar da yaygın olarak kullanılmaktadır (Mironeasa ve ark., 2023).

Baklagiller

Soya fasulyesi, nohut, kuru fasulye, börülce, bezelye ve mercimek gibi baklagiller ekstrüde atıştırmalık üretiminde önemli hammaddeler arasında yer almaktadır (Mironeasa ve ark., 2023).

Yağlı Tohumlar

Keten tohumu, yer fıstığı, kabak çekirdeği, susam ve diğer yağlı tohumlar bu gruba dahildir.

Gıda Endüstrisi Yan Ürünleri

Elma, kiraz ve ananas gibi meyve işleme yan ürünlerinin yanı sıra peynir altı suyu (whey), bira üretiminden elde edilen arpa posası, kırık pirinç, mısır kepeği, buğday kepeği, arpa kepeği ve yulaf kepeği gibi gıda endüstrisi artıklarının değerlendirilmesi ekstrüzyon teknolojisi ile mümkün olmaktadır (Grasso, 2020).

Ekstrüzyon Parametrelerinin Cips Ürünlerinin Kalitesi ve Makine Performansı Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık

Ekstrüzyon sırasında sıcaklığın artması nişastanın jelatinizasyonunu hızlandırmakta ve Maillard reaksiyonu gibi kimyasal reaksiyonları teşvik etmektedir. Ayrıca eriyik viskozitesini düşürerek akışı kolaylaştırmakta ve ürünün genleşmesini artırarak daha gevrek bir yapı oluşmasına katkı sağlamaktadır.

Nem

Nem, ekstrüder içerisindeki sürtünmeyi azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Nem oranının artması, materyalin elastikiyetini artırarak kalıp basıncını ve torku düşürmektedir. Ancak yüksek nem seviyeleri ürünün genleşme kapasitesini azaltabilmektedir.

Vida Hızı

Vida hızının artırılması, silindir içerisindeki kesme ve sürtünme oranını yükselterek mekanik enerjiyi ve sıcaklığı artırmaktadır. Bu durum viskozitenin azalmasına ve doku özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlarken, aşırı hız ürün yapısını olumsuz etkileyebilmektedir.



Besleme Oranı

Besleme oranının artması, ekstrüder içerisindeki malzeme yoğunluğunu artırarak sürtünmeyi ve buna bağlı olarak basınç ve sıcaklığı yükseltmektedir. Bu durum nihai ürün özelliklerini doğrudan etkilemektedir.

Kalıp Basıncı ve Tork

Kalıp basıncı ve tork, sistem içerisindeki akış direncini ifade etmektedir. Viskozite arttıkça bu değerler yükselmekte, sıcaklık veya nem arttığında ise azalmaktadır. Yağ içeriği ise yağlayıcı etkisi sayesinde bu değerleri düşürmektedir.

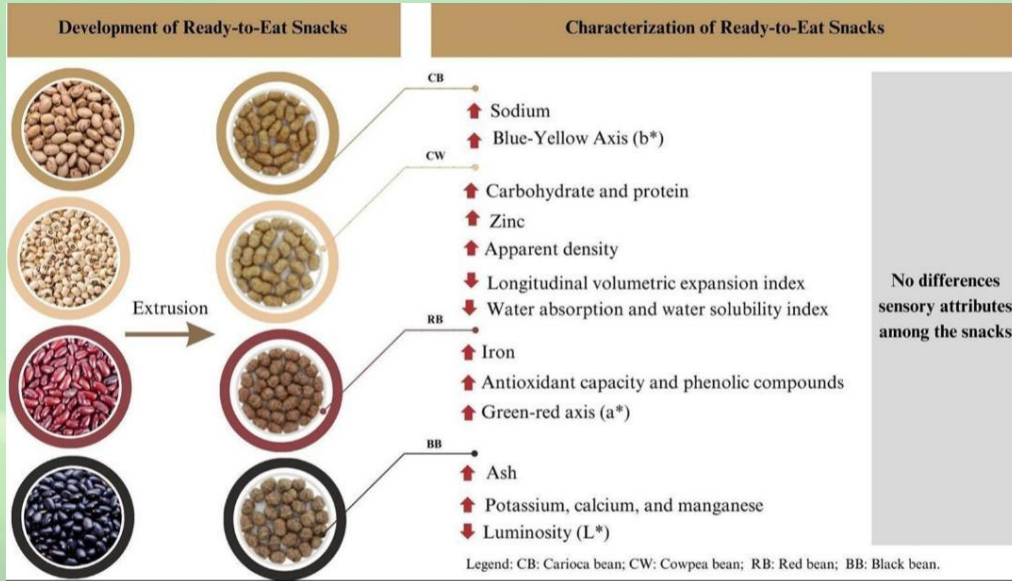
Özgül Mekanik Enerji (SME)

Ekstrüzyon sırasında maddeye aktarılan enerji miktarını ifade eder. Vida hızının artması ve nem oranının azalmasıyla SME değeri yükselir; bu durum nişasta granüllerinin parçalanmasını ve ürünün genleşmesini artırır. Buna karşılık, nem oranının yükselmesi sürtünmeyi azalttığı için SME değeri düşer (Dalbhagat ve ark., 2019).

Ekstrüzyon Teknolojilerinde Yeni Nesil Atıştırmalık Üretimine Yönelik Güncel Çalışmalar

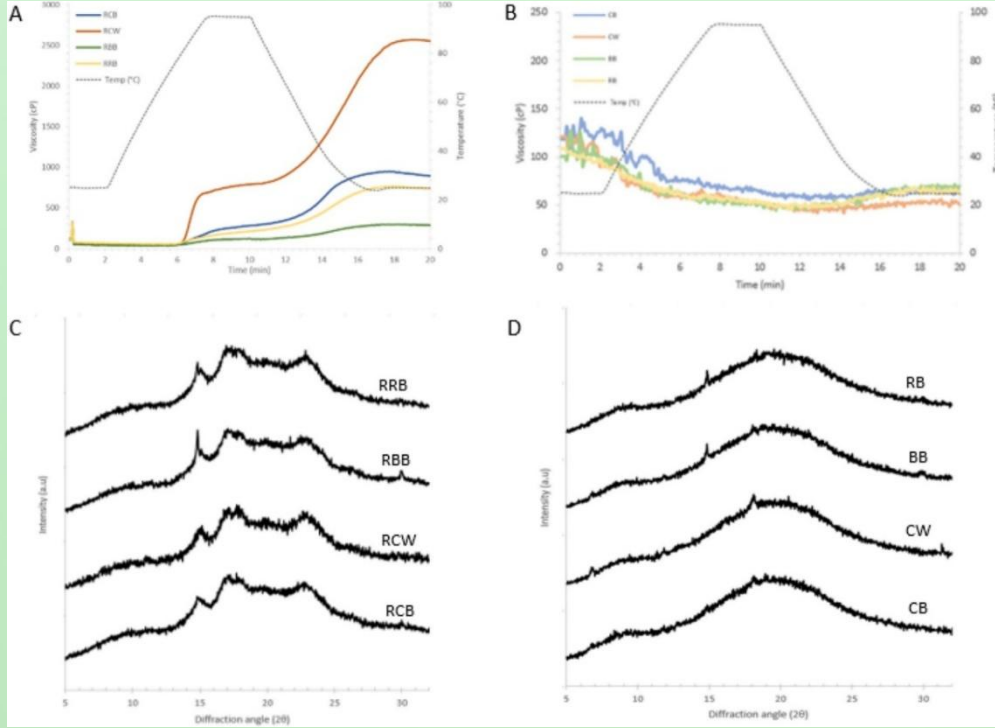
Baklagil Karışımlarının Ekstrüzyon Teknolojisi ile Cips ve Atıştırmalık Üretiminde Kullanımı

Son zamanlarda yapılan bir çalışma, baklagillerin termal ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak sağlıklı cips ürünlerinin geliştirilmesinde büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada dört farklı fasulye türünden (siyah fasulye, kırmızı fasulye, karioça fasulyesi ve börülce) atıştırmalık ürünler üretilmiştir. Sonuçlar, ekstrüzyon işleminin nişasta özelliklerini değiştirdiğini ve viskoziteyi azalttığını ortaya koymuştur. Bu durum, ürünün dokusunu iyileştirerek daha gevrek bir atıştırmalık yapısı oluşturmuştur. Ayrıca bu teknik, fitik asit ve tanenler gibi anti-besinsel bileşiklerin azaltılmasına katkı sağlayarak mineral biyoyararlanımını artırmıştır. Besin değeri açısından ürünler iyi düzeyde protein ve mineral içeriği göstermiştir. Özellikle börülce bazlı ürün yüksek protein kaynağı olarak öne çıkmıştır. Duyusal kalite açısından ise farklı örnekler arasında tat ve kabul edilebilirlik bakımından önemli bir fark gözlenmemiş, tüm ürünler ortalamanın üzerinde satın alma niyeti göstermiştir. Bu bulgular, ekstrüzyon teknolojisinin hem yüksek besin değerine hem de iyi duyusal kabul edilebilirliğe sahip yeni nesil cips türlerinin geliştirilmesinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir ve fonksiyonel gıda pazarında kullanım potansiyelini artırmaktadır (Pena ve ark., 2025).



Şekil 1. Ekstrüzyon teknolojisi ile tüketime hazır çerezlerin geliştirilmesi ve karakterizasyonu





Şekil 2. Farklı fasulye ezmesi türlerinin farklı viskozite (macunlaşma) özellikleri

Molla ve ark. (2025) tarafından yapılan bir çalışmada, mercimekten ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak cips üretimi gerçekleştirilmiş ve bu süreçte tek vidalı ekstrüder (Single-Screw Extruder) kullanılmıştır. Isıl ekstrüzyon teknolojisi kapsamında bu cihaz, hammadde karışımını nihai ve gevrek bir ürüne dönüştürmede kritik bir rol oynamaktadır. Bu dönüşüm, silindir içerisinde uygulanan ısı, basınç ve kesme kuvvetleri sayesinde gerçekleşmektedir. Çalışma sonuçları, ekstrüder performansının büyük ölçüde işletme parametrelerinin doğru ayarlanmasına bağlı olduğunu göstermiştir. Optimum koşullar; düşük besleme nemi (%1), ekstrüzyon sıcaklığı (115 ± 5 °C), 2–3 saat arasında değişen kondisyonlama süresi ve 4.12 kg/saat besleme hızı olarak belirlenmiştir. Bu koşullar altında yaklaşık 4 kg/saat (yaklaşık 8000 paket/saat) düzeyinde yüksek üretim verimliliği elde edilmiştir. Tek vidalı ekstrüder, bileşenlerin karıştırılması, kısmi pişirilmesi ve kalıptan çıkış sırasında şekillendirilmesi işlevlerini yerine getirmektedir. Uygun sıcaklıklarda hamurun viskozitesinin azalması, gaz kabarcığı oluşumunu artırarak ürünün genişlemesini ve istenen gevrek dokunun oluşmasını sağlamaktadır. Buna karşılık, nem oranı ve ekstrüzyon sıcaklığı gibi işlem parametrelerinin kontrolü ürün kalitesi açısından kritik öneme sahiptir. Uygun olmayan nem seviyeleri, vida tıkanması ve silindir içinde sıcaklığın 145 °C'nin üzerine çıkması gibi operasyonel problemlere yol açmış; bu durum ürünün yanmasına ve üretim veriminin düşerek yaklaşık 130 paket/kg seviyesine gerilemesine neden olmuştur (Bozdogan ve ark., 2025).

Ayrıca, ekstrüder sistemi kullanılarak cipslerin vitamin ve mineral ile zenginleştirilmesi veya havuç ve kabak gibi doğal kaynakların hamur içine homojen şekilde katılması da mümkün olmuştur. Doğal kaynaklarla yapılan zenginleştirme, özellikle havuç ve kabak karışımı, sentetik takviyelere kıyasla daha iyi besin içeriği ve biyoaktif bileşik profili göstermiştir. Sonuçlar, tek vidalı ekstrüderin yağda kızartılmamış sağlıklı cips üretimi için ekonomik ve etkili bir seçenek olduğunu; ürünün fiziksel ve besinsel özelliklerinin kontrolünde yüksek esneklik sağladığını ve bu nedenle yenilikçi gıda ürünlerinin geliştirilmesinde temel bir teknoloji olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Yağ Endüstrisi Yan Ürünlerinin Kullanımı ve Süperkritik CO₂ ile Ekstrüzyon Yoluyla Cips ve Atıştırmalık Üretimi

Bu çalışma, yağ üretim endüstrisinden elde edilen **pres keki (press cake)** yan ürünlerinin; kenevir, kamelya (Camelina), fındık ve kabak çekirdeği gibi yağlı tohumlardan elde edilen artıkların, doğrudan (2G) ve dolaylı (3G) ekstrüde atıştırmalıkların besin değerini artırmadaki potansiyelini ortaya koymuştur.

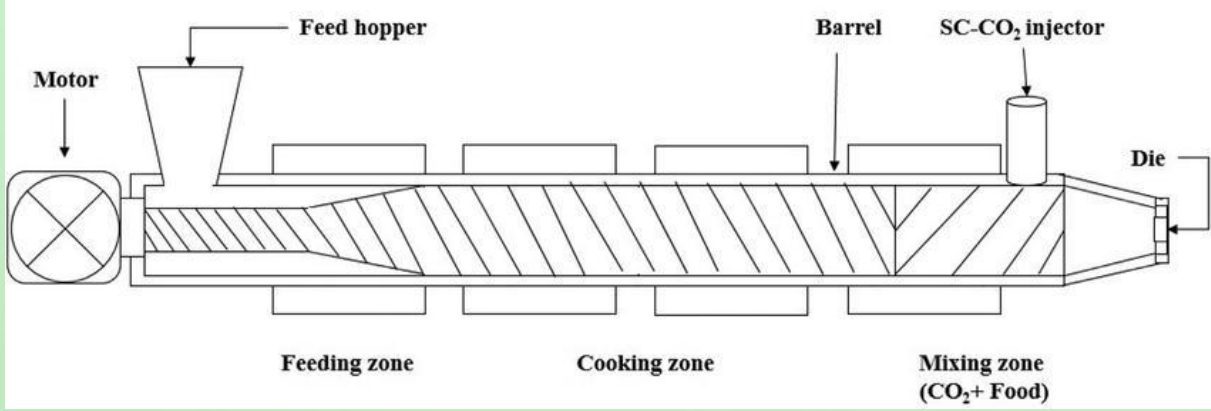
Bu hammaddelerin kullanımı, ürünlerin diyet lif içeriğini ve fenolik bileşik miktarını önemli ölçüde artırmış, aynı zamanda antioksidan aktiviteyi yükseltmiştir. Buna rağmen gıda güvenliği açısından olumsuz bir etki gözlenmemiş; akrilamid içeriğinin oldukça düşük seviyelerde kaldığı ve HMF (hidroksimetilfurfural) değerlerinin güvenli sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca dolaylı ekstrüzyon (3G) ürünlerinde süperkritik CO₂ teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknoloji, kimyasal katkı maddelerine ihtiyaç duyulmadan ürünün genişlemesini ve doku özelliklerini iyileştirmiş, böylece daha iyi bir



gevreklik ve yapı elde edilmesini sağlamıştır. Bu durum, yağ endüstrisi yan ürünlerinden çevre dostu, sağlıklı ve güvenli atıştırmalıkların üretilebileceğini göstermektedir.

Çalışma ayrıca bazı formülasyonların, özellikle mısır/fındık (94:6) ve mısır/kenevir (91:9) karışımlarının endüstriyel uygulama açısından yüksek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. (Jozinović ve ark., 2024)



Şekil 3. Karbondioksit (CO₂) gazı enjeksiyonuna dayalı ekstrüzyon sistemi

Tahıllar ve Baklagillerde Ekstrüzyon Teknolojisi ve Faydaları

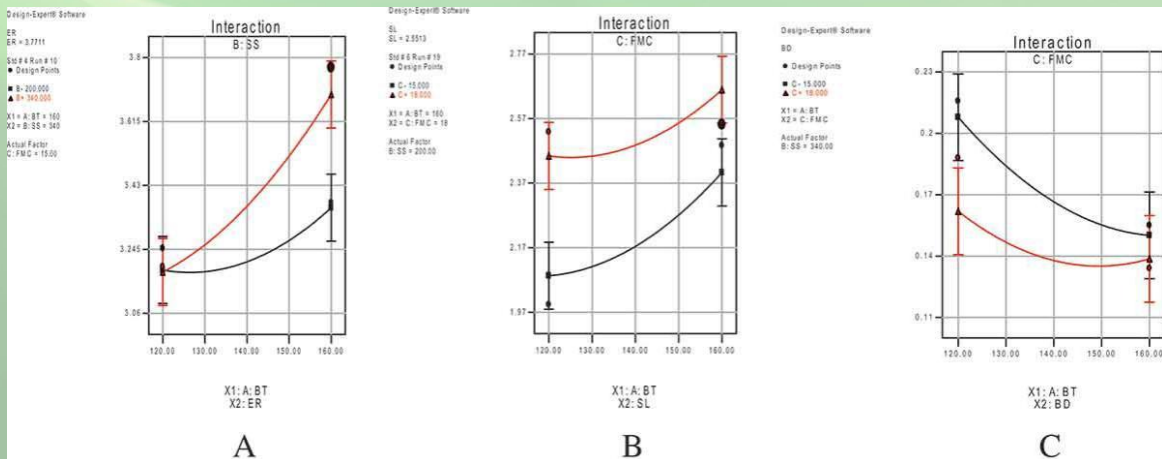
Mahmoud Al-Hassan ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, termal ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak mısır irmiği ile yulaf unu ve bezelye karıştırılarak atıştırmalık kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada dört farklı formülasyon test edilmiştir: kontrol grubu (%100 mısır) ve T1 (%90 mısır + %5 yulaf + %5 bezelye), T2 (%85 mısır + %10 yulaf + %5 bezelye) ve T3 (%80 mısır + %15 yulaf + %5 bezelye).

Sonuçlar, yulaf ve bezelye oranının artmasıyla özellikle T3 formülünde, protein, lif ve indirgen şeker içeriğinin arttığını, buna karşılık nişasta oranının azaldığını göstermiştir. Yağ oranında ise anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Ekstrüzyon cihazı, nem oranını yarıdan fazla azaltarak ürünün dokusunu iyileştirmiş, genleşmeyi artırmış ve hacim yoğunluğunu düşürmüştür. Bu durum, daha düşük maliyetli, yüksek besin değerine sahip ve özellikle çocuklar ve hamileler gibi hassas gruplar için uygun atıştırmalıkların üretilmesini sağlamıştır.

Ayrıca Agarwal & Chauhan (2019), ekstrüzyon işleminin çok yönlü kullanımı, yüksek üretim kapasitesi ve düşük maliyet gibi önemli avantajlara sahip olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında bu prosesin farklı ürün formlarının üretimine imkan tanıdığı, istenmeyen enzimleri inaktive ettiği, anti-besinsel faktörleri azalttığı ve nihai ürünü sterilize ettiği ifade edilmiştir.

Bir başka çalışmada, nohut, beyaz fasulye, mısır ve darıdan oluşan tahıl ve baklagil karışımlarında ekstrüzyon parametrelerinin atıştırmalık kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Optimum üretim koşulları; 120 °C silindir sıcaklığı, 340 rpm vida hızı ve %15 nem içeriği olarak belirlenmiştir. Bu koşullar altında en yüksek su absorpsiyon indeksi (6.02 g/g) ve en düşük kırılma kuvveti (16 N) elde edilmiştir; bu da daha gevrek bir yapı oluştuğunu göstermektedir. Vida hızının 200'den 340 rpm'ye artırılması, kütle akış hızını 19.84 g/s'den 33.82 g/s'ye yükseltmiştir. Duyusal analizlerde ürün; renk (8.22), gevreklik (8.44), aroma (8.33) ve genel kabul edilebilirlik (8.33) açısından yüksek puanlar almıştır. Ayrıca ürünün protein içeriği yaklaşık %16–18 olarak belirlenmiştir.

Bu bulgular, ekstrüzyon sürecinde sıcaklık, nem ve vida hızının dikkatli kontrol edilmesinin; cipslerin doku, besin değeri ve duyusal kabulü üzerinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. (Alemayehu ve ark., 2019)



Şekil 4. (a) Genleşme oranları, (b) özgül uzunluk ve (c) yığın yoğunluğunun tepki yüzeyi etkileşim grafiği.



Sonuçlar

Güncel çalışmalar, ekstrüzyon teknolojisinin cips ve atıştırmalık üretiminde en önemli ileri tekniklerden biri olduğunu göstermektedir. Bu teknoloji, yüksek besin değerine sahip ve aynı zamanda gevreklik ile kabul edilebilir tat gibi istenen duyuşal özellikleri taşıyan yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca tahıllar, baklagiller, tohumlar ve gıda endüstrisi yan ürünleri gibi farklı hammaddelerin kullanımı, daha sağlıklı ve sürdürülebilir ürünlerin üretilmesine katkı sunmaktadır.

Bu ürünlerin başarısı büyük ölçüde ekstrüzyon koşullarının (sıcaklık, nem ve vida hızı gibi) hassas bir şekilde kontrol edilmesine bağlıdır. Çünkü bu parametreler ürünün dokusu, genleşmesi ve nihai kalitesi üzerinde doğrudan etkiye sahiptir.

Bununla birlikte, besin değeri ile duyuşal özellikler arasında denge kurulması, besin ögesi kayıplarının en aza indirilmesi ve üretim süreçlerinin optimize edilerek ürün kalitesinin ve stabilitesinin sağlanması gibi bazı zorluklar hâlâ devam etmektedir.

Genel olarak ekstrüzyon teknolojisi, modern tüketici taleplerini karşılayan ve gıda sürdürülebilirliğini destekleyen sağlıklı atıştırmalıkların geliştirilmesinde umut vadeden bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Beyanlar

Yazar Katkı Beyanı

Mustafa Hafez: Literatür taraması, ilgili kaynakların seçimi, verilerin ve bilgilerin derlenmesi, değerlendirilmesi, makalenin yazımı. Cem Baltacıoğlu: Makalenin yazımı ve bilimsel açıdan gözden geçirilmesi.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- Agarwal, S., & Chauhan, E. S. (2019). Extrusion processing: The effect on nutrients and based products. *The Pharma Innovation Journal*, 8(4), 464–470.
- Alemayehu, H., Emire, S. A., & Henry, C. (2019). Effects of extrusion process parameters on the quality properties of ready-to-eat pulse-based snacks. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), Article 1641903. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1641903>
- Al-Hassan, M., Kayali, K., & Pasha, S. I. (2024). Effect of extrusion technology on some physicochemical properties of snack foods produced from some cereals [in Arabic]. *Syrian Journal of Agricultural Research*, 11(4), 19–29. <https://agri-research-journal.net/SjarEn/wp-content/uploads/v11n4p3.pdf>
- Bozdogan, N., Kutlar, L. M., & Kumcuoglu, S. (2025). Development of gluten-free extruded snack containing lentil flour and evaluation of extrusion process conditions on quality properties. *Food Science and Nutrition*, 13(8), e70663.
- Dalbhat, C. G., Mahato, D. K., & Mishra, H. N. (2019). Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 226–240. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.001>
- Dendegh, T. A., Enefol, O. S., Akpapunam, S. O., Yelmi, B. M., & Abdullahi, M. J. B. (2023). Extrusion technology and its application in food processing – An overview. *Tropical Journal of Engineering, Science and Technology*, 1(2), 25–53. <https://tjest.org.ng/index.php/journal/article/view/85>
- Grasso, S. (2020). Extruded snacks from industrial by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.012>
- Jozinović, A., Panak Balentić, J., Ačkar, Đ., Benšić, M., Babić, J., Barišić, V., Lončarić, A., Miličević, B., & Šubarić, D. (2024). Nutritionally valuable components and heat-induced contaminants in extruded snack products enriched with defatted press cakes. *Molecules*, 29(4), 791. <https://doi.org/10.3390/molecules29040791>
- Mironeasa, S., Coțovanu, I., Mironeasa, C., & Ungureanu-Iuga, M. (2023). A review of the changes produced by extrusion cooking on the bioactive compounds from vegetal sources. *Antioxidants*, 12(7), 1453. <https://doi.org/10.3390/antiox12071453>
- Molla, M. M., Dey, B. C., Khan, M. H. H., Sabuz, A. A., Chowdhury, M. G. F., Shahinuzzaman, M., Khatun, A., Salam, M. A., Khaldun, A. B. M., Bhowmik, P., Sharp, A., Podder, R., & Ifran-Al-Rafi. (2025). Fortification of lentil chips with multiple vitamins and minerals using hot extrusion technology: Effects of moisture, extrusion temperature, conditioning, and storage techniques. *Applied Food Research*, 5(2), 101305.
- Pena, F. B., Silva, A. A., Theodoro, J. M. V., Santos, M. B., de Carvalho, C. W. P., Martino, H. S. D., & da Silva, B. P. (2025). Physicochemical, nutritional, and sensory properties of ready-to-eat whole grain bean snacks. *Food Research International*, 217, 116754. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116754>

