

TARÇIN, KEÇİBOYNUZU VE ZENCEFİL İLE ZENGİNLEŞTİRİLEREK ÜRETİLMİŞ KEÇİ SÜTÜ TOZLARININ ÖZELLİKLERİ

Hale Baykal¹, Kübra Karais¹, Gülşah Çalışkan Koç², Safiye Nur Dirim^{1*}

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, İzmir, Türkiye

² Alanya Hamdullah Emin Paşa Üniversitesi, Sanat Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Antalya, Türkiye

Geliş / Received: 07.04.2018; Kabul / Accepted: 08.08.2018; Online baskı / Published online: 31.08.2018

Baykal, H., Karais, K., Çalışkan Koç, G., Dirim, S.N. (2018). Tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil ile zenginleştirilerek üretilmiş keçi sütü tozlarının özellikleri. GIDA (2018) 43 (4): 716-732 doi: 10.15237/gida. GD18046

Baykal, H., Karais, K., Çalışkan Koç, G., Dirim, S.N. (2018). The properties of cinnamon, carob and ginger enriched goat milk powder enriched goat milk powder. GIDA (2018) 43 (4): 716-732 doi: 10.15237/gida. GD18046

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, sade ve farklı konsantrasyonlarda (%1-8 ağırlıkça) tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil tozu ile zenginleştirilmiş ve püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş keçi sütü tozu üretimi ve aroma maddesi tipi ve konsantrasyonunun son ürünün kalite özellikleri üzerine etkisinin incelenmesidir. Bu amaçla, kurutma hava girişi ve çıkışı sıcaklığı sırasıyla 160°C ve 80°C olarak belirlenmiş ve besleme debisi istenen hava çıkışı sıcaklığını elde edecek şekilde ayarlanmıştır. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının fiziksel, toz ve duyu özellikleri, toz ürün verimliliği ve püskürtmeli kurutucunun enerji verimliliği belirlenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının nem içeriği %2.55-4.97, su aktivitesi değeri ise 0.201-0.31 arasında değişim göstermiştir. En yüksek parlaklık değerine sade keçi sütü tozları sahipken, bunu sırasıyla zencefil, keçiyoynuzu ve tarçın içeren keçi sütü tozlarının takip ettiği gözlenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık davranışları genelde orta-kötü ve yüksek olarak bulunmuştur. Yapılan duyu değerlendirme sonucunda tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozu örneklerinin diğer örneklerle kıyasla daha çok beğenildiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Keçi sütü, Tarçın, Keçiyoynuzu, Zencefil, Püskürtmeli kurutucu

THE PROPERTIES OF CINNAMON, CAROB AND GINGER ENRICHED GOAT MILK POWDER ENRICHED GOAT MILK POWDER

ABSTRACT

The aim of this study was to produce spray-dried goat milk powder enriched with cinnamon, carob, and ginger, at different concentrations (1-8% by weight), and to determine the effects of aroma compounds and their concentrations on the quality characteristics of the product. The inlet/outlet air temperatures were set at 160/80°C. The feed flow rate was adjusted considering the desired outlet temperature. The physical, powder, and sensorial properties of the enriched goat milk powders (EGMP), and the powder yield and energy efficiency of spray dryer were calculated. The moisture content and water activity values of EGMP ranged between 2.55 - 4.97% and 0.2 - 0.3, respectively. The highest L* values were found in the following order, first the pure goat milk powders, then the EGMP with ginger, carob, and cinnamon, respectively. As a result of the sensory evaluation, the EGMP with cinnamon had the higher scores compare to the other samples.

Keywords: Goat milk, Cinnamon, Carob, Ginger, Spray dryer

* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author

✉ nur.dirim@ege.edu.tr

☎ (+90) 232 311 3012

☎ (+90) 232 311 4831

GİRİŞ

İnsan yaşamında önemli yeri olan süt, yeterli ve dengeli beslenme için gerekli olan hayvansal kaynaklı protein, yağ, laktoz, vitamin ve mineral maddeleri (kalsiyum, fosfor vb.) yeterli oranda içermektedir. Ülkemizde süt denildiğinde akla ilk olarak inek sütü gelmesine karşın koyun, keçi ve manda sütü de ülkemizde tüketilmektedir. Türkiye’de üretilen sütün %92’si inek sütü, %6.1’i koyun sütü, %1.7’si keçi sütü, %0.26’sı ise manda sütüdür (Kırıkçı, 2012).

Keçi sütü ve keçi sütü ile yapılan peynir vb. gibi ürünlere gösterilen ilgi keçi sütünün insan sağlığına olan yeni yararlı yönlerinin (asitlik düzenleyici, astım, egzama, migren, ülser, sindirim problemleri, strese bağlı uykusuzluk, kabızlık vb.) keşfedilmesiyle birlikte günden güne artış göstermektedir (Silanikove vd., 2010; Babayan, 1981). Anne sütüne en yakın özellikte olan keçi sütü, bileşiminde yer alan yağ globüllerinin çapının küçük oluşu sayesinde yağın süt içerisinde iyi dağılarak daha büyük yüzey alanı oluşturmasına ve süte homojen bir yapı kazandırılarak pankreatik lipaz aktivitesinin artmasına neden olmakta ve sindirimi kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle, sindirim güçlüğü olan hastalar ve bebeklerin beslenmesinde keçi sütü tercih edilmektedir (Uruk, 2011). Ayrıca keçi sütündeki proteinler, inek sütünde bulunan proteinlere kıyasla daha az alerjik özelliklere sahiptir. Bundan dolayı özellikle inek sütüne alerjisi olan çocuklar, çölyak hastaları ve mide bağırsak sistemi rahatsızlığı olan kişiler keçi sütü ve ürünlerine yönelmektedirler (Yaman ve Çoşkun, 2015). Ayrıca, günümüzde Amerika ve İsviçre gibi ülkelerde pek çok sabun, krem, vücut losyonu, şampuan, saç kremi vb. kozmetik ürünü keçi sütünden üretilmektedir (Ribeiro ve Ribeiro, 2010). Keçi sütü tozu Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde üretilmekte iken Avustralya, Yeni Zelanda, Tayvan, Kore ve Çin gibi ülkelerde keçi sütü tozu bebek mamalarında kullanılmaktadır (Rutherford vd., 2008).

Gıda sektöründe doğal katkı maddelerinin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte dünya üzerinde bitkilerde bulunan doğal antioksidanlara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Çoban ve Patır, 2010). Ülkemizde yaygın olarak tüketilen tarçın

üzerine yapılan araştırmalar, tarçının antimikrobiyel, antialerjik, antioksidant, antitümöral, antifungal ve kabızlığı önleyici özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca tarçın, genellikle güvenli olarak kabul edilen (Generally Recognized as Safe, GRAS) bir gıda katkı maddesi olarak kabul edilmektedir (Akarca vd., 2015). Keçi boynuzu meyvesi Türkiye’de ve dünyada yetişen şeker içeriği yüksek bir meyvedir. Zengin şeker içeriğinden kaynaklanan enerji verici özelliğinin yanı sıra yüksek miktarda diyet lifi içermesi, mineral madde ve fenolik maddelerce zengin olması gibi özellikleriyle yetişkin ve çocuk beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Pazır ve Alper, 2016). Baharat ve tıbbi bitki olarak kullanılan zencefilin ise sindirime yardımcı, mide bulantısını giderici, diş ağrısına karşı, romatizmal etkili ve solunum düzenleyici olarak kullanım alanları bulunmaktadır (Kaplan, 2005).

Literatür araştırması sonucunda, konsantre keçi sütünün ağır kokusundan kaçınmak amacıyla karışık meyve aroması eklenip keçi sütü tozu elde edildiği bir çalışmaya rastlanılmış (Reddy vd., 2014), ancak keçi sütünün tarçın, keçi boynuzu ve zencefil ile zenginleştirilerek keçi sütü tozu elde edildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan bu çalışmada, genellikle süt ve sütlü tatlılarda tercih edilen tarçın, keçi boynuzu ve zencefil, keçi sütüne ilave edilerek keçi sütünün antioksidan, antimikrobiyel ve lezzet özelliklerini zenginleştirmek, keçi sütü tüketimini arttırmak ve instant bir ürün olan keçi sütü tozu üretimi ile stabil, kullanımı, taşınması, depolanması ve muhafazası kolay bir ürün eldesi hedeflenmiştir. Ayrıca üretilen zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının, hazır kek, salep ve muhallebi karışımlarında, bebek mamalarında, ve instant süt tozu olarak kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda sade ve farklı konsantrasyonlarda tarçın, keçi boynuzu ve zencefil tozu ile zenginleştirilmiş ve püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş keçi sütü tozu üretimi ve aroma maddesi tipi ve konsantrasyonunun son ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, keçi boynuzu, tarçın ve zencefil ilavesinin toz ürün verimliliği (%) ve püskürtmeli kurutucunun enerji verimliliği üzerindeki etkisinin incelenmesi ve farklı katkılarla

zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin belirlenmesi de çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Keçi sütleri (Baltalı Gıda Hayvancılık San. ve Tic. Ltd. Şti.) ve aroma maddesi olarak kullanılan tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil tozları (Hacıoğlu Baharat, İzmir, Türkiye) İzmir’de yerel bir marketten temin edilmiştir.

Yöntem

Tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil tozları ön denemelerle belirlenen oranlarda (%1, %2, %4 ve %8 ağırlık: ağırlık, (a:a)) keçi sütüne ilave edilerek 5 dakika süreyle manyetik karıştırıcı (Wise Stir, MSH- 20A, Kore) ile karıştırılmış ve kaba filtre kağıdından (Whatman No:1) süzülmüştür. Sade ve zenginleştirilmiş keçi sütleri püskürtmeli kurutucuda (Niro- Atomizör Mobile Minor, Kopenhag, Danimarka) ayarlanan hava giriş (160°C) ve çıkış (80°C) sıcaklıklarında, iki tekrar olacak şekilde kurutulmuştur. Besleme debisi istenen hava çıkış sıcaklığını elde edecek şekilde ayarlanmıştır. Kurutma işlemi boyunca keçi sütleri manyetik karıştırıcı (Wise Stir, MSH- 20A, Kore)

kullanılarak sabit hızda karıştırılmış ve karışımın homojenliğini kaybetmemesi sağlanmıştır.

Püskürtmeli kurutma işlemi sonunda elde edilen toz ürünlerde üç paralel olacak şekilde aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan aroma maddeleri olan tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil tozlarının fiziksel ve toz ürün analizleri de bu çalışma kapsamında yapılmıştır.

Kurutma denemelerinde enerji tüketim etkinliğini belirlemek amacıyla cihaza bağlı elektrik sayacı (Köhler, AEL. TF.04, Türkiye) kullanılarak kurutma çalışmaları süresince kurutucunun elektrik tüketimleri takip edilmiştir. Kurutucuların enerji verimliliği genellikle, özgül nem uzaklaştırma hızı (SMER: Specific Moisture Extraction Rate (kg/kWh)), kurutucudan birim zamanda uzaklaştırılan nem kütlesi (MER: Moisture Extraction Rate (kg/h)) ve örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı (SEC: Specific Energy Consumption (MJ/kg)) olarak belirlenmektedir (Jindarat vd., 2011, Chua vd., 2002), Keçi sütü tozlarının SMER, MER ve SEC değerleri aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1-3).

$$SMER = \frac{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi (kg su)}}{\text{Toplam enerji tüketimi (kWh)}} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$MER = \frac{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi (kg su)}}{\text{Kuruma süresi (h)}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$SEC = \frac{\text{Sisteme giren toplam enerji (MJ)}}{\text{Üründen uzaklaştırılan nem kütlesi (kg su)}} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Toz ürün verimi; elde edilen toz ürün miktarının, zenginleştirilmiş keçi sütünün suda çözünür kuru

madde içeriğine oranlanmasıyla hesaplanmış ve sonuçlar yüzde olarak verilmiştir (Eşitlik 4).

$$\text{Verim} = \frac{\text{Keçi sütü tozu (kg)}}{\text{Keçi sütünün kuru madde miktarı (kg)}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Keçi sütlerinin suda çözünür kuru madde içeriği (°Briks) Worldbest (Fg 108, Türkiye) marka el tipi refraktometre ile ölçülmüştür. Nem içeriği AOAC (2005) yöntemine göre, su aktivitesi değeri

ise ± 0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo AG 400, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri Konica Minolta Chroma Meter CR- 400, Japonya renk cihazı

kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplamalarda CIE Lab (L*, a* ve b*) renk skalası kullanılmıştır. Tüm ölçümler 6 paralel şekilde olup, ortalama değerleri alınmıştır. Toplam renk değişimi (ΔE),

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Eşitlik 5})$$

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eşitlik 6})$$

$$\text{Hue}(\text{°}) = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

Keçi sütü tozunun yığın ($\rho_{\text{yığın}}$) ve sıkıştırılmış yığın ($\rho_{\text{sıkıştırılmış}}$) yoğunluğu, akabilirlik (Carr İndeks (CI), Eşitlik 8), yapışkanlık (Hausner

$$CI = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}} - \rho_{\text{yığın}}}{\rho_{\text{yığın}}} * 100 \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$HR = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}}}{\rho_{\text{yığın}}} \quad (\text{Eşitlik 9})$$

Tüketici kullanımları göz önüne alınarak zenginleştirilmiş keçi sütü tozları (%4 konsantrasyonda tarçın, keçi boynuzu ve zencefil tozu içeren) başlangıç nem içeriğine sulandırılarak keçi sütleri elde edilmiş ve zenginleştirilmiş keçi sütlerinde duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; yarı eğitilmiş 20 panelistle puanlama testi yapılarak (1 (en düşük), 5 (en yüksek)), zenginleştirilmiş keçi sütlerinin renk, koku, görünüş, kıvam ve genel beğeni özelliklerini beğeni derecelerine göre puanlamaları istenmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005). Panelistlere sütler ile detaylı bilgi (hangi tip süt ve katkı maddesi kullanıldığı, süt tozunun sulandırılarak hazırlandığı vb.) verilmemiş ve sütlerle ilgili genel yorumları sorgulanmıştır. Duyusal panelde kullanılan sütler, farklı aromalarla zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının sulandırılmasıyla hazırlandığı için, renk olarak kurutma işlemiyle gerek sütte gerekse ilave edilen aromalar nedeniyle koyu renk

doymunluk (Kroma, C) ve Hue Açısı (°) değerleri eşitlik 5-7 kullanılarak hesaplanmıştır (Pathare vd., 2013).

Oranı (HR), Eşitlik 9) ve dağılılırılık (%) değerleri Jinapong vd. (2008)'e göre higroskopite değeri (%) ise Cai ve Corke (2000) tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmiştir.

oluşumu, koku olarak; kurutma işlemiyle gerek sütte gerekse ilave edilen aromalar nedeniyle yanık/pişmiş ve acımsı tat oluşumu, görünüş olarak; tozların homojen bir şekilde karışabilirliği ve kurutma işlemiyle gerek sütte gerekse ilave edilen aromalar nedeniyle koyu renk oluşumu, kıvam olarak; tozlar başlangıç nem içeriğine sulandırılrsa da süttten beklenen kıvamın sağlanıp sağlanmadığı gibi sorulara cevap aranırken, sonuç olarak ise panelistlerin farklı aromalarla zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarından üretilen sütleri beğenip beğenmediği sorgulanmıştır.

Deney sonuçları ortalama \pm standart sapma olacak şekilde kaydedilerek SPSS 16.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ile %95 güven aralığında varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Zenginleştirilmiş keçi sütleri ısı uygulanmasından kaynaklanabilecek kayıplara (lezzet, aroma, bileşen vb.) neden olmamak amacıyla herhangi bir konsantrasyon işlemi ve kurutma ajanı kullanmaksızın püskürtmeli kurutucuya beslenmiş ve yanma/yapışma olmadan başarılı bir şekilde kurutulmuştur. Keçi sütü tozları çoğunlukla kollektöre ulaşmış, siklon seperatör ve kurutma kabininde kalan tozlar bir fırça yardımıyla toplanmıştır. Keçi sütü tozları oda sıcaklığına

soğutularak tartılmış ve alüminyum polietilen ambalaj malzemesiyle ambalajlanarak analizlere dek desikatörün içinde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Kurutma işlemi sırasında katkı maddesi olarak kullanılan tarçın, keçiboynuzu ve zencefil tozlarının fiziksel ve toz ürün özellikleri nihai ürün özelliklerini de etkileyeceği düşüncesi ile belirlenmiş ve analizlerin sonuçları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Tarçın, keçiboynuzu ve zencefil tozlarının fiziksel ve toz ürün özellikleri
Table 1. The physical and powder properties of cinnamon, carob, and ginger powders

	Tarçın Tozu (Cinnamon Powder)	Keçiboynuzu Tozu (Carob Powder)	Zencefil Tozu (Ginger Powder)
Nem içeriği (%) Moisture Content (%)	8.80±0.830 ^b	7.74±0.211 ^a	8.46±0.161 ^b
Su Aktivitesi (a _w) Water Activity (a _w)	0.521±0.03 ^b	0.534±0.01 ^c	0.500±0.02 ^a
L*	54.54±0.840 ^a	60.59±0.169 ^b	81.45±0.173 ^c
L*			
a*	15.38±0.332 ^c	9.74±0.087 ^b	1.41±0.083 ^a
a*			
Renk Değerleri Color Values	b*	26.63±0.227 ^a	29.05±0.570 ^b
	b*		
Kroma (C) Chroma (C)	36.94±0.141 ^b	28.36±0.242 ^a	29.08±0.573 ^a
Hue Açısı (°) Hue Angle (°)	1.14±0.011 ^a	1.22±0.001 ^b	1.52±0.002 ^c
Yığın Yoğunluğu (kg/m ³) Bulk Density (kg/m ³)	564.29±97.61 ^c	443.51±27.91 ^b	301.21±4.51 ^a
Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu (kg/m ³) Tapped Density (kg/m ³)	623.68±107.00 ^c	548.41±1.58 ^b	499.47±5.03 ^a
Akabilirlik (Carr İndeks, CI) Flowability (Carr Index, CI)	9.52±0.00 (Çok İyi) ^a	19.14±4.86 (İyi) ^b	39.69±0.30 (Kötü) ^c
Yapışkanlık (Hausner Oranı, HR) Cohesiveness (Hausner Ratio, HR)	1.11±0.00 (Düşük) ^a	1.24±0.07 (Orta) ^b	1.66±0.01 (Yüksek) ^c
Dağılılabirlik (%) Dispersibility (%)	23.52±2.23 ^a	65.43±2.06 ^c	54.59±3.52 ^b

^{a-c} Örnekler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P < 0.05).

^{a-c} Show the significant differences between the samples (P < 0.05).

En yüksek nem içeriği, a*, b* ve kroma, yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluk değerleri tarçın tozunda, su aktivitesi ve dağılılabirlik değerleri keçiboynuzu tozunda ve L*, Hue Açısı, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri ise zencefil tozunda gözlenmiştir. Literatürde tarçın, keçiboynuzu ve zencefil tozu üzerine yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Tarçın, keçiboynuzu ve zencefilin

türlerine ve kurutma yöntemine bağlı olarak fiziksel ve toz ürün özellikleri değişiklik göstermektedir. Barnwal vd. (2014) yaptıkları çalışmada tarçın çubuklarının nem içeriğini %10.6 (kuru bazda) olarak bulmuşlardır. Yousif ve Alghzawi (2000) tarafından yapılan bir çalışmada kavrulmamış keçiboynuzu tozunun nem içeriği ve su aktivitesi değerini sırasıyla %11.7 ve 0.45 olarak

bulunmuştur. Dilimlenmiş zencefillerin (10-15sn kaynayan suda haşladıktan sonra %0.2'lik potasyum metabisülfid solüsyonuna 5 dak süreyle daldırılmıştır) gölgede (oda sıcaklığında), güneşte, fırında ($50\pm 5^\circ\text{C}$ de 6-8 saat) ve mikrodalga fırında (800 Watt, 3-4 dak) kurutulduğu bir çalışmada elde edilen zencefil tozlarının nem içeriğinin sırasıyla %5.4, %4.9, %5.4 ve %5.6 olduğu saptanmıştır (Sangwan vd., 2014).

Enerji tüketiminin belirlenmesi, püskürtmeli kurutma işleminin geliştirilmesi ve enerji ve kütle denklıklarının hesaplanarak kurutma koşullarının anlaşılması için önemlidir. Püskürtmeli kurutma

işleminde enerji tüketimini, işlem koşulları (hava giriş/çıkış sıcaklığı, atomizör hızı ve/veya basıncı vb.) ve besleme özellikleri (konsantrasyon, akış hızı vb.) etkilemektedir. Tarçın tozu, keçiyoynuzu tozu ve zencefil tozu ile zenginleştirilmiş keçi sütlerinin (sırasıyla TKKS, KKKS ve ZKKS) kurutulması için püskürtmeli kurutucuda ürün besleme miktarı sabit tutulmuş (500g) ve tüketilen enerji elektrik sayacı ile elektrik tüketimi olarak kWh cinsinden ölçülerek SMER, MER ve SEC değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 2'de farklı aromalarla zenginleştirilmiş keçi sütlerinin kurutulması için hesaplanan SMER, MER ve SEC değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. Püskürtmeli kurutucunun SMER, MER ve SEC değerleri
Table 2. The SMER, MER, and SEC values of spray dryer

Örnek Sample	Konsantrasyon (%)	SMER (kg su/kWh)	MER (kg su/h)	SEC (MJ/kg su)
	Concentration (%)	SMER (kg water/kWh)	MER (kg water/h)	SEC (MJ/kg water)
TKKS	1	0.24±0.00 ^{bx}	0.75±0.11 ^{ax}	15.21±0.09 ^{bx}
	2	0.23±0.00 ^{bx}	0.82±0.02 ^{ax}	15.42±0.01 ^{cy}
	4	0.26±0.00 ^{cz}	1.08±0.14 ^{ax}	13.67±0.10 ^{ax}
	8	0.22±0.00 ^{ay}	0.85±0.16 ^{ax}	16.37±0.05 ^{dx}
KKKS	1	0.26±0.00 ^{dy}	0.75±0.28 ^{ax}	14.11±0.00 ^{ax}
	2	0.24±0.00 ^{by}	1.00±0.20 ^{ax}	15.11±0.13 ^{bx}
	4	0.25±0.00 ^{cy}	0.80±0.09 ^{ax}	14.63±0.00 ^{cx}
	8	0.21±0.00 ^{ax}	1.13±0.41 ^{ax}	17.50±0.00 ^{dy}
ZKKS	1	0.26±0.00 ^{cz}	1.07±0.15 ^{ax}	13.84±0.04 ^{ax}
	2	0.24±0.00 ^{bey}	1.09±0.24 ^{ax}	14.78±0.01 ^{ax}
	4	0.22±0.00 ^{abz}	0.99±0.25 ^{ax}	16.56±0.01 ^{aby}
	8	0.20±0.03 ^{ax}	1.14±0.56 ^{ax}	18.38±2.43 ^{bz}

^{a-d} Aynı aroma maddesinin farklı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

^{x-z} Farklı aromaların aynı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

^{a-d} Show the differences between the concentrations of the same aroma compound ($P < 0.05$).

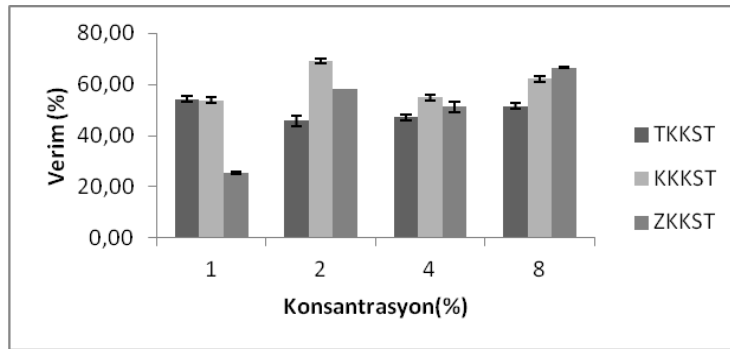
^{x-z} Show the differences between the aroma compounds at the same concentration ($P < 0.05$).

Tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil konsantrasyonunun artmasıyla birlikte genel olarak MER ve SEC değerleri artmış, SMER değerleri ise azalmıştır. Farklı aromaların ve konsantrasyonların SMER ve SEC değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0.05$), MER değerlerindeki artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0.05$). SMER değerlerindeki azalış ve SEC

değerindeki artışın beslemenin kuru madde içeriği arttıkça üründen uzaklaşan su miktarının azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zenginleştirilen keçi sütü tozları için hesaplanan SEC değerleri, püskürtmeli kurutucular için belirlenen SEC değer aralığı olan 3 ile 20MJ/kg su aralığında yer almaktadır (Baker ve McKenzie, 2005).

Sade keçi sütünün suda çözünür kuru madde miktarı 9.8°Briks olarak ölçülmüş ve zenginleştirilmiş keçi sütlerinin suda çözünür kuru madde miktarlarının 10.0 ile 15.6°Briks arasında değiştiği belirlenmiştir. Tarçın tozu ile zenginleştirilmiş keçi sütlerinin suda çözünür kuru madde miktarları 10.2-15.6°Briks, keçiyoynuzu tozu ile zenginleştirilmiş keçi sütlerinin suda çözünür kuru madde miktarları 13.1-15.6°Briks, zencefil tozu ile zenginleştirilmiş keçi sütlerinin suda çözünür kuru madde miktarlarının ise 10.0-10.4°Briks arasında olduğu belirlenmiştir. Sütlerin

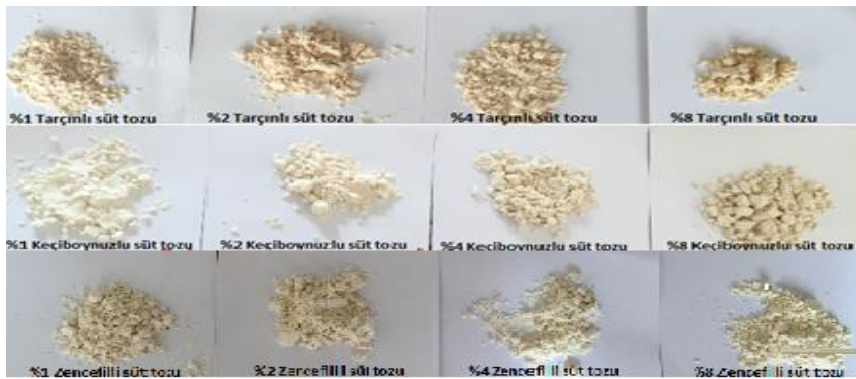
suda çözünür kuru madde içeriği artan konsantrasyona bağlı olarak artmıştır ($P < 0.05$). En yüksek suda çözünür kuru madde içeriğine keçiyoynuzu tozu içeren sütlerde rastlanmıştır. Bu durumun keçiyoynuzunun süt içerisindeki çözünürlüğünün yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarçın (TKKST), keçiyoynuzu (KKKST) ve zencefil (ZKKST) tozları ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının Eşitlik 4'e göre hesaplanan toz ürün verimi değerleri (%) değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının toz ürün verimi değerleri (%)
Figure 1. The powder yield (%) of enriched goat milk powders

Sade keçi sütü verimi zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarına göre daha yüksek (%86.80) bulunmuştur. Konsantrasyon artışı ile verimde düzenli bir artış gözlenmemiştir. Zenginleştirilmiş sütlerde en yüksek toz ürün verimine genel olarak keçiyoynuzu tozu içeren süt tozlarında rastlanılmıştır. Namhong (2009) yaptığı çalışmada, evapore (60°C, 30dk) edilmiş keçi sütünü püskürtmeli kurutucuda kurutmuş (180/85°C,

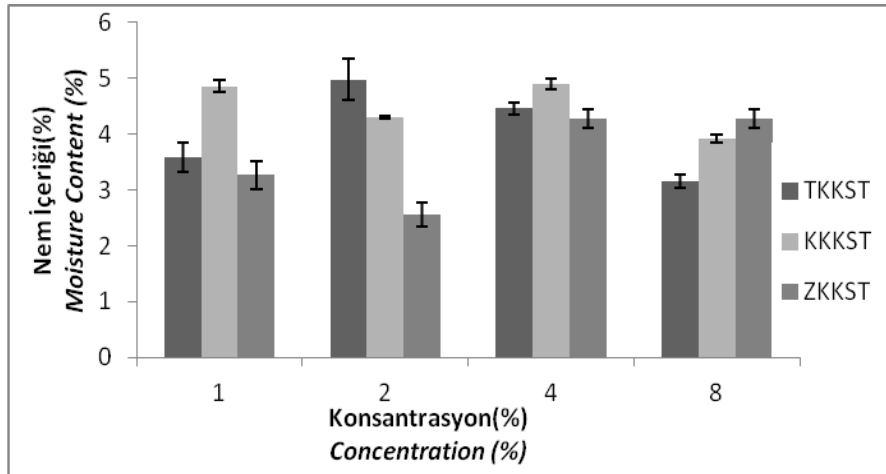
185/85°C, 200/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 55°C) besleme sıcaklığı ve elde edilen keçi sütü tozu veriminin %82.10 ile %88.48 arasında değiştiğini belirtmiştir. Yapılan bu çalışmada sade keçi sütü için elde edilen toz ürün verimi Namhong (2009) sonuçlarıyla uyum içerisindedir. Gerçekleştirilen kurutma çalışmaları sonunda elde edilen zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozu örnekleri
Figure 2. Samples of enriched goat milk powders

Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının nem içeriği (% , yaş bazlı, yb) Şekil 3’de verilmiştir. Sade keçi sütü tozunun nem içeriği ise 3.05 ± 0.01 olarak bulunmuştur. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının nem içeriği sade keçi sütü tozuna kıyasla %2 konsantrasyonlu ZKKST dışında genellikle daha yüksek bulunmuştur. Keçiboynuzu ve zencefil içeren keçi sütü tozlarının nem içeriği artan kuru madde içeriğine bağlı olarak genellikle önce azalmış (%1’den %2 konsantrasyona), daha sonra ise artmıştır ($P < 0.05$). Bu durumun yüksek besleme kuru madde içeriklerinde, yüksek besleme hızından kaynaklı olarak sıcak hava ile yetersiz temas sonucu olduğu düşünülmektedir. En yüksek nem içeriği değerlerine, nem içeriği en yüksek olan (Çizelge 1) tarçın tozu içeren süt tozlarında rastlanmıştır. Çalışma kapsamında

kullanılan katkı maddelerinin kimyasal yapısındaki farklılıklarının (şeker ve lif içeriği vb.) ve süt içerisinde gösterdiği farklı davranışların (jel oluşturma, dibe çökme, yüzeyde kalma vb.) elde edilen keçi sütü tozlarının nem içeriğindeki farklılığın nedeni olduğu düşünülmektedir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Koyulaştırılmış Süt ve Süttozu Tebliği’ne göre süt tozu son ürün nem içeriği en fazla %5 olarak belirlenmiştir (Anonim, 2013). Ayrıca Reddy vd., (2014)’te yaptığı çalışma sonucunda püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş keçi sütü tozunun nem içeriğinin 4.08 ± 0.14 olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda sade ve zenginleştirilmiş keçi sütü tozları için elde edilen nem içeriklerini literatürde belirtilen değere uygun olduğu saptanmıştır (Reddy vd., 2014).



Şekil 3. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının nem içeriği değerleri (% , yaş bazlı)

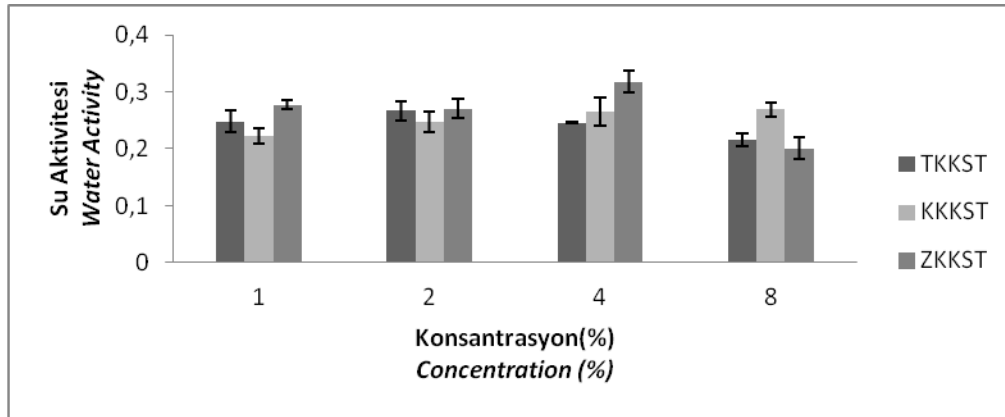
Figure 3. Moisture content (% , wet basis) of enriched goat milk powders

Su aktivitesi bir gıda maddesindeki serbest suyun varlığının bir ölçüsüdür. Genellikle su aktivitesi 0.6’nın altında ise gıda mikrobiyolojik olarak kararlı kabul edilmektedirler. Su aktivitesi püskürtmeli kurutucu ile elde edilen toz ürünlerin raf ömrünü önemli ölçüde etkileyen bir indekstir (Quek vd., 2007). Yapılan çalışmalarda elde edilen keçi sütü tozlarının su aktivitesi değerleri Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde su aktivitesi değerlerinin 0.201 ile 0.318 arasında değiştiği gözlenmektedir. Sade keçi sütü tozunun su aktivitesi değeri ise 0.309 ± 0.023 olarak bulunmuştur. Sade keçi sütünün su aktivitesi değeri, zenginleştirilmiş keçi sütlerinin su

aktivitesi değerleri ile kıyaslandığında; zenginleştirilmiş keçi sütlerinin su aktivitesi değerlerinin sade keçi sütü tozlarına oranla genel olarak daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Tarçın ve zencefil tozu içeren keçi sütü tozlarının su aktivitesi değerleri genel olarak artan konsantrasyona bağlı olarak azalma eğilimi gösterirken (%2 konsantrasyonda tarçın tozu ve %4 konsantrasyonda zencefil tozu içeren tozlar hariç), keçiboynuzu tozu içerenlerin ise artma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir ($P < 0.05$). Bu durumun keçiboynuzunun yüksek su tutma kapasitesinden ya da yüksek şeker içeriğinden (%45 toplam şeker, %13.6 indirgen şeker ve

%31.4 indirgenmeyen şeker içeriği, (Yousif ve Alghzawi, 2000)) kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Yüksek şeker içeriğine bağlı olarak düşük camısı geçiş sıcaklığı nedeniyle keçiyoynuzu, sütlerin kurutulması sırasında daha nemli bir ürün oluşmasına neden olmuş olabilir. Keçiyoynuzunun yüksek lif içeriği (%10.99 lif içeriği, (Yousif ve Alghzawi, 2000) ve kullanılan diğer tozlara kıyasla daha küçük partikül boyutuna sahip olması, keçi sütü tozlarının su tutma kapasitesini etkilediği düşünülmektedir. Keçiyoynuzu yapısında yüksek miktarda bulunan lifler suyu hapsederek nem içeriği ve su aktivitesi yüksek toz ürün oluşumuna neden olmuş olabilir. Ayrıca, kullanılan aroma maddelerine kıyasla yüksek su aktivitesi değerine sahip keçiyoynuzu tozlarının ilavesiyle elde edilen süt tozlarının su aktivitesi değerlerinin artan konsantrasyona bağlı

olarak artması beklenen bir sonuçtur. Benzer bir biçimde, Namhong (2009) yaptığı çalışmada (185/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı 55°C), besleme sıcaklığı keçi sütü tozunun su aktivitesi değerinin 0.27 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Reddy vd. (2014) yaptıkları çalışma sonucunda püskürtmeli kurutucuda kurutulan (160/85°C, 170/85°C ve 180/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 18rpm besleme akış hızı, 2100rpm hava akış hızı ve %35-45 konsantrasyon) karışık meyve aromalı keçi sütü tozu su aktivitesi değerinin 0.16 ile 0.23 arasında değiştiğini belirtmiştir. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının su aktivitesi değerlerinin güvenli depolama için belirtilen değere uygun olduğu sonucuna varılmıştır (<0.3, Quek vd., 2007)



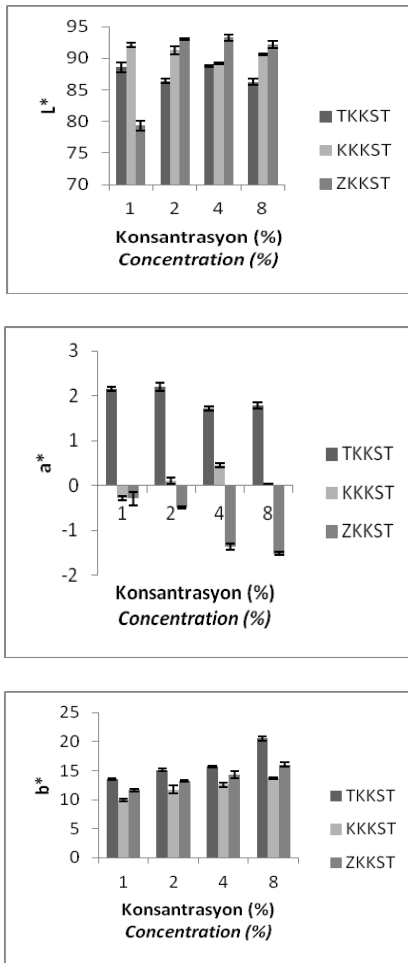
Şekil 4. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının su aktivitesi değerleri

Figure 4. Water activity values of enriched goat milk powders

Yapılan kurutma çalışmasında elde edilen sade keçi sütü tozunun; L* değeri 90.98 ± 0.65 , a* değeri -1.78 ± 0.13 ve b* değeri 8.67 ± 0.25 olarak bulunmuş, zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının renk değerleri ise Şekil 5'de gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sade keçi sütü tozlarının L* değerleri, zenginleştirilmiş keçi sütlerinin L* değerleri ile kıyaslandığında; tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının L* değerinin sade keçi sütü tozuna göre daha düşük, zencefil ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının L* değerlerinin ise sade keçi sütü tozlarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Keçi sütü tozlarının parlaklık değerleri incelendiğinde, kullanılan aroma maddelerinin etkisiyle keçi sütü

tozlarının en düşük L* değerlerinin tarçın tozu katkılı örneklerde gözlemlendiği ve toz örneklerin L* değerlerine paralel olarak sırasıyla keçiyoynuzu ve zencefil katkılı örneklerde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının a* ve b* değerlerinin sade süt tozunun a* ve b* değerlerine kıyasla genel olarak daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. En düşük kırmızılık-yeşillik (a*) değeri (-1.52) %8 konsantrasyonda zencefil içeren keçi sütü tozlarında gözlemlenmiştir. En yüksek sarılık- mavilik (b*) değeri %8 konsantrasyonlu tarçın içeren süt tozlarında (20.52) gözlemlenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının renk değerleri (L*,a*,b*) üzerine; tarçın, keçiyoynuzu,

zencefil tozları ve konsantrasyonlarının etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Genel olarak tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının b^* değerleri, konsantrasyona bağlı olarak artma eğilimi göstermiştir ($P < 0.05$). Bu durumun, kullanılan aroma maddelerinin keçi sütüne kıyasla daha yüksek b^* değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 1).



Şekil 5. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının renk (L^* , a^* ve b^*) değerleri

Figure 5. Color values (L^* , a^* , and b^*) of enriched goat milk powders

Yapılan kurutma çalışmasında elde edilen sade keçi sütü tozunun; renk doygunluğu (kroma) 8.85 ± 0.267 ve Hue Açısı değeri -1.37 ± 0.01 olarak hesaplanmış, zenginleştirilmiş keçi sütü tozu örneklerine ait toplam renk değişimi, renk

doygunluğu ve Hue Açısı değerleri de hesaplanarak, sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının toplam renk değişimi değerleri 2.28 (%1 konsantrasyonda keçiyoynuzu tozu içeren keçi sütü tozu) ve 13.22 (%8 konsantrasyonda tarçın tozu içeren keçi sütü tozu) arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam renk değişimi değerleri tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarında gözlenirken, bunu sırasıyla zencefil ve keçiyoynuzu tozu içeren keçi sütü tozları takip etmiştir. Toplam renk değişimi değerleri genel olarak artan konsantrasyona bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı ölçüde artmıştır ($P < 0.05$). Elde edilen toz ürünlerin Kroma değerleri incelendiğinde; en düşük Kroma değerleri %1 konsantrasyonda keçiyoynuzu ile %1 konsantrasyonda tarçın içeren süt tozu örneklerinde gözlenmiştir. En yüksek Kroma değeri ise %8 konsantrasyonda zencefil içeren süt tozu örneğinde 16.22 ± 0.36 olarak hesaplanmıştır. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının Kroma değerlerinin artan kuru madde içeriğine bağlı olarak istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir ($P < 0.05$). Elde edilen toz ürünlerin Hue Açısı incelendiğinde ise; en düşük Hue Açısı değeri %1 konsantrasyonda zencefil içeren süt tozu örneğinde -1.55 ± 0.01 olarak ölçülmüştür. En yüksek Hue Açısı değeri ise %8 konsantrasyonda keçiyoynuzu içeren süt tozu örneğinde 1.57 ± 0.00 olduğu görülmüştür. Çizelge 3'te görüldüğü üzere zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının Hue Açısı değerlerinde artan kuru madde içeriğine bağlı olarak genel olarak artış olduğu gözlenmiştir ($P < 0.05$). Farklı aroma maddeleri ve konsantrasyonlarındaki değişimlerin, toz ürünlerin toplam renk değişimi, renk doygunluğu ve Hue Açısı ($^\circ$) değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Yığın yoğunluğu; toz ürünün nem içeriği, şekli, büyüklüğü, partikül yoğunluğu ve toz ürünün bileşiminden (yağ içeriği vb.) etkilenmektedir. Yığın yoğunluğunun yüksek olması paketleme giderlerinin azaltılması ve taşıma kolaylığı açısından önemlidir. Püskürtmeli kurutma işlemi ile elde edilen sade keçi sütü tozunun yığın yoğunluğu değeri $307.03 \pm 19.13 \text{ kg/m}^3$ ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri

415.71±5.05kg/m³ olarak bulunmuştur. Zenginleştirilmiş süt tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozları incelendiğinde; en düşük yığın yoğunluğu değerine (191.5±12.02kg/m³) %1 konsantrasyonda tarçın içeren süt tozunun sahip olduğu gözlenmiştir. En yüksek yığın yoğunluğu değerine (385.9±43.8kg/m³) ise %8 konsantrasyonda keçiyoynuzu içeren süt

tozlarında rastlanmıştır. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri incelendiğinde; en düşük sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerine (364.4±27.72kg/m³) %2 konsantrasyonda keçiyoynuzu içeren süt tozunda, en yüksek sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerine (498.22±0.06kg/m³) ise %1 konsantrasyonda zencefil içeren süt tozunda gözlenmiştir.

Çizelge 3. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının toplam renk değişimi, Kroma ve Hue Açısı (°) değerleri
Table 3. The total color change, Chroma, and Hue Angle (°) values of enriched goat milk powders

Örnek Sample	Konsantrasyon (%) Concentration (%)	Toplam Renk Değişimi (ΔE) Total Color Change (ΔE)	Kroma Chroma	Hue Açısı (°) Hue Angle (°)
TKKST	1	6.73±0.45 ^{az}	9.94±0.2 ^{ax}	1.41±0.00 ^{ay}
	2	8.82±0.32 ^{cz}	11.75±0.66 ^{bx}	1.43±0.00 ^{by}
	4	8.16±0.18 ^{bz}	12.56±0.34 ^{cx}	1.46±0.00 ^{cy}
	8	13.22±0.61 ^{dz}	13.75±0.1 ^{dx}	1.48±0.02 ^{dy}
KKKST	1	2.28±0.15 ^{ax}	9.94±0.15 ^{ax}	-1.54±0.00 ^{ax}
	2	3.68±0.62 ^{bx}	11.75±0.28 ^{bx}	1.56±0.01 ^{cz}
	4	4.83±0.31 ^{cx}	12.56±0.34 ^{cx}	1.53±0.00 ^{bz}
	8	5.41±0.14 ^{cx}	13.75±0.15 ^{dx}	1.57±0.00 ^{cz}
ZKKST	1	3.77±0.42 ^{ay}	11.65±0.22 ^{ay}	-1.55±0.01 ^{ax}
	2	5.13±0.09 ^{by}	13.18±0.16 ^{by}	-1.53±0.00 ^{bx}
	4	6.09±0.43 ^{cy}	14.34±0.57 ^{cy}	-1.48±0.01 ^{cx}
	8	7.58±0.33 ^{dy}	16.22±0.36 ^{dy}	-1.48±0.00 ^{cx}

^{a-d} Aynı aroma maddesinin farklı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P <0.05).

^{x-z} Farklı aromaların aynı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P <0.05).

^{a-d} Show the differences between the concentrations of the same aroma compound (P <0.05).

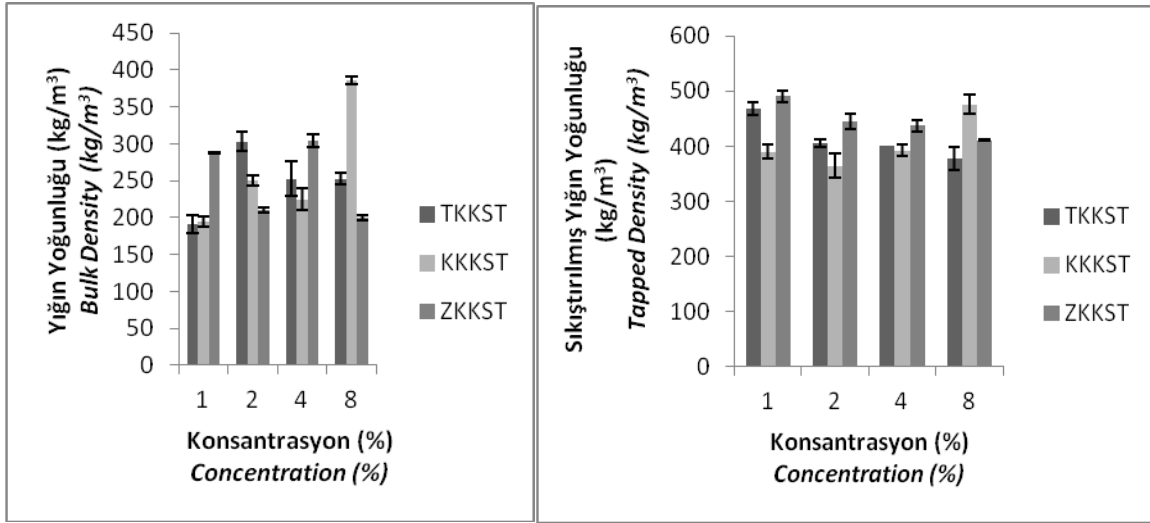
^{x-z} Show the differences between the aroma compounds at the same concentration (P <0.05).

Tarçın ve zencefil içeren keçi sütü tozlarının yığın yoğunluklarında meydana gelen değişim genel olarak nem içeriğinde meydana gelen değişime benzer bulunmuştur. Tarçın içeren keçi sütü tozlarının nem içeriği önce artmış sonra azalmış benzer bir şekilde yığın yoğunluğu değeri de önce artıp sonra azalmıştır. Zencefil içeren keçi sütü tozlarının nem içeriği ise önce azalmış sonra artmış benzer bir şekilde yığın yoğunluğu değeri de önce azalıp sonra artmıştır. Bu durumun nedeninin sıvının yoğunluğunun katıdan yüksek olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Keçiyoynuzu içeren keçi sütü tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinde ise nem içeriğine bağlı bir değişim saptanamamıştır. Tarçın ve zencefil

konsantrasyonu arttıkça genel olarak keçi sütü tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana geldiği, keçiyoynuzu konsantrasyonu arttıkça ise sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerinin önce azaldığı (%2) sonra ise arttığı (%4 ve %8) gözlenmiştir (P <0.05). Farklı aroma maddelerinin ve konsantrasyonlarının, zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P <0.05) ancak konsantrasyon artışına bağlı olarak düzenli bir değişim gözlenememiştir. Birchal vd., (2005) yaptıkları çalışmada (160-190°C hava giriş sıcaklığı, 1.4-2.4kg/h besleme akış hızı, 42,000-

50,000rpm atomizör dönüş hızı) püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş süt tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin 379-636kg/m³ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Reddy vd. (2014)'te yaptığı çalışma sonucunda püskürtmeli kurutucuda kurutulan (160/85°C, 170/85°C, 180/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 18rpm besleme akış hızı, 2100rpm hava akış hızı ve %35-45 konsantrasyon) karışık meyve aromalı keçi sütü tozunun yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin sırasıyla 330-450 kg/m³ ve 410-580 kg/m³ arasında değiştiğini belirtmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozları için bulunan sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri Birchal vd.,

(2005) ve Reddy vd., (2004) bulduğu değerlerle uyum içindedir. Namhong (2009) yaptığı çalışmada (185/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 55°C besleme sıcaklığı) keçi sütü tozunun yığın yoğunluğu değerinin 420kg/m³ olduğunu saptamıştır. Toz ürünlerin yığın yoğunluğu, işlem koşulları (hava giriş ve çıkış sıcaklıkları, atomizör basıncı, besleme akış hızı vb.), partikül boyutu, üründe kalan nem içeriği, ürünün kimyasal kompozisyonu vb. faktörlerden etkilenmektedir. Elde edilen farklı yığın yoğunluğu değerlerinin farklı işlem koşullarından ve ürün kompozisyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (kg/m³) değerleri
Figure 6. The bulk and tapped density (kg/m³) values of enriched goat milk powders

Toz ürünlerin akabilme ve yapışma davranışlarının belirlenmesi depolama, paketleme, ölçme, doz ayarlama, karıştırma, taşıma vb. gibi amaçlar için önemlidir (Caliskan ve Dirim, 2016). Toz gıdaların akabilirlik ve yapışkanlık davranışları nem içeriği ve partikül büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenmekte olup sırasıyla Carr İndeks değeri (CI) ve Hausner oranına (HR) göre belirlenmektedirler. Toz ürünlerin akabilirliklerinin iyi olması ve yapışkan olmamaları özellikle toz formundaki karışımlarda (hazır çorba, puding vb.) kullanımları açısından önemlidir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş sade keçi sütü tozunun CI değeri 36.00±0.10

(Kötü), HR değeri ise 1.36±0.10 (Orta) olarak belirlenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının artan aroma maddesi konsantrasyonuna bağlı olarak genellikle akabilirlik ve yapışkanlık özelliklerinin iyileştiği, CI ve HR değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($P < 0.05$). Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının CI ve HR değerleri genellikle orta-kötü ve yüksek olarak bulunmuştur. En iyi akabilirlik ve yapışkanlık davranışına sahip olan keçi sütü tozlarının %8 konsantrasyonda keçiyoynuzu tozu içeren sütlerin kurutulmasıyla elde edilen tozlar olduğu görülmüştür. Birchal vd. (2005) yaptıkları çalışmada (160-190°C hava giriş sıcaklığı, 1.4-2.4kg/h besleme akış hızı, 42,000-50,000rpm atomizör dönüş hızı) püskürtmeli kurutucuda

kurutulmuş süt tozlarının HR değerlerinin 1.6 ile 1.9 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Reddy vd. (2014) yaptıkları çalışma sonucunda püskürtülerek kurutulan (160/85°C, 170/85°C, 180/85°C hava giriş/çıkış sıcaklığı, 18rpm besleme akış hızı, 2100rpm hava akış hızı ve %35-45 konsantrasyon) karışık meyve aromalı keçi sütü tozunun HR ve CI değerlerinin sırasıyla 1.17-1.32 ve 14.19-24.09 arasında değiştiğini belirtmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozu için bulunan HR ve CI değerlerinin belirtilen referanslarda verilen değerlere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumun farklı işlem koşullarından (hava giriş/çıkış sıcaklıkları, atomizör hızı vb.), besleme özelliklerinden

(konsantrasyon, aroma maddesi ilavesi vb.) ve partikül özelliklerinden (yüzey alanı, boyutu vb.) kaynaklandığı düşünülmektedir. Keçi boynuzu ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık davranışında meydana gelen değişim genel olarak nem içeriğinde meydana gelen değişime benzer bulunmuştur. Keçi boynuzu içeren keçi sütü tozlarının nem içeriği önce azalmış sonra artmış sonra yine azalmıştır. Benzer eğilim keçi boynuzu tozu içeren keçi sütü tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık davranışında da gözlenmiştir. Bu durumun nedeninin nem içeriğinin partiküller arasındaki kohezyonu etkilemesi olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının akabilirlik ve yapışkanlık değerleri
Table 4. The flowability and cohesiveness values of enriched goat milk powder

	Konsantrasyon (%) Concentration (%)	Akabilirlik (CI) Flowability (CI)	Yapışkanlık (HR) Cohesiveness (HR)
TKKST	1	59.10±1.58 ^{dz} (Çok kötü)	2.44±0.10 ^{dz} (Yüksek)
	2	24.48±3.67 ^{ax} (Orta)	1.34±0.17 ^{ax} (Orta)
	4	36.79±1.61 ^{cy} (Kötü)	1.61±0.30 ^{cy} (Yüksek)
	8	32.98±2.23 ^{by} (Orta)	1.50±0.16 ^{by} (Yüksek)
KKKST	1	50.00±0.03 ^{dy} (Çok kötü)	2.00±0.58 ^{dy} (Yüksek)
	2	31.94±4.23 ^{by} (Orta)	1.50±0.31 ^{by} (Yüksek)
	4	42.75±7.42 ^{cz} (Kötü)	1.76±0.22 ^{cz} (Yüksek)
	8	19.05±3.37 ^{ax} (İyi)	1.23±0.05 ^{ax} (Orta)
ZKKST	1	42.35±0.22 ^{bx} (Kötü)	1.73±0.01 ^{bx} (Yüksek)
	2	52.58±2.25 ^{dz} (Çok kötü)	2.11±0.10 ^{dz} (Yüksek)
	4	30.34±1.31 ^{ax} (Orta)	1.44±0.03 ^{ax} (Yüksek)
	8	51.47±0.69 ^{cz} (Çok kötü)	2.06±0.03 ^{cz} (Yüksek)

^{a-d} Aynı aroma maddesinin farklı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

^{x-z} Farklı aromaların aynı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

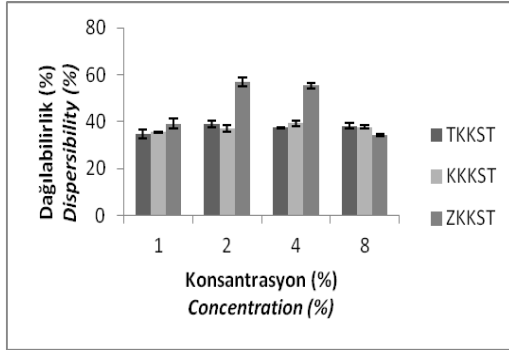
^{a-d} Show the differences between the concentrations of the same aroma compound ($P < 0.05$).

^{x-z} Show the differences between the aroma compounds at the same concentration ($P < 0.05$).

Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının dağılılırlık değerleri (%) Şekil 7'de verilmiştir. Toz ürünlerin dağılılırlık değerleri; tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarında %34-38, keçi boynuzu ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarında %31-33, zencefil ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarında %34-56 arasında değişim göstermiştir. Sade keçi sütü tozunun dağılılırlık değeri ise %27.66±8.86 olarak bulunmuştur. Düşük dağılılırlık değerlerinin nedeninin süt yağının hidrofobik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Süt

yağının hidrofobik yapısı nedeniyle süt tozları daha az suyu absorbe etmekte, toz ürünler su içinde kolayca çözünmemekte ve sonuç olarak düşük dağılılırlık değerleri elde edilmektedir. Sade keçi sütü tozuna kıyasla tarçın, keçi boynuzu ve zencefil ilavesi keçi sütü tozlarının dağılılırlığını arttırmıştır ($P < 0.05$). Tarçın ve keçi boynuzu içeren keçi sütü tozlarının dağılılırlık değerleri, konsantrasyon farkından istatistiksel olarak etkilenmezken ($P > 0.05$), konsantrasyon değişiminin zencefil içeren keçi

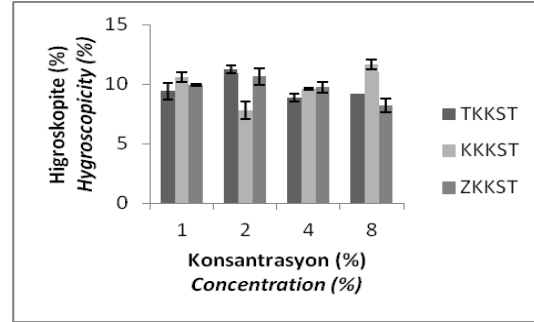
sütü tozlarının dağılılırılık değeri üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$).



Şekil 7. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının dağılılırılık değeri (%)

Figure 7. The dispersibility (%) values of enriched goat milk powders

Yapılan çalışmalarda yüksek higroskopiteye sahip tozların depolama ortamındaki relatif rutubetten daha çok etkileneceği ve ürünün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin değişeceği belirtilmiştir (Koç ve Ertekin, 2016). Püskürtmeli kurutma işlemi ile elde edilen sade keçi sütü tozunun higroskopite değeri 7.50 ± 0.49 olarak bulunmuştur. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının higroskopite değeri $7.82-11.49$ aralığında değişmiş ve sonuçlar Şekil 8'de gösterilmiştir. Tarçın ve zencefil tozu içeren keçi sütü tozlarının higroskopite değeri artan kuru madde içeriğine bağlı olarak genellikle önce artıp daha sonra ise azaldığı, keçiyoynuzu tozu içerenlerin ise önce azaldığı daha sonra ise arttığı görülmüştür ($P < 0.05$). Toz ürünlerin higroskopite değerinin nem içeriğiyle ters orantılı olduğu literatürde belirtilmiştir. Bu durumun nedeni ise toz ürün ile ortam havası arasındaki nem farkından kaynaklı olduğu ve düşük nem içeriklerinde hava ile toz ürün arasında oluşan yüksek konsantrasyon gradyanı daha fazla nemin absorbe edilmesine neden olduğu belirtilmiştir (Ferrari vd., 2011). Yapılan çalışmada da benzer bir şekilde, en düşük nem içeriklerine sahip %2 konsantrasyonda zencefil tozu (%2.55 nem içeriği) ve %8 konsantrasyonda keçiyoynuzu tozu içeren keçi sütü tozlarının (%2.94 nem içeriği) ortamdaki daha fazla nemi absorbe edebildiği gözlenmiştir.



Şekil 8. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının higroskopite değeri (%)

Figure 8. The hygroscopicity (%) values of enriched goat milk powders

Duyusal değerlendirme, gıdaların çeşitli karakteristiklerine görme, koklama, tatma, dokunma veya işitme duyularının tepkilerini ölçmekte, analiz etmekte ve açıklamaktadır. Bu çalışmada, %4 konsantrasyonda tarçın, zencefil ve keçiyoynuzu ile zenginleştirilmiş sütü tozu örnekleri başlangıç nem içeriğine sulandırılarak keçi sütü üretilmiş ve örneklerin duyu değerlendirilmesi için eğitilmiş 20 panelist tarafından gerçekleştirilmiş ve sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Yapılan duyu değerlendirme sonucunda ve panelist yorumları ışığında genel olarak tüm keçi sütlerinin beğenildiği sonucuna varılmıştır. En düşük skor 2.6 ile zencefil içeren keçi sütü tozlarının kokusunun değerlendirilmesiyle elde edilen skordur ve zencefil içeren keçi sütü tozları diğer örneklerle kıyasla koku ve genel beğeni açısından daha düşük puan almıştır. Tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil ile zenginleştirilmiş keçi sütlerinin renk, görünüş, kıvam ve genel beğeni skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($P > 0.05$). Koku açısından incelendiğinde ise; tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının, diğer aromalar ile zenginleştirilmiş keçi sütlerine kıyasla daha çok beğenildiği sonucuna varılmıştır ($P < 0.05$). Renk, görünüş ve kıvam skorları incelendiğinde panelistlerin keçiyoynuzu aromasının sütlere verdiği rengi ve kıvamını beğendiği sonucuna varılmaktadır. Ayrıca keçiyoynuzu tozu ile zenginleştirilen keçi sütü tozlarının genel beğeni skorları da genel olarak yüksek bulunmuştur. Duyusal değerlendirme sonuçları ışığında, keçiyoynuzu tozunun alternatif

olarak instant süt tozu, sütlü tatlılar, bebek mamaları, hazır kek karışımları vb. gibi ürünlerde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. En çok beğenilen keçi sütü tozlarının (genel beğeni) tarçın ile zenginleştirilen keçi sütü tozları olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeninin, ülkemizde yaygın olarak sütün tarçın ile birlikte

tüketilmesi sonucu, bu aromanın süte kattığı lezzet ve kokunun panelistler tarafından kolayca kabul edilebilir olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Zencefil aroması genel olarak süt tozlarında diğer aroma maddelerin kıyasla daha az tercih edilir olarak bulunmuştur.

Çizelge 5. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozu örneklerinin duyu analizi sonuçları

Table 5. The sensory evaluation of enriched goat milk powders

	Renk <i>Color</i>	Koku <i>Odor</i>	Görünüş <i>Appearance</i>	Kıvam <i>Viscosity</i>	Genel Beğeni <i>Overall Acceptance</i>
TKKST	3.3±1.1 ^a	4.3±1.2 ^b	3.6±1.0 ^a	3.8±0.8 ^a	3.9±1.3 ^a
KKKST	3.9±1.1 ^a	3.4±1.1 ^a	4.1±1.2 ^a	4.1±1.0 ^a	3.7±1.4 ^a
ZKKST	3.7±1.5 ^a	2.6±0.7 ^a	3.8±1.3 ^a	3.8±1.3 ^a	3.1±1.2 ^a

^{a-c} Örnekler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P <0.05).

^{a-c} Show the differences between the samples (P <0.05).

SONUÇ

Bu çalışmada; farklı konsantrasyonda (%1-8) tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil ile zenginleştirilmiş keçi sütleri püskürtmeli kurutucuda kurularak elde edilen süt tozunda meydana gelen değişimler incelenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının nem içeriği %2.55-4.97 arasında, su aktivitesi değeri ise %0.201-0.318 arasında değişmiştir. Bulunan değerler güvenli depolama için verilen değerlere uygun bulunmuştur (nem içeriği <%5, su aktivitesi <0.3). En yüksek parlaklık değerine sade keçi sütü tozları sahipken, bunu sırasıyla zencefil, keçiyoynuzu ve tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının takip ettiği gözlenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının toz ürün özellikleri incelendiğinde; yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin sırasıyla 191.51-385.92 kg/m³ ve 364.41-498.22 kg/m³ arasında değiştiği gözlenmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının CI ve HR değerleri genellikle orta-kötü ve yüksek olarak bulunmuştur. Yapılan duyu analizi sonucunda, zenginleştirilmiş keçi sütü tozu örnekleri arasında ve kurutmanın hemen sonrasında tarçın ile zenginleştirilmiş keçi sütü tozu örnekleri daha çok beğenilmiştir. Zenginleştirilmiş keçi sütü tozlarının depolanarak, depolanma boyunca fiziksel ve toz ürün özelliklerinde meydana gelen

değişimlerin incelenmesi ve keçi sütü tozuyla yeni ürünlerin üretilmesi konusunda yapılacak çalışmaların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akarca, G., Kahraman, A., Tomar, O. (2015). Değişik Oranlarda Tarçın İlave Edilmiş Pastörize Sütlerde Raf Ömrünün Değişimi. *AKÜ FEMÜBİD*, 15 (2015) 025401.
- Altuğ, T., Elmacı, Y. (2005). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım, İzmir, 50-64.
- Anonim, (2013). Baharat Tebliği, Türk Gıda Kodeksi, Tebliğ No: 2013/12, Resmi Gazete Sayısı: 28614.
- AOAC, (2005). Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Analytical Communities, Washington, DC.
- Babayan, V.K. (1981). Medium chain length fatty acid esters and their medical and nutritional applications. *J Am Oil Chem Soc*, 59, 49-51.
- Baker, C.G.J, McKenzie, K.A. (2005). Energy consumption of industrial spray dryers. *Drying Technol*, 23, 365-386.
- Barnwal, P., Singh, K., Mohite, A. (2014). Determination of thermal properties of

- cryoground cinnamon powder. *Journal of Spices and Aromatic Crops (JOSAC)*, 23 (2) : 262–267.
- Birchal, V.S., Passos, M.L., Wildhagen, G.R.S., Mujumdar, A.S. (2005). Effect of Spray-Dryer Operating Variables on Whole Milk Powder Quality. *Drying Technol*, 23(3):611-636.
- Cai, Y.Z., Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-Dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. *J Food Sci*, 65 (7) 1248–1252.
- Caliskan, G., Dirim, N.S. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technol*, 287,308–314.
- Chua, K.J., Chou, S.K., Ho, J.C., Hawlader, M.N.A. (2002). Heat pump drying: recent developments and future trends. *Drying Technol*, 20(8): 1580-1600.
- Çoban, Ö., Patır, B. (2010). Antioksidan Etkili Bazı Bitki ve Baharatların Gıdalarda Kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi (EÜFBED)*, 5 (2):7-19.
- Ferrari, C.C., Germer, S.P.M., De Aguirre, J.M. (2011). Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying Technol*, 30, 154–163.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of Instant Soymilk Powders by Ultrafiltration, Spray Drying and Fluidized Bed Agglomeration. *J Food Eng*, 84, 194-205.
- Jindarat, W., Rattanadecho, P., Vongpradubchai, S. (2011). Analysis of energy consumption in microwave and convective drying process of multi-layered porous material inside a rectangular wave guide. *Exp Therm Fluid Sci*, 35:728-737.
- Kaplan, H., (2005). Zencefilin (*Zingiber Officinale Roscoe*) Bitkisel Özellikleri ve Yetiştiriciliği. *Derim*, 22 (2): 1-9.
- Kirikçi, K. (2012). Koyun ve Keçilerde Emzirmenin Süt Verimi, Süt Kompozisyonu ve Sütteki Somatik Hücre Sayısına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Koç, M., Ertekin, F. (2016). Şeker İçeriği Yüksek Gıdaların Püskürtülerek Kurutulması: Ürün Kazanımı ve Toz Ürün Özelliklerinin Geliştirilmesi. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(5): 336-344.
- Namhong, T. (2009). Production of Instant Goat Milk Powder by Spray Drying. Department of Food Science and Technology, Rajamangala University of Technology, Lanna, Thailand,181–185.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Tech*, 6(1), 36-60.
- Pazır, F., Alper, Y. (2016). Keçiyoynuzu Meyvesi (*Ceratonia Siliqua* L.) ve Sağlık. *Akademik Gıda*, 14(3): 302-306.
- Quek, S.Y., Chok, N.K., Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. *Chem Eng Process*, 46: 386-392.
- Reddy, R.S., Ramachandraa, C.T., Hiregoudar, S., Nidoni, U., Ramb, J., Kammar, M. (2014). Influence of processing conditions on functional and reconstitution properties of milk powder made from Osmanabadi goat milk by spray drying. *Small Rumin Res*, 119, 130–137
- Ribeiro, A.C., Ribeiro, S.D.A. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Rumin Res*, 89, 225–233.
- Rutherford, S.M., Moughan, P.J., Lowry, D., Prosser, C.G. (2008). Amino acid composition determined using multiple hydrolysis times for three goat milk formulations. *Int J Food Sci Nutr*, 59, 679–690.
- Sangwan, A., Kawatra, A., Sehgal, S. (2014). Nutritional composition of ginger powder prepared using various drying methods. *J Food Sci Technol*, 51(9): 2260–2262.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C.G. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Rumin Res*, 89, 110–124.

Uruk, H.A. (2011). Farklı Hayvan Sütlerinden Üretilen Tereyağlarının Lipit Kısımında Bazı Bileşen Farklılıklarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya.

Yaman, H., Coşkun, H. (2015). Pastörize Keçi Sütünün Dondurulması ve Dondurarak

Depolaması Sırasında Meydana Gelen Değişmeler. *GIDA*, 40(4):217-224.

Yousif, A.K., Alghzawi, H.M. (2000). Processing and Characterization of Carob Powder. *Food Chem*, 69: 283-287.