Tıbbi Bitkilerden Çözünebilir (Instant) Çay Üretim Potansiyelleri ve Sağlık Üzerine Etkileri

Onur Tolga OKAN[1]

[1]Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maçka Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Trabzon, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9771-3255
Yazarın e-maili: onurtolgaokan@ktu.edu.tr

ÖZET

Çözünebilir (instant) çaylar, pratik ve hızlı hazırlanabilir olmalarıyla geleneksel çaylara cazip bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Bu ürünler, hem biyoaktif bileşen içerikleri sayesinde sağlık açısından önemli faydalar sağlar hem de çeşitli tat ve aromatik profilleriyle tüketicilerin ilgisini çeker. Bu çalışmanın temel amacı, çözünebilir çayların üretiminde kullanılan bitkilerin ve bu süreçte uygulanan yöntemlerin sağlık üzerindeki etkilerini incelemektir.

Çözünebilir çayların üretiminde, özellikle ekstraksiyon aşaması büyük bir önem taşır. Sıcak su ile ekstraksiyon, sık kullanılan bir yöntem olsa da, son yıllarda ultrasonik, mikrodalga destekli ve süperkritik akışkan ekstraksiyonu gibi yenilikçi teknikler de dikkat çekmektedir. Bu yenilikçi yöntemler, termal olarak kararsız bileşenlerin korunmasına olanak tanıyarak çayın biyoaktif bileşen içeriğinin daha etkin bir şekilde korunmasını sağlar. Bu aşamanın ardından gelen kurutma işlemi de çayın nihai kalitesini belirler. Püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve vakumlu kurutma gibi farklı kurutma yöntemleri, ürünün tat, aroma ve biyoaktif bileşen içerikleri üzerinde etkili olmaktadır.

Ekstraksiyon ve kurutma teknikleri sadece çayın içeriklerini değil, aynı zamanda sinerjetik etki yaratma potansiyelini de etkiler. Farklı bitkilerin belirli oranlarda bir araya getirilmesiyle hazırlanan çözünebilir çaylar, biyoaktif bileşenlerin etkinliğini artırabilir. Bu kombinasyonlar, çayların sağlık faydalarını ve antioksidan kapasitelerini güçlendirerek, tüketiciye hem sağlık açısından yararlı hem de tat açısından cazip ürünler sunar.

Sonuç olarak, çözünebilir çaylar, sağlık dostu biyoaktif bileşenleri ve modern yaşamın hızına uyum sağlamaları nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Doğru ekstraksiyon ve kurutma teknikleriyle üretilen bu çaylar, hem sağlığı destekleyen hem de duyusal olarak tercih edilen ürünler olarak, fonksiyonel gıda pazarında önemli bir yer edinmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çözünebilir çay, ekstraksiyon yöntemleri, kurutma teknikleri, biyoaktif bileşenler, antioksidan kapasitesi, fonksiyonel içecekler.,

1. GİRİŞ

Hazır çay tozu ya da çözünebilir çaylar (instant tea), birçok ülkede hızla yaygınlaşan ve tamamen çözünebilen katı ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır (Ye ve ark., 2014). Geleneksel çay demlemeye kıyasla çok daha pratik ve hızlı bir şekilde hazırlanabilmesi, hazır çayları modern yaşamın önemli bir parçası haline getirmiştir. Piyasada genellikle siyah, yeşil ve oolong çay özlerinden üretilen toz formunda çay infüzyonları şeklinde bulunan bu ürünler, yalnızca içecek olarak tüketilmekle kalmayıp, aynı zamanda gıdalara eklenerek lezzet artırıcı,

besin değerini yükseltici ve raf ömrünü uzatıcı bir bileşen olarak da kullanılmaktadır (Jin ve ark., 2023). Hazır çayların karışım (premiks) formunda piyasaya sunulabilmesi, üretim geliştirme (Ür-Ge) faaliyetlerine katkıda bulunmakta ve yeni uygulamalar için büyük bir potansiyel sunmaktadır. Farklı bitkilerin, aromaların ve bileşenlerin toz formunda bir araya getirilmesiyle sinerjik etki yaratılarak, özel amaçlara yönelik hazır çay tozu formülasyonları geliştirilebilmektedir. Bu tür fonksiyonel içecekler, biyolojik olarak aktif bileşikler içerdiği için sağlık yararları sağlamanın yanı sıra kronik hastalık riskini azaltmada yardımcı olmaktadır (Baltacı ve ark., 2024). Özellikle atletik dayanıklılığı artırmak, enerji sağlamak ve kardiyoproteksiyon, kanser önleme, sağlıklı sindirim sistemi gibi sağlık sorunlarını yönetmek amacıyla özel içecekler olarak kullanılma potansiyeline sahiptirler (Oni ve ark., 2023). Tüm bu olumlu özelliklerine rağmen başlangıçta, çayın pratik bir ürün olarak evrimi, çözünebilir kahve ile aynı hızda gerçekleşmemiştir (Someswararao ve Srivastav, 2012). Ancak küresel sağlık sorunlarının artmasıyla birlikte, sağlığı teşvik edici doğal kaynaklara olan talep de artmıştır. Bu durum, fonksiyonel gıdalar ve içeceklerin geliştirilmesine yönelik araştırmaları hızlandırmıştır (Oni ve ark., 2023). Hazır çayların üretimi ve tüketimine yönelik pazar verileri de bu ürünlerin artan önemini ve potansiyelini istatistiksel olarak yansıtmaktadır.

Çay içeceklerinin pazarlanmasının önümüzdeki birkaç yıl içinde artması beklenmekte ve muhtemelen yeni tür çay içeceklerinin üretilmesi beklenmektedir (Uzuner, 2023). Küresel hazır çay pazarı 2022 yılında 12.03 milyar ABD doları değerindeyken, 2032 yılına kadar 14.5 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir. Bu dönemde pazarın yıllık bileşik büyüme oranının %4.2 olması öngörülmektedir (Reports and Data, 2023). Benzer şekilde, başka bir rapora göre hazır çay karışım pazarının 2023 yılında 1.49 milyar dolardan, 2024 yılında 1.6 milyar dolara çıkması beklenmektedir. Bu rapora göre yıllık bileşik büyüme oranının ise %7.5 olması öngörülmektedir. Hazır çay pazarı, 2028 yılına kadar 2.15 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Research and Markets, 2024). Tahmin edilen bu büyüme, hazır içecek ürünlerine olan artan talep, yükselen harcanabilir gelirler, sağlık bilincinin güçlenmesi ve vegan ile vejetaryen diyetlere olan eğilim gibi faktörlerle desteklenmektedir. Özellikle milenyum kuşağı ve çalışan nüfus arasında 'on-the-go' ürünlere olan talebin artması, hızlı ve pratik çözümler sunan hazır çay pazarının gelir artışına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, hazır çayların sağlık üzerine etkilerinin artırılması için sadece hammadde seçimi değil, aynı zamanda üretim yöntemleri ve kullanılan tekniklerin de çayın fitokimyasal profili ve özellikleri üzerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Liu ve ark., 2021).

1.1. Ekstraksiyon ve Kurutma: Çözünebilir Çayların Kalitesini Belirleyen Aşamalar

Çözünebilir çayların üretimi; ekstraksiyon, konsantrasyon, kurutma, toz haline getirme ve eleme olmak üzere dört temel adımda gerçekleştirilir (Pelvan ve Özilgen, 2017). Geçmişte yapılan çalışmalar, hazır çayın her bir üretim aşamasında kalite ve duyusal özellikleri etkileyen mekanizmalar üzerine yoğunlaşmıştır (Jin ve ark., 2023). Ancak günümüzde çözünebilir çaylarla ilgili araştırmalar, bitkisel hammaddeden en yüksek verimi almayı hedefleyen yenilikçi üretim yöntemlerine odaklanmaktadır. Bu bağlamda, özellikle ekstraksiyon ve kurutma aşamaları büyük önem taşımaktadır. İlk aşama olan ekstraksiyon yönteminin doğru seçimi, ürünün kalitesi ve etkinliği açısından kritik bir rol oynar.

Çözünebilir çay üretiminde en büyük zorluklar, ekstraksiyon aşamasında ortaya çıkmaktadır. Genellikle tercih edilen yöntem, sıcak su ile ekstraksiyon yapılmasıdır. Ancak bitki yapraklarının, meyvelerinin veya köklerinin bu yöntemle ekstrakte edilmesi, normal çay

infüzyonuna benzer bir içeceğin elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Sinija ve ark., 2007). Sıcak su ile yapılan geleneksel ekstraksiyon yöntemleri, polifenoller ve aromatik bileşenler gibi termal olarak kararsız bileşenlerin bozulmasına yol açabilen termal işlemleri içerir. Bu durum, çayın nihai aroma, tat ve renk kalitesini olumsuz etkileyerek duyusal kalitesini düşürür (Xia ve ark., 2006). Soğuk su ile yapılan ekstraksiyon ise çay içeceğinin duyusal kalitesinde önemli bir iyileşme sağlasa da, endüstriyel uygulamalar için uzun ekstraksiyon süresi ve düşük verimlilik nedeniyle uygun değildir (Zhang ve ark., 1998). Ekstraksiyondan kaynaklı sorunların üstesinden gelmek ve bitkideki bileşenleri daha verimli bir şekilde elde edebilmek için, endüstriyel uygulamalara uyarlanabilir yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri araştırılmıştır. Son yıllarda bitkilerden nutrasötiklerin ekstraksiyonunda daha kısa ekstraksiyon süresi, daha az solvent tüketimi, daha yüksek ekstraksiyon verimi ve artan ekstrakt kalitesi gibi üstün vasıfları sebebi ile ultrasound destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu ve süperkritik akışkan ekstraksiyon (SAE) yöntemlerinin kullanımı giderek artmaktadır. Bunlardan en öne çıkanı süperkritik akışkan ekstraksiyonudur. Bu konu ile ilgili olarak literatür incelendiğinde çözünebilir siyah çay üretiminde SAE destekli yapılan ekstraksiyon sonucunda düşük sıcaklıkla çalışan bir yöntem olmasından dolayı termal olarak kararsız bileşenlerin korunmasında avantaj sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Polat, 2019). Süperkritik ekstraksiyonun etkinliği gaz halindeki karbondioksit gazının yüksek basınçta sıvı hale geldikten sonra çözücü etki göstermesinden kaynaklanmaktadır. Ultrasound destekli ekstraksiyonun temel avantajlarından biri de, SAE'de olduğu gibi yüksek sıcaklık ve uzun süreli ekstraksiyonlara kıyasla ekstraksiyon süresini önemli ölçüde kısaltmasıdır. Ultrasonik ekstraksiyonun etkinliği, sonikasyon sırasında hidrasyonun artması ve madde ile çözücü arasındaki kütle transferini kolaylaştırmasıyla açıklanmaktadır. Bu işlem, ultrasonun mekanik etkisiyle malzemenin içerisine daha fazla çözücü nüfuzunu sağlayarak iç difüzyonu ve vorteks oluşumunu artırır (Yücel ve Kaya, 2023). Mikrodalga destekli ekstraksiyonda (MAE) daha kısa ekstraksiyon süresi ve daha az enerji sağlayan yeni bir tekniktir. Tekniğin etkinliği mikrodalga yüksek sıcaklık bölgeleri oluşturur ve hücre duvarının bozulmasını kolaylaştırmasından kaynaklanmaktadır (Serdar ve ark., 2015). Bu etkinin bir sonucu olarak, aktif bileşenler çözücüye daha hızlı bir şekilde geçer. Sıcaklığa hassas bileşenlerin bu yöntemle bozunma riski olsa da, ekstraksiyon süresinin kısa olması bu etkiyi sınırlamaktadır. Nitekim, yeşil çay yapraklarından MAE ile çay polifenolleri ve kafein ekstraksiyonu yapılan bir çalışmada, ekstraksiyon süresinin sadece 4 dakika olduğu, veriminin en yüksek olduğu, bileşenlerin büyük ölçüde korunduğu ve bu sürenin oda sıcaklığında, ultrasonik ekstraksiyon ve ısı geri akış ekstraksiyonuna kıyasla çok daha kısa olduğu belirtilmiştir (Pan ve ark., 2003). Hızlandırılmış solvent ektraksiyonu (ASE)'nun etkinliği yüksek basınç ve yüksek sıcaklığa dayanmaktadır (Ahmad ve ark., 2020). Ancak yöntemde yüksek basınç ve sıcaklık olduğu için ekstrataki bileşenlerin termal degredasyon riski vardır. Bunu için sıcaklık dikkatle ayarlanmalı ve ekstraksiyon koşulları optimize edilmelidir (Ahmad ve ark., 2020). Ekstraksiyon süreci kadar kritik bir diğer aşama da kurutma işlemidir. Özellikle instant çay üretiminde, kurutma işlemi, elde edilen ekstraktın son ürün haline getirilmesi için hayati önem taşır.

İnstant çay üretiminde kurutma işlemi; püskürterek kurutma (spray dryer), dondurarak kurutma (freeze dryer) ve vakumlu kurutma olmak üzere üç temel yöntemde gerçekleştirilir. Püskürterek kurutma, sıvı ve yarı sıvı gıdalardan toz elde etmek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu yöntem, anlık yüksek sıcaklık kullanarak malzemedeki nemi hızla buharlaştırır ve yüksek kaliteli kurutma etkisi, sürekli üretim ve yüksek verim gibi avantajlar sunar (Wang ve ark., 2022). Ayrıca, püskürterek kurutma kısa ve kontrol edilebilir bir süreç

olduğundan, ürünlerin renk, aroma ve besin değerleri gibi yüksek kaliteli özelliklerini korur. Bu süreçlerde stabiliteyi sağlamak ve ürün geri kazanımını iyileştirmek amacıyla maltodekstrin, modifiye nişastalar ve arap zamkı gibi çeşitli kurutma yardımcıları ve taşıyıcı malzemeler kullanılmıştır (Alasalvar ve ark., 2013). Ancak, çay infüzyonunun instant çay tozuna dönüştürülmesi sırasında püskürterek kurutma için kullanılan yüksek sıcaklık, aroma bileşenlerinin içeriğini ve bileşimini buharlaşma, oksidasyon ve termal bozunma yoluyla değiştirebilir. Bu, püskürterek kurutmanın en büyük dezavantajıdır (Baltacı ve ark., 2024). Dondurarak kurutma işlemi ise suyun donma noktası altındaki sıcaklıklarda, vakum koşulları altında buzun süblimleşmesi prensibine dayanmaktadır (Chakraborty ve ark., 2006). Bu düşük sıcaklıklar, çayın aromasının, besin değerinin, renk, uçucu ve sıcaklığa duyarlı bileşenlerinin korunmasına yardımcı olur (Ratti, 2001). Ancak, tüm bu olumlu özelliklerine rağmen, dondurarak kurutmanın en önemli dezavantajı uzun kurutma süreleridir. Bu durum, ekonomik ve operasyonel verimlilik açısından bazı sorunları beraberinde getirmektedir (Claussen ve ark., 2007). Dondurarak kurutmanın iyi renk ve tıbbi bileşenlerde minimal değişikliklere sebep olduğu raporlanmış olsa da dondurarak kurutmanın yüksek maliyeti bu yöntemin geniş çaplı uygulamalarını engellemektedir (Jiang ve ark., 2021). Ancak, son yıllarda darbeli vakum kurutma (PVD) geliştirilen yenilikçi bir kurutma teknolojisidir. Bu teknoloji, kurutma işlemi sırasında nem transferini artırmak için kurutma odasında ardışık vakum basıncı değişikliklerinin kullanıldığı bir tekniğe dayanır. PVD işlemi sırasında, darbeli vakum oksijen eksikliği olan bir ortam yaratarak oksidasyon bozulmalarını ve kararma reaksiyonlarını en aza indirir ve kurutulmuş ürünlerin kalite özelliklerini iyileştirir (Jiang ve ark., 2021).

Bu nedenle, çözünebilir çay üretiminde ekstraksiyon ve kurutma aşamalarında kullanılan yenilikçi yöntemler, ürün kalitesinin artırılmasında ve termal olarak hassas bileşenlerin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Dünyanın çeşitli yerlerinde tıbbi özelliği bulunan ve instant (çözülebilir) çay üretimi yapılmış bitkiler materyal olarak seçilmiştir. İnstant çay üretimi yapılan bitkilere ait liste Tablo 1.'de verilmiştir. Kaynak taraması sonucu ulaşılan veriler derlenerek karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Çalışma yöntemi belirlenirken aşağıdaki ölçütler dikkate alınmıştır:

- Dünya genelinde tıbbi amaçlar ile kullanılıyor olması
- Bitkinin instant çay üretimine konu olmuş olması
- Farklı ekstraksiyon tekniklerinin uygulanabilmiş olması
- Kurutma yöntemlerinin farklılığı
- Duyusal özellikler
- Biyolojik aktif bileşen içeriği

Tablo 1. Çalışma kapsamında incelenen tıbbi bitkiler

o	Bitki	Latincesi	Kullanılan Kısmı
	Nane	*Mentha piperita* L.	Yaprak
	Kekik	*Thymus vulgaris*	Yaprak

	Kuşburnu	*Rosa canina*	Meyve
	Dağ çayı	*Sideritis stricta*	Yaprak
	-	*Codonopsis javanica L*	Kök
	Limon otu	*Cymbopogon citratus*	Yaprak
	Zencefil	*Zingiber officinale*	Kök
	Moringa ağacı	*Moringa oleifera*	Yaprak

Literatür taranırken yukarıdaki ölçütlerden en az birini karşılayan çalışmalar, incelemeye dahil edilmiştir. Bu sayede, bitkilerin tıbbi özellikleri, üretim süreçleri, kullanılan ekstraksiyon ve kurutma yöntemleri ile duyusal ve biyolojik aktif bileşen içerikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Nane (*Mentha piperita* L.) ve Kekik (*Thymus vulgaris*) bitkilerinden suda çözünebilir çay tozları üretmek amacıyla püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma tekniklerinin kullanıldığı bir yüksek lisans tezinde, püskürtmeli kurutma tekniğiyle elde edilen çay tozlarının hem yüksek antioksidan hem de fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle naneden üretilen çayların, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktiviteleri açısından, klasik demleme ve dondurarak kurutma yöntemleriyle elde edilen çaylardan daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca klasik demleye nazaran, püskürtmeli kurutmanın, bitkisel çay tozları üretiminde fonksiyonel gıda ürünleri elde etmek için etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bu, tüketiciye daha yüksek antioksidan ve fenolik içerik sunan, pratik ve sağlıklı ürünlerin üretimine olanak tanıdığı belirtilmiştir. Yapılan duyusal analiz incelemesinde ise hem nane için hem de kekik için en çok tercih edilen örnekler sırasıyla klasik demleme, dondurarak kurutma ve püskürtmeli kurutma şeklindedir (Akşit, 2013). Literatür incelemesi dondurarak kurutma yönteminin, püskürterek kurutma yöntemine nazaran hem daha verimli hem de sıcaklığa hassas bileşenleri daha iyi koruduğunu raporlamaktadır (Baltacı ve ark., 2024). Dolayısıyla bu çalışma literatür ile farklılık göstermektedir.

Başka bir çalışmada, sprey kurutma (SD) ve dondurarak kurutma (FD) yöntemleriyle hazırlanan instant kuşburnu çaylarının fizikokimyasal özellikleri, antioksidan kapasitesi, fenolik ve mineral profilleri ile duyusal özelliklerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada, FD yöntemiyle üretilen çayın veriminin (%23.75), SD yöntemine göre (%21.25) daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, FD çayının, SD çayına kıyasla daha yüksek askorbik asit içeriğine (67.2 mg/100 g) sahip olduğunu tespit etmiştir. Öte yandan, SD çayının daha fazla kırmızılık ve sarılığa sahip olduğunu rapor etmiştir. Her iki çayın mineral içeriğini analiz etmiş ve potasyumun en yüksek miktarda bulunduğunu gözlemlemiştir (FD çayında 3.083 mg/kg, SD çayında 2.837 mg/kg). FD çayının, SD çayına göre daha yüksek mineral içeriğine

sahip olduğunu saptamıştır. FD çayı, toplam fenolik içeriği (1.495 mg GAE/100 g) ve antioksidan kapasitesi açısından (TAC, FRAP ve DPPH testlerinde) SD çayına göre üstünlük göstermiştir. Ana fenolik bileşik olarak her iki çayda da protokateşuik asidin baskın olduğunu belirlemiştir. Duyusal analizde ise panelistler, aroma ve lezzet açısından FD çayını, görünüm ve renk açısından SD çayını tercih etmişlerdir. Dondurarak kurutma yöntemi daha yüksek antioksidan kapasite ve içerik elde edilmesine olanak sağlasa da, her iki kurutma yönteminin de fonksiyonel bir gıda ürünü üretmek için uygun olduğunu ifade etmiştir (Baltacı ve ark., 2024).

Dağ çayının (*Sideritis stricta)* su ekstraktının sprey kurutma yöntemiyle instant çay tozlarına dönüştürülmesi ve farklı taşıyıcı maddelerin ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, sprey kurutma işleminin etkinliğini artırmak amacıyla taşıyıcı madde olarak β-siklodekstrin (BCD), Arap zamkı (AG) ve iki farklı maltodekstrin (MD19 ve MD12) kullanılmıştır. Taşıyıcı maddelerin eklenmesi ürün verimini artırmıştır; ancak daha yüksek kurutma sıcaklıklarında (165°C) verim azalmıştır. En iyi sonuçlar 155°C'de olduğu raporlanmıştır. Taşıyıcı madde konsantrasyonunun artmasıyla toplam fenolik madde içeriğinde ve antioksidan aktivitede azalmaya neden olmuştur. Dağ çayı bitkisi için önemli uçucu bileşenlerden biri olan β-pinen korunmasında taşıyıcı maddelerden Arap zamkı (AG) ve maltodekstrinler (MD19 ve MD12), β-siklodekstrine (BCD) kıyasla β- daha etkili olduğu belirtilmiştir (Nadeem ve ark., 2011).

Codonopsis javanica L. kökünden elde edilen özütün sprey kurutma yöntemiyle çözünebilir (instant) çay üretimi incelenmiştir. Araştırmada, maltodekstrin taşıyıcı madde olarak kullanılmış ve kurutma parametreleri (taşıyıcı madde konsantrasyonu, kurutma sıcaklığı ve besleme hızı) optimize edilmiştir. Ana odak noktaları arasında ürünün nem içeriği, kurutma verimi, toplam saponin içeriği ve antioksidan aktivitesi yer almaktadır. En iyi kurutma verimi (%78.35), %30 maltodekstrin konsantrasyonu, 140°C kurutma sıcaklığı ve 300 mL/saat besleme hızı ile elde edilmiştir. Kurutma verimi, taşıyıcı madde konsantrasyonundaki artış, daha düşük kurutma sıcaklığı ve daha yüksek besleme hızı ile artmıştır. Optimal şartlarda üretilen çözünebilir çayın nem içeriği düşük (%3-5) olacak şekilde optimize edilmiştir. Elde edilen çözünebilir çayın toplam saponin içeriği %0.29, ABTS serbest radikal giderme kapasitesi ise 59.48 µgAA/g olarak bulunmuştur. Çalışma, *Codonopsis javanica* kök özütünden sprey kurutma yöntemiyle yüksek verimli çözünebilir çay üretilebileceğini göstermiştir. Ayrıca, maltodekstrin, doğal özlerin sprey kurutulmasında uygun bir taşıyıcı madde olarak belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada ise *Cymbopogon citratus* (limon otu), *Zingiber officinale* (zencefil) ve *Moringa oleifera* ekstraktlarından çözünebilir çay geliştirilmesini incelemiştir. Taze limon otu ve moringa yaprakları ile zencefil rizomlarından elde edilen ekstraktlar, liyofilizasyon işlemi ile kurutulmuş ve çözünebilir çay haline getirilmiştir. Bunlar belirli oranlarda karıştırılmış ve en optimum karışım oranı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, limon otu (%52.32), moringa (%18) ve zencefil (%29.68) kombinasyonu ile en uygun çözünebilir çay formülasyonu elde edilmiştir. Optimum formülasyonda başlıca biyoaktif bileşenler olarak linoleik asit (%29.54), ricinoleik asit (%7.49), ve 2-Propen-1-amin (%7.29) tespit edilmiştir. Bu bileşenler, hepatoprotektif, antienflamatuar, antihistaminik, hipokolesterolemik ve kanser önleyici özelliklerle ilişkilendirilmiştir. Toplam fenolik içerik (23.80 mg GAE/g), toplam flavonoid içeriği (91.24 mg RE/100 g), ve DPPH serbest radikal giderme kapasitesi (74.16 µmol TEAC/100 g) ile yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Tat (%90.87), aroma (%86.45) ve genel kabul edilebilirlik (%89.84) açısından yüksek duyusal puanlar almıştır. Bu,

ürünün tüketici tarafından olumlu karşılanacağı raporlanmıştır (Oni ve ark., 2023). Bu sonuçlar, bitkilerin birlikte kullanılmasının biyoaktif bileşenlerin ve antioksidanların etkinliğini artırabileceğini ve bu nedenle sinerjetik etki yaratabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇ

Çözünebilir (instant) çaylar, modern yaşamın gereksinimlerine uygun olarak pratiklik ve hız sunan önemli bir gıda ürünü haline gelmiştir. Hem sağlık açısından faydalı biyoaktif bileşenler içermeleri hem de çeşitli tat ve aromatik profillerle tüketiciye hitap etmeleri, bu ürünlerin küresel çay pazarında giderek artan bir ilgi görmesine yol açmıştır. Literatürde yapılan incelemeler, farklı bitkilerin çözünebilir çay formülasyonları ve üretim yöntemleriyle ilgili çeşitli yaklaşımları ortaya koymaktadır. Çözünebilir çayların üretiminde ekstraksiyon ve kurutma yöntemleri, ürünün biyoaktif bileşen içeriği, antioksidan kapasitesi ve duyusal özellikleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Sıcak su ile ekstraksiyon, bitkilerin içeriğindeki termal olarak kararsız bileşenlerin bozulmasına yol açabilirken, yenilikçi ekstraksiyon teknikleri (ultrasonik, mikrodalga destekli, süperkritik akışkan ekstraksiyonu gibi) bu bileşenlerin korunmasını sağlar. Aynı şekilde, kurutma yöntemleri (püskürterek, dondurarak ve vakumlu kurutma) de çayın nihai kalitesini belirler. Farklı bitkilerden elde edilen ekstraktların belirli oranlarda birleştirilmesiyle çözünebilir çayların biyoaktif bileşen içeriği ve antioksidan kapasitesi optimize edilebilir. Bu, bitkilerin birlikte kullanılmasının sinerjetik etkiler yaratarak fonksiyonel içeceklerin etkinliğini artırabileceğini göstermektedir. Çözünebilir çayların tüketici kabul edilebilirliği için tat, aroma ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal özellikleri kritik öneme sahiptir. Çalışmalarda elde edilen sonuçlar, doğru bitki kombinasyonlarının ve uygun üretim tekniklerinin kullanılmasıyla, hem sağlıklı hem de duyusal olarak tercih edilen ürünlerin geliştirilebileceğini göstermektedir. Çözünebilir çayların küresel pazarı, artan sağlık bilinci, yaşam tarzındaki değişiklikler ve fonksiyonel gıdalara olan talep doğrultusunda büyümeye devam etmektedir. Bu alanda yapılan araştırmalar, yeni çözünebilir çay formülasyonlarının geliştirilmesi ve pazarın genişlemesi için önemli bir temel oluşturmaktadır.

Çözünebilir çaylar, modern yaşamın hızına ayak uydurabilen, sağlık açısından faydalı ve tüketiciye çeşitli tat seçenekleri sunan ürünler olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. Ekstraksiyon ve kurutma tekniklerindeki gelişmeler, çözünebilir çayların fitokimyasal profillerini koruyarak biyoaktif bileşenlerini ve antioksidan aktivitelerini artırmayı mümkün kılmaktadır. Bu da, çözünebilir çayların hem ticari hem de sağlık açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Ahmad, R., Ahmad, N., Al-Anaki, W. S., Ismail, F. A., & Al-Jishi, F. (2020). Solvent and temperature effect of accelerated solvent extraction (ASE) coupled with ultra-high-pressure liquid chromatography (UHPLC-PDA) for the determination of methyl xanthines in commercial tea and coffee. Food Chemistry, 311.

Akşit, Z. (2013). Nane (Mentha piperita L.) ve kekik (Thymus vulgaris) bitkilerinden üretilen suda çözünebilir çayın özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat, Türkiye.

Alasalvar, C., Pelvan, E., Özdemir, K. S., Kocadagli, T., Mogol, B. A., Paslı, A. A., Özcan, N., Özçelik, B., & Gökmen, V. (2013). Compositional, nutritional, and functional

characteristics of instant teas produced from low- and high-quality black teas. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(31), 7529-7536.

Baltaci, C., Bostanci, D. E., Altintaş, R., Dalkiran, Y., Akdoğan, A., & Okan, O. T. (2024). Physicochemical properties, antioxidant capacity and sensory acceptability of instant rosehip teas prepared by spray-drying and freeze-drying methods. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 74(3), 210–220.

Chakraborty, R., Saha, A. K., & Bhattacharya, P. (2006). Modeling and simulation of parametric sensitivity in primary freeze-drying of foodstuffs. Separation and Purification Technology, 49(3), 258-263.

Claussen, I. C., Ustad, T. S., Strømmen, I., & Walde, P. M. (2007). Atmospheric Freeze Drying—A Review. Drying Technology, 25(6), 947-957.

Jiang, D., Xiao, H., Zielinska, M., Zhu, G., Bai, T., & Zheng, Z. (2021). Effect of pulsed vacuum drying on drying kinetics and quality of roots of Panax notoginseng (Burk.) F. H. Chen (Araliaceae). Drying Technology, 39(16), 2234-2251.

Jin, J. C., Liang, S., Qi, S. X., Tang, P., Chen, J. X., Chen, Q. S., Chen, Y. F., Yin, J. F., & Xu, Y. Q. (2023). Widely targeted metabolomics reveals the effect of different raw materials and drying methods on the quality of instant tea. Frontiers in Nutrition, 10, Article 1236216.

Liu, H. Y., Liu, Y., Mai, Y. H., Guo, H., He, X. Q., Xia, Y., Li, H., Zhuang, Q. G., & Gan, R. Y. (2021). Phenolic content, main flavonoids, and antioxidant capacity of instant sweet tea (Lithocarpus litseifolius [Hance] Chun) prepared with different raw materials and drying methods. Foods, 10(8), Article 1930.

Nadeem, Ş. H., Torun, M., & Özdemir, F. (2011). Spray drying of the mountain tea (Sideritis stricta) water extract by using different hydrocolloid carriers. LWT - Food Science and Technology, 44(7), 1626-1635.

Nhan, N. P. T., Vu, N. D., Thanh, L. V., Phuong, T. T. M., Bach, L. G., & Toan, T. Q. (2020). Instant tea from Condonopsis javanica L. root extract via spray drying. Foods and Raw Materials, 8(2), 385–391.

Oni, K., Uchegbu, N. N., Fasuan, T. O., & Idowu-Adebayo, F. (2023). Development of instant tea from Cymbopogon citrates, Zingiber officinale, and Moringa oleifera extracts. Journal of Food Measurement and Characterization, 17, 1735–1747.

Pan, X., Niu, G., & Liu, H. (2003). Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. Chemical Engineering and Processing, 42, 129-133.

Pelvan, E., & Özilgen, M. (2017). Assessment of energy and exergy efficiencies and renewability of black tea, instant tea, and ice tea production and waste valorization processes. Sustainable Production and Consumption, 12, 59-77.

Polat, A. (2019). Çözünebilir (Instant) Siyah Çay Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. PhD thesis, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Turkey.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. Journal of Food Engineering, 49(4), 311-319.

Reports and Data (2023). Instant Tea Market, By Product Type (Powder, Granules, and Liquid), By Distribution Channel (Offline and Online), and By Region Forecast to 2032. https://www.reportsanddata.com/report-detail/instant-tea-market.

Research and Markets (2024). Instant Tea Premix Market Report 2024. https://www.researchandmarkets.com/reports/5994956/instant-tea-premix-market-report#rela0-5996533.

Serdar, G., Demir, E., Bayrak, S., & Sökmen, M. (2016). New approaches for effective microwave-assisted extraction of caffeine and catechins from green tea. International Journal

of Secondary Metabolite, 3(1), 3-13.

Sinija, V. R., Mishra, H. N., & Bal, S. (2007). Process technology for production of soluble tea powder. Journal of Food Engineering, 82(3), 276-283.

Someswararao, C., & Srivastav, P. P. (2012). A novel technology for production of instant tea powder from the existing black tea manufacturing process. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 16, 143–147.

Uzuner, S. (2023). Ultrasonication Effects on Quality of Tea-Based Beverages. Beverages, 9(1), 1.

Wang, C., Li, J., Zhang, Y., He, Z., Zhang, Y., Zhang, X., Guo, Z., Huang, J., & Liu, Z. (2022). Effects of electrostatic spray drying on the sensory qualities, aroma profile, and microstructural features of instant Pu-erh tea. Food Chemistry, 373.

Xia, T., Shi, S. Q., & Wan, X. C. (2006). Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. Journal of Food Engineering, 74(4), 557–560.

Ye, D., Zhang, L., Sun, S., Chen, J., & Fang, T. (2014). Production of high-aroma instant tea powder using various novel technologies. Journal of Food Process Engineering, 37(3), 273-284.

Yücel, E. E., & Kaya, C. (2023). Ultrasound-Assisted Turkish Black Tea Extracts: Effect of Tannase Enzyme Supplementation on Amount of Tea Cream and Catechins. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University, 40(2), 66-73.

Zhang, W., Yang, C., & Lin, C. (1998). Studies on the effects of cold extraction on the quality of tea beverage. Food Science, 8, 24–26.