



Meyve ve Sebzelerin Patlatmalı Puf Kurutma Yöntemi İle Kurutulması

Özgün Köprüalan , Anıl Bodruk , Figen Ertekin 

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 23.02.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 14.02.2019

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): figen.ertekin@ege.edu.tr (F. Ertekin)

📞 0 232 388 23 95 📠 0 232 342 75 92

ÖZ

Patlatmalı puf kurutma yöntemi, ekstrüzyon teknolojisinde olduğu gibi ürüne dokusal ve duyuşsal kazanım sağlayan ve aynı zamanda ürünün raf ömrünü arttıran alternatif bir kurutma yöntemidir. 1960'lı yıllarda patlatmalı puf kurutma temelinde geliştirilen sürekli patlatmalı puf sistemi hali hazırda kullanılan patlatmalı puf sisteminin temelini oluşturmaktadır. Günümüzde bu işlem öncelikle farklı ön kurutma yöntemleriyle ürün neminin %20 civarına getirilip, sonrasında yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle kısa sürede puf edilmesi ve sonraki süreçte vakum altında kurutulması şeklinde sürekli bir sistem haline dönüştürülmüştür. Bu derlemede, patlatmalı puf kurutma ve meyve ve sebzelerde güncel patlatmalı puf kurutma uygulamaları hakkında bilgi sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Patlatmalı puf kurutma, Atıştırmalık, Dondurarak kurutma, Sıcak hava ile kurutma, ekstrüzyon

Explosion Puff Drying of Fruits and Vegetables

ABSTRACT

Explosion puff drying is an alternative drying method that provides textural and sensorial benefits to the product, like in the extrusion technology, and at the same time increases the shelf life of the product. The continuous explosive puff drying system currently in use was developed based on the puff drying system in the 1960's. Nowadays, this process is transformed into a continuous system in which the moisture content of a product is brought to about 20% by different pre-drying methods, and then puffed in a short time under the effect of high temperature and pressure and dried under vacuum in the next period. In this review, explosive puff drying and the current applications of explosive puff drying on fruits and vegetables are presented.

Keywords: Explosive puff drying, Snacks, Freeze-drying, Hot air-drying, Extrusion

GİRİŞ

Günümüzde hızlı yaşam şartları ve yoğun iş temposuna bağlı olarak gün içerisinde ana öğünler yerine atıştırmalık ürünler yaygın olarak tüketilmektedir. Bununla birlikte teknolojiye paralel olarak tüketime hazır gıdaların çeşitliliği de artmaktadır. Günümüz tüketici tercihlerinin sağlıklı gıdalara yönelmesi sonucunda tüketicilerin yağ ve karbonhidrat içeriği yüksek atıştırmalıklara alternatif olarak, besleyici özellik açısından daha nitelikli dağılım gösteren atıştırmalıkları tercih etmeye başlaması; bu alanda

faaliyet gösteren gıda sektörünü ve bu sektöre alt yapı oluşturacak bilimsel çalışmalarını hareketlendirmiştir.

Atıştırmalıklar, öğünler arasında tüketilen gıdalar olarak tanımlanmakla birlikte, hızlı ve kolay ulaşılabilir olmaları ve her yerel bölgede uygun bir atıştırmalık türüne sahip olunması sebebiyle popüler olmuşlardır. Bilinenin aksine, atıştırmalıklar sadece cipsler, bisküviler, kuruyemişler, krakerler vb. gibi ürünleri değil, çok daha farklı ve yerel ürün gruplarını da kapsamaktadır [1]. Atıştırmalık ürünlerin çoğu yüksek yağ ve şeker içerikli ve besleyici yönü düşük ürünler olarak; bir kısmı

kızartılmış, bir kısmıysa hububat kökenli, karbohidrat kaynaklı ve yağ içeren ürünler olarak piyasaya sürülmektedir [2]. Bu tip atıştırmalık ürünler genellikle ekstrüzyon ve çeşitli kurutma teknolojileri kullanılarak elde edilmektedir.

Ekstrüzyon teknolojisi günümüzde giderek popülerleşen gıda üretim yöntemlerinden biridir. Makarna, cips, kahvaltılık gevrek gibi ürünlerin üretilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda veya çok farklı formlardaki materyallere uygulanan bu yöntemde, hammaddeye bir vida veya döner bir yapıyla mekanik enerji ve/veya ısı enerjisi aktarılmaktadır. Bu durumda ilgili materyalde fiziksel ve kimyasal değişiklikler gerçekleşmektedir. Ekstrüzyon teknolojisi iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilmektedir. İlk işleme tipi; ısıtma özelliği bulandırmayan daha çok gıdaya dokusal özellik kazandırma amaçlı vida veya döner yapı içerisinde mekanik etkiyle ürünün şekil alması prensibini temel almaktadır. Bu yöntem daha çok hamur karışımları, kurabiye ve makarna formülasyonları üretiminde kullanılan bir basamaktır. İkinci işleme tipinde ise; bazı ham ürün formülasyonlarının ısıtılma ve basınç etkisiyle ürüne dönüştürülmesi gerçekleştirilmektedir. Yalnız bu işlemin bir gıda ürünü üzerinde uygulamasına rastlanmamıştır. İlk işlem sonucu ise çoğu gıda ürününün genelde ikincil bir işleme (kurutma, kızartma gibi) son ürüne dönüştürülmesi söz konusudur. Ekstrüzyon ile gıda işleme sırasında protein denatürasyonu, nişasta jelatinizasyonu, protein, yağ ve nişasta komplekslerinin gıdalarda oluşumu gibi kimyasal kökenli değişimler görülmektedir [3,4]. Ekstrüzyon yönteminde genellikle buğday ve mısır gibi karbohidrat içeren hammaddeler kullanılarak hamur kıvamında ürün işlenirken, kurutma yöntemlerinde ürünün direk hammadde olarak kullanımı sağlanabilmektedir. Atıştırmalık ürün üretiminde güneşte kurutma, sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma yaygın kurutma yöntemleri olarak kullanılmaktadır.

Sıcak havayla kurutma çok eski bir yöntem olarak günümüzde de yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Gıdadan nemin, sürekli bir sıcak hava akışı altında uzaklaştırılmasını temel alan bir prosestir. Burada, gıdada çözünen su ve gıdanın bileşimi, ortamın bağıl nemi, havanın hızı ve sıcaklığı, kurutma işleminin temel kritik parametrelerini oluşturmaktadır [5]. Geleneksel olarak güneşte kurutma işlemi ucuz olması nedeniyle çok tercih edilmesine karşın, mikrobiyal güvenilirlik açısından ve renk aroma gibi kalite kayıpları nedeniyle dezavantajlı bir yöntemdir [6]. Sıcak havanın kullanımını temel alan farklı kurutucu tipleri (tepsili kurutucu, tünel kurutucu, akışkan yatak kurutucu) de bulunmaktadır. Sıcak havayla kurutma, geleneksel (güneşte) kurutmaya alternatif olarak üretilmiş olup, mikrobiyal kontaminasyonun engellenmesi, bileşen korunumu ve kurutma süresi açısından geleneksel kurutmaya göre daha avantajlıdır. Özellikle meyve ve sebze için raf ömrünü arttırarak yeni ürün üretilmesi çalışmalarında da kullanılan bir yöntemdir. İşletme, yatırım ve enerji maliyetleri düşük olan ilgili yöntemin günümüz kurutma teknolojilerine kıyasla, ürün kalite kayıpları ve uzun kurutma süresi gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır [7,8]. Dondurarak kurutma

ise ısıya duyarlı gıdaların kurutulmasında kullanılan etkili bir yöntemdir. Yöntem gıdanın içinde bulunan suyun dondurulması ve ortamdaki basıncın düşürülerek oluşan buzun doğrudan süblimleşmesinin sağlanması olarak iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Dondurarak kurutma işleminin havasız ortamda düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi ile gıdada meydana gelecek bozulmaların önüne geçilerek raf ömrünün artması sağlanmaktadır [9]. Özellikle ısı zararının görüldüğü birçok bileşenin nitelikli bir şekilde kurutulması veya gıda içerisinde en az zarara uğraması açısından, dondurarak kurutma işlevsel bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ortamdaki suyun donmuş olması ve işlemin süblimasyon nedeniyle düşük sıcaklıklar gerektirmesi sebebiyle dondurarak kurutma yöntemi kalite korunumu açısından oldukça verimli, ancak gerek maliyeti gerekse işlemin çok uzun sürmesi yönünden dezavantajları bulunan bir kurutma yöntemidir [5,10]. Ekstrüzyon ve dondurarak kurutma teknolojilerinin dokusal ve duyuşsal kazanımlarını sağlayan, sıcak hava ve dondurarak kurutma yöntemlerinde olduğu gibi örneğin direkt kullanım avantajını da bir arada içeren alternatif bir kurutma yöntemi ise **patlatmalı puf kurutmadır**. Kozempel ve ark [11] tarafından geliştirilen bu yöntemde, sıcak havayla kurutmada büzüşen ürünün daha hızlı ve nitelikli kuruması için bal peteğine benzer puf bir yapı kazandırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu temelde yapılan denemelerde, dondurularak kurutulmuş nitelikte ürün özellikleri gözlenirken, rehidrasyon yeteneğinin ise dondurarak kurutmadan daha fazla olduğu belirtilmiştir [12].

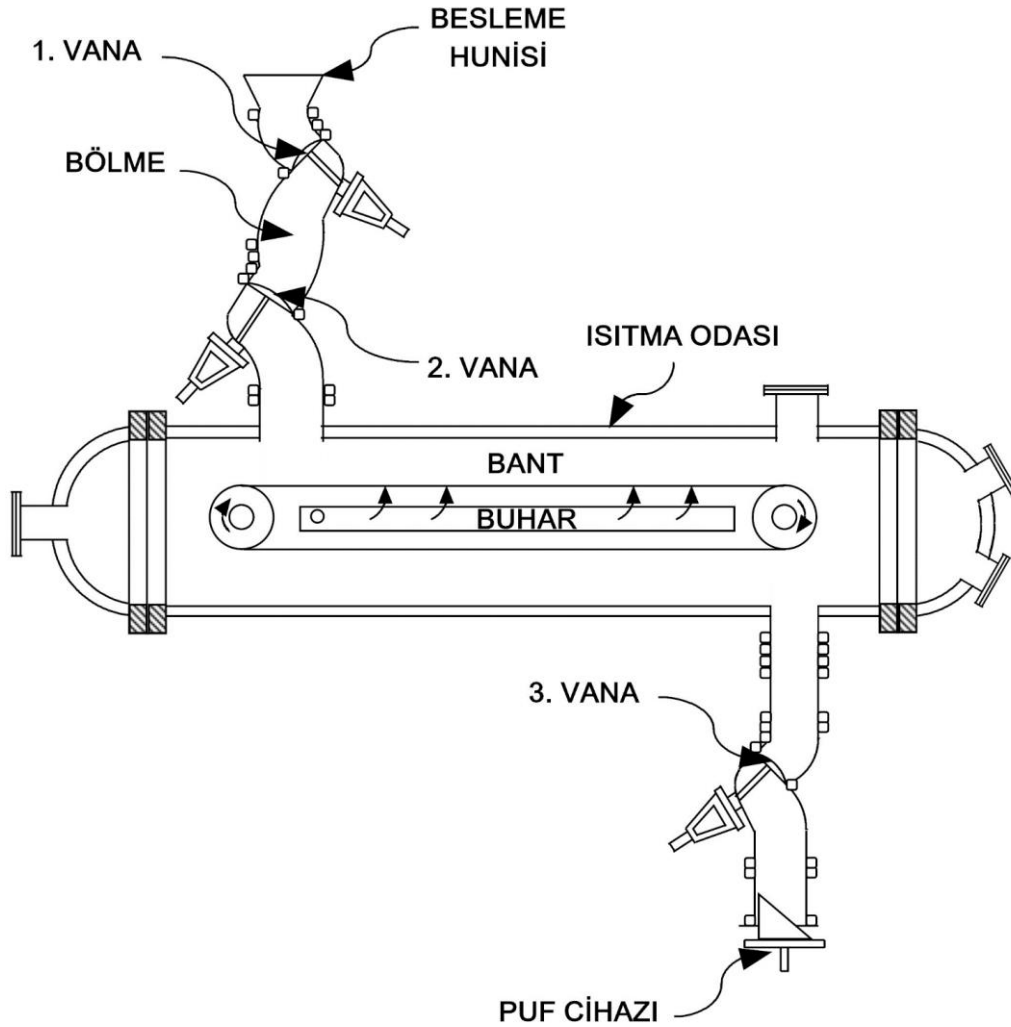
Bu derlemede, patlatmalı puf kurutma yöntemi ve bu yöntem uygulanarak elde edilmiş çeşitli meyve ve sebze atıştırmalıklarının üretim koşulları ve kalite özellikleri hakkında bilgi sunulmaktadır.

PATLAMALI PUF KURUTMA

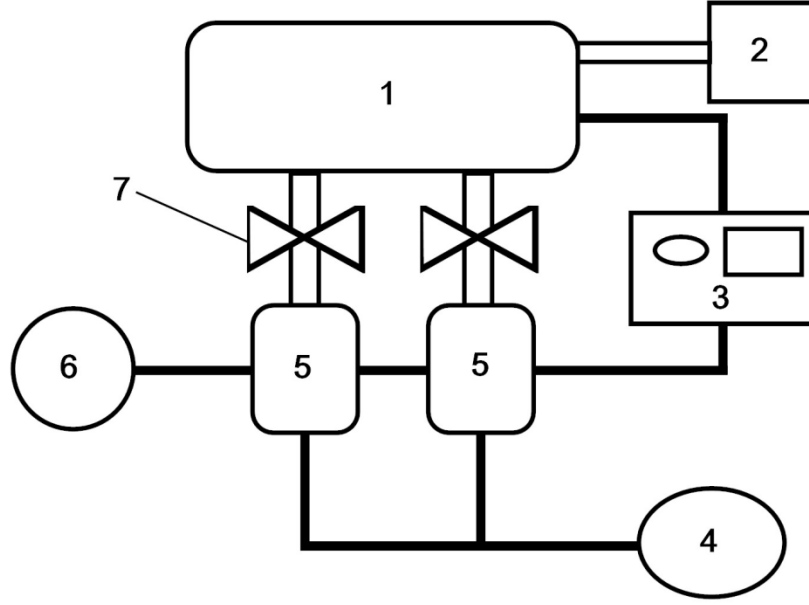
Ekstrüzyon teknolojisinin yaygınlaşmasıyla birlikte, gıdaların hem tekstürize edilmesi hem de yeni bir ürün geliştirilmesi açısından üründen nemin uzaklaştırılarak raf ömrü uzun atıştırmalık gıdaların üretimi her geçen gün artmaktadır. İlgili yöntemde özellikle gıdaların tekstürize edilmesi açısından alternatif görülen ve kullanımı günümüzde yeni yeni ilgi görmeye başlayan bir başka yöntemse Patlatmalı Puf kurutmadır [11]. Patlatmalı puf kurutma 20.yüzyılın ikinci yarısından sonra ilk kez uygulanmaya başlanmıştır. Patlatmalı puf kurutma sisteminin temel prensibi, yüksek basınç ve doymun veya kızgın buharın etkisiyle ürün dokusunun gevşetilmesi ve üründen nemin atmosferik basınçtan daha düşük basınç altında (vakum altında), olabildiğince fazla ve hızlı bir şekilde uzaklaştırılarak, aynı zamanda bal peteğine benzer gözenekli bir yapı elde edilmesidir. Puf işleminin ardından genellikle vakum kurutma yöntemiyle ürünün nem içeriği %3 veya altındaki nem değerlerine kadar düşürülebilmektedir [11,13]. 1960'lı yıllarda puf kurutma temelinde dönemin popüler atıştırmalık hammaddesi olan; patates üzerine başlayan alternatif cips ve türevi atıştırmalık ürün üretimi çalışmaları, 1970'li yıllarda bu ürünün oksidasyonunu ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını engelleyebilecek düzeye getirilmiştir [11]. Bu süreçte

özellikle ABD'deki Doğu Bölgesi Araştırma Merkezinde araştırmacıların geliştirmiş olduğu sürekli sistem patlatmalı puf sistemi bugün hali hazırda kullanımı bulunan patlamalı puf kurutucuların da temelini oluşturmaktadır (Şekil 1). Sürekli patlatmalı puf sisteminde (CEPS) öncelikle sıcak hava kurutma işlemiyle bir ön kurutma yapıp (%15-20-35 (yaş bazda) nem değerlerine kadar) sonrasında yüksek sıcaklık ve basınç (yaklaşık 100°C ve ortalama 0.4 MPa) uygulaması ve ardından tekrar sıcak hava ile kurutma işleminin gerçekleşmesi ile ürünün %6-7 nem değerine indirilmesi gerçekleştirilmiştir [13]. CEPS sistemi ile başlangıçta patates cipsi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, dilimlenen patateslerin nem içeriğinin %20-35 aralığına indirilmesi tepsili kurutucu veya bantlı kurutucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda patlamalı puf kurutma, patatesten sonra havuç ve elmanın tekstürize edilip, atıştırmalık formuna getirilmesi için kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde bu işlem öncelikle farklı ön kurutma yöntemleriyle ürün neminin %20 civarına getirilip, sonrasında yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle kısa sürede puf edilmesi ve sonraki süreçte vakum altında kurutulması şeklinde sürekli bir sistem haline dönüştürülmüştür (Şekil 2).

Patlatmalı puf kurutmanın, yapılan çalışmalar sonucunda önemli avantajları olduğu bildirilmektedir. Bunlar: tüketici talebini etkileyecek olan rengin ve aromanın çok iyi korunabilmesi, ortam sıcaklığında depolama stabilitesinin yüksek olması ve taşınma sürecindeki masrafların düşük olmasıdır [14]. Patlamalı puf kurutmanın genellikle tek başına bir kullanımı değil de, kombine bir kurutma ve tekstürize etme işlemi kapsamı, geçmiş çalışmalarda patlatmalı puf kurutma mekanizmasında çeşitli ürünlerin işlenmesi sırasında görülen kalite kayıplarından kaynaklanmaktadır. Yeni sistemlerde bu kalite kayıpları uygun kombine kurutma yöntemleriyle en aza indirilmektedir. Yeni sistemlerdeki çalışmalarda; öncelikle belli bir nem içeriğine kadar farklı yöntemlerle kurutulan ve sonrasında puf edilen ürün için temel puf nokta, ani sıcaklık yükselmesi ve basınç düşüşü etkenleriyle ürünün en az zarar göyerek tekstürize edilmesidir. Bu sebeple suyun ani buharlaşması ve gözenekli yapının oluşturulmasıyla ürüne hacim kazandırılması prensibinde geliştirilen yeni sistemler, son yıllarda puf kurutulmuş ürünlerin popülerleşmesine de katkı sağlamaktadır [15,16,17].



Şekil 1. CEPS (sürekli patlatmalı puf sistemi) [13]



Şekil 2. Patlatmalı puf kurutucu (1. Vakum odası 2. Vakum pompası 3. Kontrol paneli 4. Hava kompresörü 5. Puf odası 6. Buhar jeneratörü 7. Vakum vanası) [16]

PATLAMALI PUF KURUTMA ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Literatürde çeşitli yöresel ve evrensel nitelik kazanmış hammadde olarak kullanılan meyve ve sebzelerin patlatmalı puf kurutmaya atıştırmalık ürün formuna dönüştürülmesi ve bu süreçteki kalite parametreleri üzerine çalışmalar mevcuttur. 1977 yılında Sullivan ve ark. [13] tarafından dönemin popüler yiyeceği olan patates cipsi üretimi üzerine geliştirilen sürekli patlatmalı puf sistemi (CEPS) ile çalışmalar başlamış (Şekil 1)

ardından da havuç, elma ve yaban mersini cipsi gibi ürünler içinde bu sistem kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalarda CEPS sistemi ile sadece puf işlemi gerçekleştirilebilmekte, sistemde kurutma gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle puf işleminden sonra genellikle sıcak hava kurutma (tepsili kurutucu veya bantlı kurutucu) kullanılarak, ürünün nem içeriği %3-5 aralığına indirilmektedir. Bu alanda yapılan çalışmaların işlem koşulları ve kullanıldıkları ürünler Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Patlamalı puf kurutma yöntemi ile meyve ve sebzeler üzerine gerçekleştirilen çalışmalar

| Ürün | Ön işlem ve koşulları | Puf Kurutma koşulları | Referans |
|---------------|--|---|----------|
| Patates | Sıcak hava ile kurutma (%20-35 nem içeriğine kadar) | 163°C’de 4 farklı basınç değerinde (277, 345, 414 ve 448 kPa) 10 dakika puf işlemi ve ardından 66°C’de sıcak hava ile kurutma | [13] |
| Yaban mersini | 93.3°C sıcak buharda haşlama, 4-8 s 24°C’de hafif yıkama Buhar uygulaması Sürekli bantlı kurutucuda sıcak hava ile kurutma (82°C’de, bant hızı 0.004 m/s, hava hızı 2.4 ve 3 m/s) | 149-188°C ve 0.1-0.172 MPa aralıklarında puf kurutma ve sıcak hava ile kurutma | [14] |
| Elma | Sıcak hava ile kurutma (82°C ve 3 m/s hava hızı) | 0.06-0.124 MPa ve 155-190°C aralıklarında puf kurutma ve ardından 73.8°C’de 3 m/s hava hızında sıcak hava ile kurutma | [18] |
| Havuç | Sıcak hava ile kurutma (82.2°C’de) | 138-242 kPa ve 150-190°C aralıklarında puf işlemi ve ardından 66°C’de sıcak hava ile kurutma | [19] |
| Muz | Ozmotik kurutma (%30’luk sakkarozda 30 dakika, ürün/çözelti oranı 30:1) -Sıcak hava ile kurutma (90°C 2 m/s %30 sonuç nem) | 180, 200, 220°C ’ta 1.5; 2; 2.5 dakika Puf kurutma | [20] |
| Mango | Ozmotik kurutma (65°Brix, 30°C, 30, 60, 120 dakika) Sıcak hava ile kurutma (%30 RH, 50°C) | 95°C, 5 dakika, 0.2 MPa Puf kurutma ve 75°C 180 dakika vakum kurutma | [15] |

| | | | |
|-------------------------------|--|--|------|
| Hünnap | Sitrik asit çözeltisinde bekletme (%0.2'lik) | 90°C, 20 dakika, 0.2 MPa puf kurutma ve 80°C 2.5 saat vakum kurutma | [21] |
| Elma | Dondurarak kurutma (-80°C, 12 saat) Maltoz şurubunda bekletme (%30, 25°C, 1:5 elma/ çözelti w/w) CaCl ₂ uygulaması (0.05 mol/L CaCl ₂ , 25°C, 1:5 elma/ çözelti w/w) Pastörize süte daldırma (1:5 elma/ çözelti w/w) | 80°C, 15 dakika, 0.2 MPa puf kurutma ve 60°C 2 saat vakum altında kurutma | [16] |
| Fuji elması | Sıcak hava ile kurutma (80°C, 2 saat) | 105°C, 10 dakika, 0.3 MPa puf kurutma ve 80°C 2 saat vakum kurutma | [22] |
| Armut | Sıcak hava ile kurutma (60°C 1,2 m/s) İnfrared kurutma (75°C, 1125 W/m ²) Mikrodalga kurutma (2.2 W/g meyve) Dondurarak kurutmanın (-55°C) Vakum kurutma (65°C, 40Pa) | 90°C, 5 dakika, 0.2 MPa puf kurutma ve 65°C'ta vakum kurutma | [23] |
| Pitaya | Mikrodalga kurutma (400, 800 ve 1600 W) Sıcak hava (65°C 2.05 m/s hava hızında) | 90°C, 5 dakika, 0.2 MPa puf kurutma ve 65°C'ta vakum kurutma | [24] |
| JackFruit | Sıcak hava ile kurutma (65°C 1.2 m/s) Dondurarak kurutma (-55°C), İnfrared kurutma (75°C, 1125 W/m ²) Mikrodalga kurutma (2.2 W/g meyve) Vakum kurutma(65°C 40Pa vakum basıncında) | 90°C, 5 dakika, 1 atm (0.1 MPa) puf kurutma ve 65°C'de vakum kurutma | [25] |
| Papaya | Sıcak hava ile kurutma (70°C 1.5 m/s) Dondurarak kurutma (-55 °C) | 90°C 5 dakika, 1atm (0.1MPa) puf kurutma ve 65°C' ta vakum kurutma | [26] |
| Karadut | Sıcak hava kurutma (70°C, 2.5 m/s, 3 saat) Dondurarak kurutma (-55 °C, 0,01 kPa 12 saat) | 80°C, 5 dakika ve 0.1 MPa Puf kurutma ve 70°C 3 saat vakum kurutma | [17] |
| Mango, Pitaya ve papaya | Sıcak hava ile kurutma (65°C, 1.2 m/s hava hızı, % 12 RH) Dondurarak kurutma (0.1 kPa, -55°C mango ve pitaya 8 saat ve papaya 12 saat) | 90°C, 5 dakika, 1 atm puf kurutma ve 60°C vakum kurutma | [27] |
| Karadut | Sıcak hava ile kurutma (70°C, 2,5 m/s hava hızı) Dondurarak kurutma (-55°C, 0.01 kPa) | 80°C, 5 dakika, 1 atm basınç ve 70°C -0.1 MPa vakum kurutma | [28] |

Patates cipsi üretimi üzerine yapılan çalışmada sıcaklık sabit tutularak puf işlemi öncesi başlangıç nem değerinin (%20-35 arasında) ve puf işlem basıncının değiştirilmesi ile optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda rehidrasyon oranı ve duyuusal lezzet kriter olarak alındığında patates cipsleri için puf öncesi başlangıç nem içeriği %26 ve 345kPa puf işlem basıncı optimum işlem parametresi olarak belirlenmiştir [13]. Elma cipsi üzerine yapılan çalışmada, başlangıç nem içeriği, puf işlem basıncı ve puf işlem sıcaklığını bağımsız işlem değişkeni olarak belirlemişler ve optimizasyon gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda 95 kPa ve 168°C puf işlem koşulları ve puf işlemi öncesi %18 başlangıç nem içeriği optimum koşul olarak belirlenmiştir. Puf işleminin elmaya gözenekli bir yapı kazandırmasıyla, kurutma işleminin sıcak hava yöntemi ile yapılan kurutmaya göre 2.1 kat daha hızlı gerçekleşmesi sağlanmıştır [18]. CEPS sistemi ile havuç cipsi eldesi üzerine yapılmış başka bir çalışmada ise puf işleminin sıcak hava kurutma ile elde edilen ürünlere etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda 131 kPa, 188.6°C'de ve %31.4 puf işlemi öncesi başlangıç nem içeriği optimum koşul olarak belirlenmiş ve puf yapılmış havuç cipslerinin geleneksel sıcak hava

ile kurutmaya göre 3 kat daha hızlı kuruduğu belirlenmiştir [19]. Yaban mersini cipsi için yapılmış bir çalışmada ise, farklı ön işlem ve farklı hava hızlarında ön kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Puf işlem basıncı ve puf işlem sıcaklığı bağımsız işlem değişkeni olarak seçilmiş ve yaban mersini cipsi için optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda %18.5 puf işlemi öncesi başlangıç nem içeriği, 103 kPa puf işlem basıncı ve 190°C puf işlem sıcaklığı optimum olarak belirlenmiştir. Ön kurutma işleminde kurutma hava hızının kurutma süresine bir etkisi gözlenmemişken, sıcaklığın 93°C'den 82°C'ye düşürülmesi ile kopma oranı azalmış ve kurutmanın hızlandığı sonucuna varılmıştır [14].

2000li yıllara doğru geliştirilen patlatmalı puf kurutma sisteminde ise çeşitli meyve atıştırmalıkları üzerine çalışmalar mevcuttur. Atıştırmalık muz cipsi üretimi üzerine yapılan çalışmada ön işlem olarak farklı Brix değerlerinde sakkaroz çözeltisinde bekletmenin muz cipsi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ozmotik ön işlem uygulanan muz cipslerinin kuruma süreleri daha uzunken, renk bakımından daha az esmerleşme gözlemlenmiştir. Ayrıca sakkaroz miktarının artması muz

cipslerinin yapısının daha sıkı ve sert olmasına yol açmış, bu durumda sakkaroz miktarının azaltılması gerektiği bulgulanmıştır [20]. Zou ve ark. [15] mango atıştırmalığı üretimi üzerine yaptıkları çalışmada, ozmotik ön kurutmayla kombine edilmiş patlamalı puf kurutmanın ürün kalite özellikleri üzerine etkisini incelemişler, ozmotik ön kurutma yapılan ürünlerde çıtırılığın daha fazla, rengin taze mangoya daha yakın, su aktivitesinin daha düşük ve lezzetin daha iyi olduğunu bulgulanmışlardır. Du ve ark. [21], hünnap (Jujube) meyvesinde puf kurutma işleminin ve güneşte kurutmanın fenolik asitlere (serbest esterler, glikozitler), flavonoidlere, toplam fenolik madde içeriğine ve antioksidanlar üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda patlamalı puf kurutma işlemi yapılan hünnap örneklerinin en yüksek galial, p-hidroksibenzoik, vanillik, p-kumar, ferulik asitler, toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulgulanmıştır. Bu sonuç, patlamalı puf kurutma işleminin hünnap işleme için iyi bir seçim olduğunu belirtmektedir. Elma üzerine yapılan bir çalışmada ise, dört farklı ön işleme (dondurarak kurutma, maltoz şurubunda bekletme, kalsiyum klorür uygulaması ve pastörize süte daldırma) ek olarak, sıcak hava ile kısa süreliğine dengeleme amaçlı kurutma yapılan ve patlamalı puf kurutma işlemi uygulanan elma cipslerinin kuruma kinetikleri incelenmiş ve dondurarak kurutma ile kombine edilen sonucun en iyisi olduğu belirlenmiştir [16]. Bi ve ark. [22] yapmış oldukları bir diğer çalışmalarında ise, patlamalı puf kurutma yöntemi ile 9 farklı kökenli fuji elması cipsi elde etmişlerdir. Çalışmada ön kurutma işlemi olarak sıcak hava ile kurutmanın ardından patlamalı puf kurutma işlemi uygulanmış ve her bir elma cipsinin 16 farklı kalite özellikleri (protein içeriği, ham yağ içeriği, ham lif, indirgen şeker içeriği, C vitamini içeriği, "L", "a" ve "b" değerleri, titrasyon asitliği, genleşme oranı, çözünür katı içeriği, nem içeriği, rehidrasyon oranı, sertlik, keskinlik, üretim hızı) belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda 9 fuji elması içinde gıda endüstrisi için kalite kontrol kriterleri belirlenmiştir. Yi ve ark. [23], farklı kurutma yöntemlerinin (sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, vakum kurutma, mikrodalga kurutma ve infrared kurutma) patlamalı puf kurutma öncesi ön kurutma yöntemi olarak incelendiği çalışmaları armut cipslerinin toplam kuruma süresi, fiziko-kimyasal ve duyusal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, dondurarak kurutma ve patlamalı puf kurutma kombinasyonu ile dondurarak kurutma işlemine göre daha kısa sürede ürün elde edilmiştir. Dondurarak kurutma+patlamalı puf kurutma kombinasyonu ile elde edilen ürünlerin diğer kombinasyonlara göre kalite özellikleri açısından daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Farklı kurutma teknikleriyle kombine edilerek puf ürün elde edilen bir diğer çalışmalarında ise; mikrodalga kurutma ve sıcak hava ile kurutmanın pitaya meyvesinin fizikokimyasal özellikleri, mikro yapısı, dokusal ve rehidrasyon özelliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Patlamalı puf kurutmanın mikrodalga kurutma ile kombinasyonunun sıcak hava ile kurutma ile olan kombinasyona göre; daha iyi rehidrasyon özelliği, daha gözenekli mikro yapı ve genişleme oranı kazandırdığını tespit etmişlerdir [24]. Yi ve ark. [25] jackfruit meyve cipsinin kalite özellikleri üzerine yapmış oldukları çalışmada ise; sıcak hava ile

kurutma, dondurarak kurutma, vakum kurutma, mikrodalga kurutma ve infrared kurutma yöntemleri ile patlamalı puf kurutma yönteminin kombinasyonunu incelemişler, renk korunumu bakımından dondurarak kurutma ve mikrodalga; hacimsel özellik ve duyusal özellik bakımından dondurarak kurutmanın, rehidrasyon oranı, doku ve gözenek yapısı kalitesi yönünden de en başarılı olan kombinasyonun dondurarak kurutma ile olduğunu saptamışlar ve ilgili çalışma modeli için dondurarak kurutma patlamalı puf kurutma kombinasyonunu uygun bulmuşlardır. Lyu ve ark. [26] ise papaya meyvesi üzerine sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma ve patlamalı puf kurutma kombinasyonları uygulanarak elde edilen Papaya cipsleri ve kalite parametrelerini incelemişlerdir. Çalışmada renk değişimi, antioksidan kapasitesi, rehidrasyon kapasitesi gibi özelliklerin değerlendirilmesi sonucunda; renk korunumu, kuruma süresi ve antioksidan korunumu bakımından dondurarak kurutma ve patlamalı puf kurutmanın, ilgili meyveden cips ürünü elde etmek için oldukça uygun olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise; sıcak hava ile kurutma patlamalı puf kurutma ve dondurarak kurutma patlamalı puf kurutma işlemlerinin, mango, pitaya ve papaya meyveleri üzerinde fizikokimyasal, doku, renk, mikro yapı ve rehidrasyon özellikleri açısından karşılaştırmalı çalışması yapılmıştır [27]. Çalışmaya göre dondurarak kurutma patlamalı puf kurutma kombinasyonunun üç tropikal meyve açısından en iyi sonucu vermesi, değerli hammaddelerin işlenebilmesi açısından uygulanabilir bulunmuştur [27]. Chen ve ark. [17] ise sıcak hava ile kurutma+ patlamalı puf kurutma ve dondurarak kurutma patlamalı+ puf kurutma kombinasyonlarının; karadutun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda en iyi antosiyanin korunumu dondurarak kurutma da gözlenirken, dondurarak kurutma patlamalı puf kurutma kombinasyonunun renk korunumu, tat ve doku bakımından en iyisi olduğu belirtilmiştir. Chen ve ark. [28] karadutun fizikokimyasal, besinsel ve antioksidan etkisi üzerine sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava kurutma- patlamalı puf kurutma ve dondurarak kurutma patlamalı puf kurutma işlemleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada dondurarak kurutma-puf kurutma kombinasyonunun en iyi dokusal özellikleri ve en yüksek duyusal değerlendirme puanını aldığı bildirilmiştir. Ayrıca karadutların kuruma süreleri karşılaştırıldığında ürünlerin son neminin %7 olması için geçen süre sıcak havayla kurutma ile 9 saat, sıcak hava ile kurutma- patlamalı puf kurutma kombinasyonu ile 6 saat, dondurarak kurutma 48 saat ve dondurarak kurutma-patlamalı puf kurutma ise 15 saat olarak bildirilmiştir.

SONUÇ

Patlamalı puf kurutma, 20. yüzyılın ikinci yarısı itibariyle kullanım alanı bulan ve günümüzde de kullanımı giderek artan tekstürize etme yöntemlerindedir. İşlem maliyetinin düşüklüğü, hammaddenin direkt olarak kullanımı, işlem süresinin kısalığı ve ürün kalitesinin yüksek oluşu ve ürünlere iyi bir tekstür kazandırması açısından patlamalı puf kurutma; dondurarak kurutma, ekstrüzyon ve diğer yöntemlere göre avantajlı

görülmektedir. Günümüze kadar olan süreçte, patlamalı puf kurutmada, birçok coğrafi bölgenin meyve ve sebze ürünleri hammadde olarak kullanılmaktadır. Ürünlerin genellikle kalite özelliklerinin incelenmesi mevcutken, çalışmalarında henüz besleyici yönden yeterli değerlendirme bulunmamaktadır. Patlamalı puf kurutma ile nem içeriği düşük ve besleyici özelliği yüksek ürünlerin elde edilebileceği ve özellikle farklı tarımsal ve hayvansal çeşitliliğe sahip bir bölge olan ülkemizde bu teknoloji sayesinde, yeni ve katma değeri yüksek atıştırmalıkların üretimi açısından avantaj sağlanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Fellows, P., Hampton, A. (1992). Small Scale Food Processing: a guide to appropriate equipment. Intermediate Technology Publications, London, England.
- [2] Nor, N.M., Carr, A., Hardacre, A., Brennan, C.S. (2013). The development of expanded snack product made from pumpkin flour-corn grits: Effect of extrusion conditions and formulations on physical characteristics and microstructure. *Foods*, 2(2), 160-169.
- [3] Rizvi, S.S.H., Mulvaney, S.J., Sokhey, A.S. (1995). The combined application of supercritical fluid and extrusion technology. *Trends in Food Science and Technology*, 6(7), 232-240.
- [4] Zhang, R., Khan, S. A., Chi, J., Wei, Z., Zhang, Y., Deng, Y., Liu, L., Zhang, M. (2018). Different effects of extrusion on the phenolic profiles and antioxidant activity in milled fractions of brown rice. *LWT-Food Science and Technology*, 88, 64-70.
- [5] Ratti C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.
- [6] Göztek, S. P., İçier, F. (2017). Karbon Fiber Destekli Kabin Kurutucuda Farklı Sıcaklıklarda Elma Dilimlerinin Kurutulmasının İncelenmesi: Kurutma Karakteristikleri ve Performans Değerlendirmesi. *Akademik Gıda*, 15(4), 355-367.
- [7] Doymaz, I., Pala, M. (2002). Hot-air drying characteristics of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 331-335.
- [8] Lewicki, P.P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17(4), 153-163.
- [9] Yamashita, C., Chung, M.M.S., dos Santos, C., Mayer, C.R.M., Moraes, I.C.F., Branco, I.G. (2017). Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 256-262.
- [10] Tarafdar, A., Shahi, N.C., Singh, A., Sirohi, R. (2018). Artificial Neural Network Modeling of Water Activity: a Low Energy Approach to Freeze Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 11(1), 164-171.
- [11] Kozempel, M.F., Sullivan, J.F., Craig, J.C., Konstance, R.P. (1989). Explosion puffing of fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 54(3), 772-773.
- [12] Sullivan, J.F., Craig Jr, J.C. (1984). The development of explosion puffing. *Food Technology*, 38(2), 52.
- [13] Sullivan, J.F., Konstance, R.P., Aceto, N.C., Heiland, W.K., Craig, J.C. (1977). Continuous explosion-puffing of potatoes. *Journal of Food Science*, 42(6), 1462-1463.
- [14] Sullivan, J.F., Craig, J.C., Dekazos, E.D., Leiby, S.M., Konstance, R.P. (1982). Dehydrated Blueberries by the Continuous Explosion-Puffing Process. *Journal of Food Science*, 47(2), 445-448.
- [15] Zou, K., Teng, J., Huang, L., Dai, X., Wei, B. (2013). Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 253-259.
- [16] Bi, J., Yang A., Liu, X., Wu X., Chen, Q., Wang, Q., Lv J., Wang, X. (2015). Effects of pretreatments on explosion puffing drying kinetics of apple chips. *Food Science and Technology*, 60, 1136-1142.
- [17] Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J., Wu, X. (2017). Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 178-184.
- [18] Sullivan, J.F., Craig, J.C., Konstance, R.P., Egoville, M.J., Aceto, N.C. (1980). Continuous explosion-puffing of apples. *Journal of Food Science*, 45(6), 1550-1555.
- [19] Sullivan, J.F., Konstance, R.P., Monica, E.D., Heiland, W.K., Craig, J.C. (1981). Carrot Dehydration—Optimization Process Studies on the Explosion-Puffing Process. *Journal of Food Science*, 46(5), 1537-1542.
- [20] Tabtiang, S., Prachayawarakon, S., Soponronarit, S. (2012). Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and texture properties of banana slices. *Drying Technology*, 30(1), 20-28.
- [21] Du, L.J., Gao, Q.H., Ji, X.L., Ma, Y.J., Xu, F.Y., Wang, M. (2013). Comparison of flavonoids, phenolic acids, and antioxidant activity of explosion-puffed and sun-dried jujubes (*Ziziphus jujube* Mill.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(48), 11840-11847.
- [22] Bi, J.F., Wang, X., Chen, Q.Q., Liu, X., Wu, X.Y., Wang, Q., Yang, A.J. (2015). Evaluation indicators of explosion puffing Fuji apple chips quality from different Chinese origins. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1129-1135.
- [23] Yi, J., Zhou, L., Bi, J., Chen, Q., Liu, X., Wu, X. (2015). Impacts of Pre-Drying Methods on Physicochemical Characteristics, Color, Texture, Volume Ratio, Microstructure and Rehydration of Explosion Puffing Dried Pear Chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 863-873.
- [24] Yi, J., Zhou, L., Bi, J., Liu, X., Qinqin, C., Wu, X. (2016). Influences of microwave pre-drying and explosion puffing drying induced cell wall polysaccharide modification on physicochemical properties, texture, microstructure and rehydration of pitaya fruit chips. *LWT-Food Science and Technology*, 70, 271-279.
- [25] Yi, J., Zhou, L., Bi, J., Chen, Q., Liu, X., Wu, X. (2016). Influence of pre-drying treatments on

- physicochemical and organoleptic properties of explosion puff dried jackfruit chips. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1120-1129.
- [26] Lyu, J., Zhou, L.Y., Bi, J.F., Liu, X., Wu, X.Y. (2015). Quality evaluation of yellow peach chips prepared by explosion puffing drying. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8204-8211.
- [27] Yi, J.Y., Lyu, J., Bi, J.F., Zhou, L.Y., Zhou, M. (2017). Hot air drying and freeze drying pre-treatments coupled to explosion puffing drying in terms of quality attributes of mango, pitaya, and papaya fruit chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), 1-10.
- [28] Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J., Wu, X. (2017). Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 178-184.
-