



TOZ KAKAOLU İÇECEKLERİN PREBİYOTİK KOMBİNASYONUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ YÖNÜNDEN OPTİMİZASYONU

Şirin OBA^{1*}, Osman YILMAZ^{2*}

¹Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Amasya, Türkiye

²Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı, Amasya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Prebiyotik,
İnülin,
Polidekstroz,
Maltodekstrin,
Kakao.

Öz

Tüketiciler, prebiyotik bileşen içeren sağlıklı içecekleri giderek daha fazla talep etmektedir. İçecek üretiminde son ürünün kalitesi tercih edilen bileşenlere ve bu bileşenlerin kullanım oranına bağlıdır. Bu sebeple bu çalışmanın amacı toz kakaolu içeceğin kıvam artırıcı bileşenlerin prebiyotiklerle ikamesi ile ürün kalitesinde oluşturduğu fiziksel etkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, bağımsız değişken prebiyotik bileşenler (inülin, polidekstroz, maltodekstrin) ve bunların kombinasyonlarının ürüne etkisi belirlenmiştir. Bu çalışma, prebiyotik toz kakao içecek formülasyonunu inülin, polidekstroz ve maltodekstrin ile optimize etmek için basit karışım tasarım yöntemini uygulamıştır. Tek yönlü merkezi bileşik tasarım, brix, çözünürlük su tutma kapasitesi, kütle yoğunluğu, carr indeksi, Hausner oranları ve ıslanma süresi gibi içeceklerin fiziksel özellikleri tahmin edilmiştir. İçecek formülasyonlarının kütle yoğunluğu verilerinin tahmini için hausner oranları (HO), carr indeks (CI) değerleri belirlenmiş ve sırasıyla $1,3\pm 0,00$ - $1,39\pm 0,03$ ile $22,25\pm 1,16$ - $28,18\pm 1,92$ aralığında tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda genel arzu edilebilirlik maksimum su tutma kapasitesi ve suda çözünürlük değerlerine baz alınarak belirlenmiştir ve buna göre optimum prebiyotik oranları inülin, polidekstroz ve maltodekstrin için sırasıyla 6,762 ve 12,351 gr ve 3,875 gr olarak belirlenmiştir. Arzu edilebilirlik 0.87'e eşittir. Elde edilen sonuçlar, inülin, polidekstroz ve maltodekstrin kombinasyonu kullanılarak prebiyotik toz kakaolu içecek üretiminin mümkün olduğunu göstermektedir.

OPTIMIZATION OF COCOA POWDER BEVERAGES IN TERMS OF PHYSICAL PROPERTIES OF PREBIOTIC COMBINATION

Keywords

Prebiotic,
Inulin,
Polydextrose,
Maltodextrin,
Cocoa.

Abstract

Consumers are increasingly demanding healthy drinks containing prebiotic ingredients. The quality of the end product in beverage production depends on the preferred ingredients and the rate of use of these ingredients. Accordingly, this study aimed to investigate the physical effects of powdered cocoa beverages on product quality by substituting thickening components with prebiotics. For this purpose, the effects of independent variable prebiotic components (inulin, polydextrose, maltodextrin) and their combinations on the product were determined. This study applied the simple mix design method to optimize the prebiotic powdered cocoa beverage formulation with inulin, polydextrose, and maltodextrin. The one-way central composite design was to estimate the physical properties of beverages such as brix, solubility water holding capacity, bulk density, carr index, Hausner ratios, and wetting time. For the estimation of the bulk density data of beverage formulations, the hausner ratios (HO), and the carr index (CI) values were determined and were found to be in the range of 1.3 ± 0.00 - 1.39 ± 0.03 and 22.25 ± 1.16 - 28.18 ± 1.92 , respectively. As a result of this study, the general desirability was determined based on the maximum water holding capacity and water solubility values. Therefore, the optimum prebiotic ratios were determined as 6,762 and 12,351 g and 3.875 g for inulin, polydextrose, and maltodextrin, respectively. Desirability is equal to 0.87. The results show that it is possible to produce prebiotic powdered cocoa beverage using the combination of inulin, polydextrose and maltodextrin.

Alıntı / Cite

Oba, Ş., Yılmaz, O., (2023). Toz Kakaolu İçeceklerin Prebiyotik Kombinasyonun Fiziksel Özellikleri Yönünden Optimizasyonu, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(3), 1054-1065

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ş. Oba, 0000-0002-4620-7483
O. Yılmaz, 0000-0001-7579-8625

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	28.03.2022
Revizyon Tarihi / Revision Date	21.05.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	21.06.2023
Yayın Tarihi / Published Date	28.09.2023

*İlgili yazar / Corresponding author: sirin.oba@amasya.edu.tr, +90-554-582-67-55

OPTIMIZATION OF COCOA POWDER BEVERAGES IN TERMS OF PHYSICAL PROPERTIES OF PREBIOTIC COMBINATION

Şirin Oba^{1†}, Osman Yılmaz²,

¹Amasya University, Suluova Vocational School, Department of Food Processing, Amasya, Türkiye

²Amasya University, Graduate School of Science And Engineering, Department of Biotechnology, Amasya, Türkiye

Highlights

- Developed a cocoa-based functional beverage prepared using inulin, polydextrose, maltodextrin.
- In the optimum condition, the beverages showed acceptable physical properties.
- Cocoa beverage is classified between acceptable carr index hausner ratio limits and industrially appropriate.

Graphical Abstract

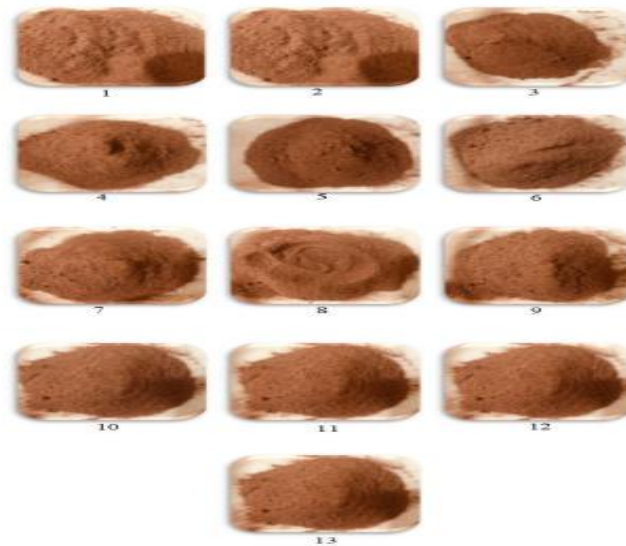


Figure. Powder Prebiotic Cocoa Drink Images

Purpose and Scope

The purpose of the paper is to find a solution to the problem of high calorie components such as starch with the use of prebiotics and to investigate the effect of prebiotic components on the physical properties of the product.

Design/methodology/approach

In this article, the particle density and dispersibility problem of prebiotic components, which are one of the two factors that may occur with component change, have been determined by constantly used wettability, water holding capacity, Carr Index ve hausner ratios methods for the suitability of powder beverage conditions.

Findings

The use of prebiotics in different ratios resulted in the determination of the physical properties of the beverage.

Social Implications

The formulation is effective in making the products delicious, but on the other hand, in this type of formulation, due to the high energy density of the products, the answer to various concerns about public health is provided by the selection of prebiotics and its applicability is very high.

Originality

Production of prebiotic beverages with the use of inulin, maltodextrin and polydextrose components in cocoa beverages is very limited in the literature. Only a few studies have determined the physical properties of the relevant product based on new product development. So, this study will help in the production of producible and consumable products suitable for the industry with the most widely used physical techniques.

[†]İlgili yazar / Corresponding author:sirin.oba@amasya.edu.tr, +90-554-582-67-55

1. Giriş (Introduction)

Kakaolu içeceklerin MÖ 1100 gibi erken bir dönemde tüketildiği bilinmektedir (Alberts ve Cidell, 2006). 16.yy dan itibaren ise kakao, su ve baharat karışımına, ürünü lezzetli bir hale dönüşmesinde etkili olan şeker, vanilya ve tarçının eklenmesiyle kakaolu içecekler Avrupa'da hızla tüketilen bir ürün haline dönüşmeye başlamıştır (Donadini vd., 2012). Şeker ve stabilizatörlerin yaygın olarak kullanımı tüketicilerin aşına olduğu ağızda tatlı his bırakan bir lezzetin oluşmasında etkili olmuştur (Mellor vd., 2018). 20. yüzyıla gelindiğinde ise kakaolu içeceklerin popülaritesi özellikle gıda sektörünün sanayileşmesiyle beraber daha da artmıştır. Günümüzde ise lezzetinin yanı sıra, Covid-19 döneminde tüketicilerin ruh hallerini iyileştirdiğine yönelik algısında etkisiyle çevrimiçi satın aldıkları diğer ürünlere nazaran kakaolu ve çikolatalı ürünlerde artan satış oranı ile ürünün pazar payındaki önemli hale gelmiştir (Laguna vd., 2020). Ayrıca günümüzde insanlar için zamanın ve hızın önemli bir hale dönüşmesi sonucunda hareket halindeyken yeme-içme trendinin artmasına bağlı olarak, instant kakao içecekleri ve/veya sıcak çikolatanın bizatihi kendisi tercih edilen gıda ürünlerinden biri olmuştur (Da SilvaLannes vd., 2008). Bunda özellikle, kakao içerikli sıcak içeceklerin hazırlanışında sıcak su veya süt içerisine toz malzemeler ilave edilerek hızlı şekilde hazırlanışı en büyük etkenlerden birisidir. Piyasada değişik tür ve aromalarda, farklı fiyatlara sahip ürünler bulunsu da hazır sıcak çikolata veya toz kakaolu içeceklerinin ana bileşenleri şeker, kakao tozu, yağsız süt tozu, peynir altı suyu tozu, nişasta, tatlandırıcılar, tuz ve hidrokolloidler olarak sıralanabilir (Doğan vd., 2013). Hidrokolloidler ve nişasta, kakaolu içeceklerin fiziksel ve duyuşal özellikleri açısından önemli farklılıklar sergilemesine sebep olmaktadır (Mazo Rivas vd., 2018). Kakao ve çikolata ile üretilen ürünlerin lezzetli bir hale dönüşmesinde formülasyon etkili olmakta, tüketim miktarını artırmaktadır; ancak diğer taraftan bu tip bir formülasyonda, ürünlerin enerji yoğunluklarının yüksek olması nedeniyle halk sağlığı konusunda çeşitli endişelere yol açmıştır (Donadini vd., 2012).

Bu nedenle bu çalışmanın başlıca amacı formülasyonda insan sağlığı konusunda çeşitli endişelere yol açan temel bileşen olan nişastanın yerine inülin, polidekstroz ve maltodekstrin gibi prebiyotiklerin kullanılması ile sıcak kakaolu içeceklerin işlevselliğini arttırmak ve sağlık konusunda oluşan endişelere yeni çözümler üretmek katkı sağlamaya çalışmaktır.

Prebiyotik bileşenler, daha önce fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde içerik olarak çalışılmış ve kullanılmıştır (Rosa vd., 2021). Kullanılan ana prebiyotik bileşikler; inülin (Reimer vd., 2020), maltodekstrin, ve polidekstroz (Bitaraf vd., 2013) gıda ürünlerine dahil edilen en yaygın diyet liflerinden bazılarıdır (Sarfazı vd., 2020). Bunlardan polidekstroz (PD), birçok ülkede yiyecek ve içeceklerde çözünür diyet lifi kaynağı olarak tanımlanmıştır. PD, %90 çözünür lif ve sadece 1 kcal/g enerji değerinden oluşur.

Inülin, esas olarak β -(2-1) fruktosil-fruktozglikozidik bağları içeren lineer bir oligo- veya polisakkaritlerdir. Inülin, hindiba, enginar, kuşkonmaz ve agav gibi bazı bitkilerde doğal olarak bulunmaktadır (Guimarães vd., 2022). Son olarak maltodekstrin ise, gıda endüstrisinde dolgu maddesi, doku değiştirici, yağ ikame maddesi ve hacim artırıcı olarak sıklıkla kullanılan bir başka düşük sindirilebilir karbonhidrattır. Maltodekstrin, 10 ila 20 arasında değişen dekstroz eşdeğeri (DE) ile kategorize edilir. Hidrolizin kapsamı arttıkça DE artar ve sonuç olarak ortalama moleküler kütle azalır. Yaklaşık 1-2 kcal/g sağlar (Sarfazı vd., 2020). PD, inülin ve maltodekstrin besin takviyesi, tekstüre edici, stabilizatör veya koyulaştırıcı, formülasyon yardımcı ve nemlendirici olarak kullanım için ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından doğrudan gıda katkı maddesi olarak onay alan bir gıda ürünüdür (Veenave vd., 2016).

Ürünün formülasyonunda bulunan hidrokolloidlerin sağladığı reolojik ve fiziksel özellikler sıcak kakaolu içecek ve salep için ürün kalitesinin bir göstergesidir (Marcotte vd., 2001). Bu nedenle gam kombinasyonunun optimizasyonu ürün için önemlidir. Birden fazla bileşen içeren ürünlerin formülasyon optimizasyonu için karışım deneysel tasarımları kullanılmaktadır. Bu yöntem, bileşenlerin gıdalar üzerindeki etkilerini gözlemlemek için tercih edilebilir ve içerik etkileşimlerinin önemini belirler (Doğan vd., 2013).

Bu çalışma "karışım tasarımı yaklaşımını" (Doğan, 2013) kullanarak prebiyotik kakaolu içeceğinin fiziksel özellikleri (brix, çözünürlük, su tutma kapasitesi, ıslanma süresi, kütle yoğunluğu, Carr İndeks, Hausner oranları) üzerinde inülin, polidekstroz ve maltodekstrin arasındaki etkileşimin etkisini araştırmak ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilebileceği optimum ürün formülasyonunu belirlemek için yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada toz prebiyotik içecek model ürününe hidrokoloidal bir özellik sağlayabilmek amacıyla üç farklı prebiyotik bileşen ilave edilmiştir. Bu amaçla prebiyotik toz kakaolu ürün formülasyonu için kullanılan materyaller şeker (Torku, Konya, Türkiye), kahve kreması (Nestle, İsviçre), kakao tozu (Tito İzmir, Türkiye),

inülin (Tito İzmir, Türkiye), polidekstroz (Tito İzmir, Türkiye) ve maltodekstrin (Tito İzmir, Türkiye) kullanılmıştır.

2.2. Toz Prebiyotik Kakaolu İçecek Karışımının Hazırlanması (Preparation of Powdered Prebiotic Cocoa Beverage Mixture)

Doğan vd.,(2011) tarafından oluşturulan prosedürde değişiklikler yapılarak içecek üretimi hazırlanmıştır. İçecek hazırlama prosedürüne göre homojen bir karışım elde etmek için şeker 6000 rpm'de 5 dk öğütülerek partikül boyutu küçültülmüştür. Formülasyonlarda ortalama parçacık çapı 100 µm ve daha düşük çapa sahip şeker kullanılmıştır. Bu kapsamda toz içecek üretiminde kahve kreması (2gr), şeker (5gr), kakao tozu (6gr) sabit oranlarda kullanılmış olup toplam karışım miktarı 36 gr olarak belirlenmiştir. Bunun dışında ürün kalitesine etki edecek 23 gr olan diğer kuru bileşenler bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Bunlar inülin, polidekstroz ve maltodekstrin olup optimum oranları karışım tasarımı yöntemi ile belirlendikten sonra Tablo 1.'de belirtilen oranlarda tartılıp toz içeceklerin hazırlanması amacıyla kuru malzemelerin tümü karıştırılmıştır.

Tablo 1. Toz prebiyotik kakaolu içecek formülasyonu (Powder prebiotic cocoa beverage formulation)

Materyal	Kullanım miktarı(gr)
Şeker	5
Kahve Kreması	2
Kakao tozu	6
İnülin	Tablo 2.
Polidekstroz	Tablo 2.
Maltodekstrin	Tablo 2.

2.3. Deneysel Tasarım ve İstatistiksel Analiz (Experiment Design and Statistical Analysis)

Bu çalışmada bileşenlerin optimizasyonu için karışım tasarımı (simple-mixture) kullanılmıştır. Araştırma kapsamında bağımsız değişkeni olarak inülin ($X_1;0-1$), polidekstroz ($X_2;0-1$) ve maltodekstrin ($X_3;0-1$) seçilmiş ve bu bileşenler ile kısıtlı bir karışım tasarımı $X_1 + X_2 + X_3 = 1$ olacak şekilde geliştirilmiştir. Bu kapsamda 3 faktörlü ve 3 seviyeli basit regresyon modelleri oluşturulmuştur. İçecek üretiminde karışım tasarımının belirlediği oranlara göre 3 adet tekerrür içeren toplamda 13 adet formülasyon hazırlanmıştır. Tablo 2.'de prebiyotik bileşenlerin kod, gerçek değerleri ve kakaolu toz içeceğin ürün formülasyon deneysel tasarımı gösterilmektedir. İçecek formülasyonunda yer alan bileşenler tartıldı ve homojen karışım sağlanana kadar bir kaşık yardımı ile karıştırıldı. Toz kakao içeceği 100 ml suya 30 saniye karıştırılarak yavaş yavaş ilave edildi ve analizler gerçekleştirildi.

Analiz sonucunda elde edilen bağımlı değişkenler ise suda çözünür kuru madde (Y_1), çözünürlük (Y_2), su tutma kapasitesi (Y_3), kütle yoğunluğu (Y_4), Carr İndeksi (CI) ve Hausner oranları (HO) (Y_5) ve ıslanma süresi (Y_6) olarak belirlenmiştir. Toz prebiyotik kakaolu karışımının hazırlanmasına yönelik değişkenlerin yanıt değişkeni üzerine etkisi incelenerek en yüksek değerlere sahip içecek 'desirability' fonksiyon yaklaşımına göre optimize edilmiştir. Toz prebiyotik kakaolu karışımların hazırlanması işlemleri sonucunda elde edilen yanıtların regresyon analizi için Eşitlik (1)'de verilen model kullanılmıştır.

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + \beta_{ij} X_{ij} + \dots \dots \beta_j X_j + e \quad (1)$$

Denklemden Y yanıt değişkeni, X_i ve X_j değişkenler ve β_0 kesişme katsayısıdır; β_i , β_{ij} , β_j sırasıyla doğrusal, ikinci dereceden ve ikinci dereceden terimlerin etkileşim katsayılarıdır; ϵ bağımsız parametrelerin sayısını göstermektedir.

Bağımsız değişkenlerin (inülin, polidekstroz ve maltodekstrin) yanıtlar üzerindeki doğrusal (Linear), iki faktörlü etkileşimi (2FI) ve polinomial (Quadratic) etkileşimi modelleri % 95 güven aralığında F (Fischer) testi ile belirlenmiştir. Her bir model için ANOVA ile belirlenen model regresyon katsayısı (R^2) ve F değeri, düzeltilmiş regresyon katsayısı (Adj- R^2), uyum eksikliği (lack of fit>0,1), tahminlenmiş çoklu regresyon katsayısı (Pre- $R^2 > 0,7$), değişim katsayısı (C.V<10) ve yeterli kesinlik (Adeq Preci-sion>4) değeri gibi istatistiksel parametrelerine bakılarak model ile uyumuna karar verilmiştir. Elde edilen sonuçların 3D grafikleri Design Expert 11.0 programı kullanılarak çizilmiştir.

Tablo 2. Bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve gerçek değerleri ile ürün formülasyonunu içeren deneysel tasarımı
(Experimental design of independent variables including coded and actual values and product formulation)

No	Şeker	Sabit Bileşenler (g /36 g)			Bağımsız Değişkenlerin Gerçek değerleri (g /36 g)			Bağımsız Değişkenlerin Kodlanan değerleri		
		Kahve kreması	Kakao Tozu	İnülin	Poli dekstroz	Malto dekstrin	İnülin	Poli dekstroz	Malto dekstrin	
				(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	
1	5	2	6	0	23	0	0	1	0	
2	5	2	6	3,68	3,68	15,64	0,166667	0,166667	0,666667	
3	5	2	6	23	0	0	1	0	0	
4	5	2	6	11,5	0	11,5	0,5	0	0,5	
5	5	2	6	23	0	0	1	0	0	
6	5	2	6	0	23	0	0	1	0	
7	5	2	6	0	0	23	0	0	1	
8	5	2	6	7,66	7,66	7,66	0,333333	0,333333	0,333333	
9	5	2	6	0	11,5	11,5	0	0,5	0,5	
10	5	2	6	3,68	15,64	3,68	0,166667	0,666667	0,166667	
11	5	2	6	0	0	23	0	0	1	
12	5	2	6	11,5	11,5	0	0,5	0,5	0	
13	5	2	6	15,64	3,68	3,68	0,666667	0,166667	0,166667	

2.4. Toz İçeceklerin Analizleri (Analysis of Powder Beverage)

2.4.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (Determination of Water-Soluble Dry Matter)

Numunelerin suda çözünür kuru madde (brix) içeriği, otomatik bir refraktometre (Reichert AR 700, ABD) kullanılarak oda sıcaklığında belirlendi ve sonuçlar 25°C'de Brix derecesi olarak ifade edildi (Doğan vd., 2011).

2.4.2. Su Tutma ve Suda Çözünürlük Özellikleri (Water Retention and Water Solubility Properties)

Örneklerin su tutma ve suda çözünürlük özellikleri belirlenirken Reddy vd., (2013) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla darası kaydedilmiş olan santrifüj tüplerine 0,5gr örnek tartılıp üzerlerine 6 ml distile su ilave edilmiştir. Her 10 dakikada bir çıkartılıp vortekslenmek (30 sn) üzere 30°C'de 30 dakika boyunca su banyosunda bekletilmiştir. Su banyosundan çıkartıldıktan sonra 5000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Sıvı kısmı daha önceden sabit tartıma getirilmiş olan petrilere aktarılıp 105°C etüvde 4 saat kurutulmuştur. Santrifüj tüpünde kalan yaş kısım tartıldıktan sonra hesaplamalar (2) ve (3)'de verilen eşitliklere göre yapılmıştır. Analizler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Suda çözünürlük} = \frac{\text{Sıvı kısımda çözünmüş madde miktarı}}{\text{Tartılan örnek miktarı}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Su tutma kapasitesi} = \frac{\text{Yaş kalıntı miktarı}}{\text{Tartılan örnek miktarı} - \text{Çözünmüş madde miktarı}} \times 100 \quad (3)$$

2.4.3. Islanma Süresi (Wetting Time)

Islanma süresi, gıda tozlarının anlık özelliklerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Toz numunenin ıslanma süresi Shittu vd., (2007) tarafından oluşturulan yöntemde değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Islanma süresi, tüm tozun ıslanması ve 25°C'de damıtılmış suyun yüzeyine nüfuz etmesi için gereken süre (saniye) olarak kabul edilmiştir. Buna göre mezüre konan 25°C'de 100ml'lik damıtılmış su üzerine toz numune (2 g) eklenerek tozun tamamen ıslanması için geçen süre kronometre ile ölçülmüştür.

2.4.4. Kütle Yoğunluk, Sıkıştırılmış Yoğunluk, Carr İndeks ve Hausner Oranı (Bulk Density, Tapped Density, Carr Index and Hausner Ratio)

Toz içecek karışımlarının yığın yoğunluğunun tespit edilebilmesi için toz örnekleri 10 ml'lik mezür içerisine herhangi bir basınç uygulamaksızın boşaltılmıştır. Yığın yoğunluk değeri, toz içecek karışım kütlelerinin mezürde doğrudan okunan hacme oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Daha sonra, sıkıştırılmış yoğunluk ölçümü için toz örneğin eklendiği mezürün manuel olarak sert bir zemin üzerine 200 kez vurulduktan sonra okunan hacme oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Etti vd., 2016). Tozun akışkanlığı ve yapışkanlığı sırasıyla Carr indeksi (CI) ve Hausner oranı (HO) açısından değerlendirilmiştir. CI ve HO oranları sırasıyla eşitlik (4) ve (5) kullanılarak tozun yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk verileri kullanılarak hesaplanmıştır:

$$CI = \frac{\text{Sıkıştırılmış yoğunluk} - \text{Yığın yoğunluğu}}{\text{Sıkıştırılmış yoğunluğu}} \quad (4)$$

$$HO = \frac{\text{Sıkıştırılmış yoğunluk}}{\text{Yığın yoğunluğu}} \quad (5)$$

Tozun akışkanlığının ve yapışkanlığının sınıflandırılması sırasıyla CI ve HO değerlerine göre yapılmıştır. CI değeri <15 çok iyi akışkanlık, 15-20 iyi ve >35 kötü akışkanlığı göstermektedir. Benzer şekilde 1.0–1.1'lik bir hausner oranı HO, mükemmel akıcılık, 1.12–1.18 iyi akışkanlık ve 1,19–1,25 orta düzeyde akıcılık anlamına gelmektedir.

3. Deneysel Sonuçlar(Experimental Results)

3.1 Toz Prebiyotik Kakaolu İçeceklerin Briks, Çözünürlük ve Su Tutma Kapasitesi (Brix, Solubility and Water Holding Capacity of Powdered Prebiotic Cocoa Beverage)

Suda çözünür kuru madde, duyuşal özellikleri ve en önemlisi de tat algısını etkilediği için kakaolu içecek yapımında kakao tozunun kalitesini belirleyen önemli bir parametredir (Benković vd., 2013). Suda çözünür kuru madde içeriğinin belirlenmesi içeceklerin anında çözünür özelliklerini değerlendirmek için önemli bir faktördür. Prebiyotik özellik gösteren bileşenler ile hazırlanan toz içecek örneklerinin brix, çözünürlük ve su tutma kapasitesi özelliklerine ait bulgular Tablo. 3'te gösterilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda prebiyotikler ile hazırlanan toz kakaolu içecek örneklerinin brix değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Tablo 3.'te görüldüğü üzere örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri $22,2\pm 0,0$ ile $26,00\pm 0,00$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ek olarak Tablo 3.'te farklı oranlarda kullanılan prebiyotik hidrokolloidlerin su tutma kapasitesi, suda çözünürlük değerleri gösterilmiş ve sırasıyla $3,28\pm 0,37$ - $5,37\pm 0,70$ ile $77\pm 1,41$ - $96,5\pm 4,94$ aralığında tespit edilmiştir.

İnülin, polidekstroz ve maltodekstrinin kullanım oranlarına bağılı olarak çözünür kuru madde, suda çözünürlük ve su tutma kapasitesi özelliklerinin değişimi için en uygun modeller sırasıyla lineer, kuadratik ve kübik olarak belirlenmiştir. Bu modellere ait R^2 değerleri sırasıyla brix değerleri için 0,9409, çözünürlük için 0,80 ve son olarak su tutma kapasitesi için 0,9640 belirlenmiştir. R^2 değerinden de anlaşıldığı gibi inülin, polidekstroz ve maltodekstrin ilaveli içeceklerin brix, çözünürlük ve su tutma kapasitesi değerleri üzerindeki etkileri model ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir (Tablo 4.)

Toz gıdalar bileşiminde kullanılan maddelerin yararlı ve işlevsel özelliklerini sergileyebilmesi için iyi çözünürlük sağlayabilmelidir (Morr vd., 1985). Çözünürlük, tozun çözünmesinin son aşamasıdır ve genel sulandırma kalitesinin temel belirleyicisi olarak kabul edilir. Bu değerlendirmelere göre toz içecek formülasyonunda 23 gr maltodekstrin ilavesi ile hazırlanan örneklerde en yüksek çözünürlük değerleri elde edilmiş ve %94 ile %96,5 değerleri arasında belirlenmiştir. Benzer sonuçlar 23 gr polidekstroz ilavesinin çözünürlük değerlerinde (%92) de elde edilmiş olup maltodekstrin çözünürlüğünden istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0,05$). Ancak toz içecek örneklerinde inülin kullanımının çözünürlük üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve örneklerde %77 ile %82 arasında çözünürlük elde edilmiş olup maltodekstrin ve polidekstroz çözünürlüğünden istatistiksel olarak farklı olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Bu bileşenin kullanımı ile birlikte örneklerin çözünürlüğünde azalmaya neden olmuştur. Bu durum inülin bileşenin farklı moleköl ağırlıkları ve polimerin zincir uzunluğunun çözünürlüğü etkilemekte olup yakından ilişkisi ile açıklanabilir (Barclay vd., 2016).

Diyet liflerin teknolojik özellikleri arasında yer alan su tutma kapasitesi lifin matrisinde suyun tutulması ölçümüne dayanmaktadır (Chen vd, 2018).Tablo 3.'ten elde edilen sonuçlar, üç çeşit prebiyotiğin kullanımı ile hazırlanan toz kakaolu içeceklerin su tutma kapasitesi değerlerini göstermektedir. En yüksek su tutma kapasitesi sırasıyla 3,68: 15,64: 3,36 gr inülin, polidekstroz ve maltodekstrin kullanılarak hazırlanan toz içecek formülasyonunda (10. deneme noktası) $5,3\pm 0,14$ (g/g) bulunurken en düşük ise sırasıyla 0: 11,5: 11,5 oranında inülin, polidekstroz ve maltodekstrin ile hazırlanan formülasyonda (9. deneme noktası) $3,28\pm 0,37$ (g/g) olarak gözlemlenmiştir. Farklı oranlarda üç çeşit prebiyotiğin kullanımı su tutma kapasitesi karakteristiğinin geliştirilmesini sağlamıştır. Su bağlama karakteristiğinin geliştirilmesi, bir polidekstroz konsantrasyonuna bağılıdır. Bu bulgu, su bağlama potansiyeli nedeniyle polidekstrozun stabilizatör ve vücut oluşturucu ajan olarak kullanılabilceğini yansıtmaktadır (Amid vd., 2013: Huang vd., 2020). Benzer sonuçlar Srisuvor vd., (2013) tarafından da rapor edilmiştir. İnülin veya polidekstroz ilavesinin, sulandırılmış süttten üretilen az yağlı yoğurdun su tutma yüzdesini arttırdığı çalışma sonucundaki bulgularla desteklenmiştir.

Tablo 3. Toz içeceklerin bağımlı değişkenlerinin sonuçları (Results of dependent variables of powdered beverages)

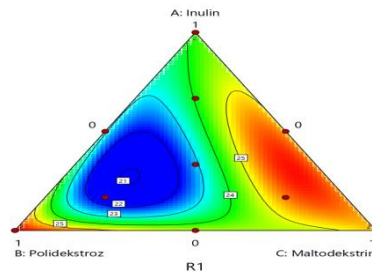
No	İnülin X ₁ (gr)	Poli dekstroz X ₂ (gr)	Malto deksrin X ₃ (gr)	Brix	Çözünürlük	Su tutma kapasitesi	Islanma Süresi	Kütle yoğunluğu	HR	CI
1	0	23	0	26±0,00	90±2,12	3,91±0,66	4,93±0,58	0,58±0,01	1,34±0,01	22,25±1,16
2	3,68	3,68	15,64	26±0,00	91±5,65	4,37±0,70	10,71±1,24	0,62±0,00	1,31±0,05	24,07±2,99
3	23	0	0	24±0,0	77±1,41	3,86±0,26	5,38±0,54	0,6±0,00	1,32±0,06	24,41±3,76
4	11,5	0	11,5	25±0,00	88±8,48	4,56±0,15	16,59±0,89	0,6±0,00	1,3±0,00	23,25±0,00
5	23	0	0	24,5±0,0	82±5,65	3,62±0,15 ^s	4,40±0,06	0,615±0,02	1,34±0,01	24,4±0,84
6	0	23	0	26±0,00	92±7,77	3,95±0,18	4,38±1,12	0,58±0,05	1,32±0,05	22,86±2,76
7	0	0	23	25±0,00	96,5±4,94	4,10±0,58	10,01±1,6	0,61±0,01	1,34±0,02	25,83±1,17
8	7,66	7,66	7,66	22,2±0,0	89±5,65	4,54±0,12	6,21±1,83	0,6±0,00	1,38±0,05	27,56±2,80
9	0	11,5	11,5	24,5±0,0	94±5,65	3,28±0,37	5,52±1,4	0,615±0,07	1,38±0,03	27,77±1,57
10	3,68	15,64	3,68	22±0,00	83,5±3,53	5,3±0,14	3,70±0,23	0,6±0,00	1,39±0,03	28,18±1,92
11	0	0	23	25,5±0,0	94±8,48	4,32±0,03	8,64±0,74	0,61±0,02	1,34±0,03	25,85±1,99
12	11,5	11,5	0	23±0,00	85±8,48	4,80±0,27	4,76±1,78	0,62±0,02	1,35±0,02	25,91±1,29
13	15,64	3,68	3,68	24,5±0,0	88±12,72	3,95±0,50	4,06±0,19	0,6±0,00	1,3±0,00	23,53±0,39

Şekil 1., Şekil 2. ve Şekil 3.'te sırasıyla toz içecek örneklerinin suda çözünür kuru madde, çözünürlük ve su tutma kapasitesi özellikleri üzerine bağımsız değişkenler olan inülin, polidekstroz ve maltodekstrin oranlarının etkisi gösterilmiştir. Toz içeceklerin incelenen aralıklarda toplam brix, çözünürlük ve su tutma kapasitesi değişimini ifade eden model denklik ise Eşitlik (6), (7) ve Eşitlik (8)'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

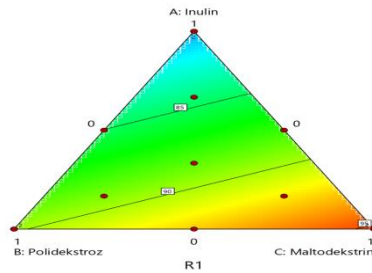
$$\text{Brix} = 24X_1 + 26,04X_2 + 25,29X_3 - 8,06X_1X_2 + 1,44X_1X_3 - 4,06X_2X_3 + 49,64X_1^2X_2X_3 - 265,36X_1X_2^2X_3 + 121,64X_1X_2X_3^2 \quad (6)$$

$$\text{Çözünürlük} = 80,29X_1 + 89,79X_2 + 95,29X_3 \quad (7)$$

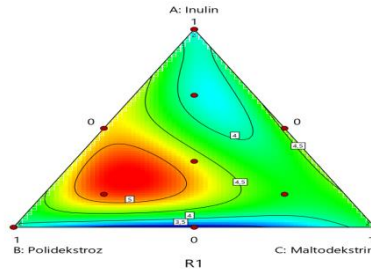
$$\text{Su tutma kapasitesi} = 3,75X_1 + 3,94X_2 + 4,22X_3 + 3,97X_1X_2 + 2,45X_1X_3 - 3,05X_2X_3 - 79,65X_1^2X_2X_3 + 105,39X_1X_2^2X_3 + 3,51X_1X_2X_3^2 \quad (8)$$



Şekil 1. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin karışım oranlarının toz prebiyotik kakaolu içeceklerinin briks değerleri üzerindeki etkisi (The effect of mixing ratios of inulin, polydextrose and maltodextrin on the brix values of powdered prebiotic cocoa beverages)



Şekil 2. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin karışım oranlarının toz prebiyotik kakaolu içeceklerinin çözünürlük üzerindeki etkisi (The effect of mixing ratios of inulin, polydextrose and maltodextrin on the solubility of powdered prebiotic cocoa beverages)



Şekil 3. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin karışım oranlarının toz prebiyotik kakaolu içeceklerin su tutma kapasitesi üzerindeki etkisi (The effect of powdered beverages prepared with inulin, polydextrose and maltodextrin on water holding capacity)

3.2. Toz Prebiyotik Kakaolu İçeceklerin İslanma Süresi (Wetting Time of Powdered Prebiotic Cocoa Beverage)

Toz gıdaların yeniden yapılandırılmasında izlenen sıra, aynı zamanda, ürünün doğasına ve arzu edilen nihai kullanımına da bağlıdır. Bu süreçlerin her birinin gerçekleşme kolaylığı, hazır gıdaların nihai kullanım kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, ıslanabilirlik, dağılılabirlik ve çözünürlük gibi ürün özellikleri, hazır toz gıdaları karakterize etmek için sıklıkla kullanılmıştır (Barletta& Barbosa-Carnovas, 1993). Bu nedenle, prebiyotik özellik gösteren bileşenler ile hazırlanan toz içecek örneklerinin ıslanma süresi özellikleri değerlendirilmiş ve bu özelliğe ait bulgular Tablo 3.'te gösterilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda prebiyotikler ile hazırlanan toz kakaolu içecek örneklerinin ıslanma süreleri istatistiksel olarak farklı bulunmuş ($p<0.05$) ve ıslanma süreleri $3,70\pm 0,23$ ile $16,59\pm 0,89$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

İnülin, polidekstroz ve maltodekstrinin kullanım oranlarına bağlı olarak ıslanma süresi özelliklerinin değişimi için en uygun modeller sırasıyla lineer, kuadratik ve kübik olarak belirlenmiştir. Bu modellere ait R^2 değerleri sırasıyla ıslanma süresi değerleri için 0,9811 olarak belirlenmiştir. R^2 değerinden de anlaşıldığı gibi inülin, polidekstroz ve maltodekstrin ilaveli içeceklerin ıslanma süresi değerleri üzerindeki etkileri model ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Toz içeceklerin brix, çözünürlük ve su tutma kapasitesi, ıslanma süresi, kütle yoğunluğu ve CI değerleri için varyans analiz sonuçları (Variance analysis results for brix, solubility and water holding capacity, soaking time, bulk density and CI values of powdered beverages)

Kaynak	Brix		Çözünürlük		Su Tuma Kapasitesi		Islanma Süresi		Kütle Yoğunluğu		CI	
	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF
Model	7,96*	8	20,62*	2	13,40*	8	25,99*	8	4,64*	5	10,00*	8
Doğrusal karışım	3,75	2	20,62*	2	0,7138	2	46,89*	2	5,88*	2	3,39	2
$X_1 * X_2$	9,96*	1			26,19*	1	0,0217	1	5,04	1	7,76*	1
$X_1 * X_3$	0,3157	1			9,97*	1	90,59*	1	2,51	1	6,09	1
$X_2 * X_3$	2,53	1			15,47*	1	2,66	1	4,11	1	17,48*	1
$X_1^{2*} X_2 * X_3$	0,7413	1			20,71*	1	21,71*	1			1,59	1
$X_2^{2*} X_1 * X_3$	21,18*	1			36,25*	1	25,97	1			17,91*	1
$X_3^{2*} X_2 * X_1$	4,45	1			0,0401	1	1,77	1			4,31	1
Kalıntı		4		10		4		4		7		4
Uyum Eksikliği	12,81	1	1,27	7	3,77	1	2,95	1	2,43	4	31,87*	1
Hata		3		3		3		3		3		3
Genel		12		12		12		12		12		12
Standart Hata	0,5738		2,64		0,1742		0,8827		0,0083		0,7358	
Ortalama	24,48		88,46		4,20		6,87		0,6038		25,07	
C.V	2,34		2,99		4,15		1,85		1,37		2,94	
R^2	0,9409		0,8048		0,9640		0,9811		0,7681		0,9524	
Adj- R^2	0,8227		0,7658		0,8921		0,9434		0,6025		0,8571	
Tahmini R^2	-7,2470		0,6757		-2,4935		-0,6394		-0,0124		-6,4738	

* P değerinin 0,05'den küçük model terimlerinin önemli olduğunu gösterir.

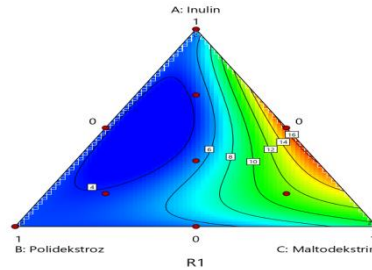
En yüksek ıslanma süresi, sırasıyla 11,5:0:11,5gr inülin, polidekstroz ve maltodekstrin kullanılarak hazırlanan

toz içecek formülasyonunda (4. deneme noktası) $16,59 \pm 0,89$ (g/g) bulunurken en düşük ise sırasıyla 3,68:15,64:3,68gr inülin, polidekstroz ve maltodekstrin ile hazırlanan formülasyonda (10. deneme noktası) $3,70 \pm 0,23$ (g/g) olarak gözlemlenmiştir.

Doğan vd.,(2016) tarafından kullanılan yöntemle göre hazırlanmış instant toz kakaolu içecek formülasyonunda şeker, süt tozu, peynir altı suyu tozu, kakao, patates nişastası, modifiye mısır nişastası, çikolata tozu, çikolata aroması, tuz ve sakız (ksantan, keçiyoynuzu zamkı) bileşenleri karıştırılmış ve ıslanma sürelerinin değerlendirildiği çalışmada örneklerin ıslanma süresi minimum 18 ile maksimum 170s arasında tespit edilmiştir. Örneklerin ıslanma sürelerinin yüksek olmasının nedenini bileşenlerin (kakao ve süt tozu) yağ oranının fazlalığına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Bunlara kıyasla yapığımız çalışmada; ıslanma süreleri minimum 3s ile maksimum 16s arasında belirlenmiş olup yağı azaltılmış kakao tozu kullanıldığı için ıslanma süreleri düşük olarak tespit edilmiştir. Islanabilirlik arttıkça partiküller içecekte daha uzun süre askıda kalabilir. Toz içecek örneklerinde inülin ve maltodekstrin oranlarının artışıyla ıslanma süresinde artış görülmüştür. Doğrusal karışım, inülin ve maltodekstrin interaksyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun oluşabilmesi için toz bileşenlerin su ile sulandırılması katıların kılcallık özelliği sayesinde sıvının granülün gözenekli matrisine nüfuz etme kolaylığı artırılarak, ıslatma sürelerinde belirgin bir azalma sağlanması gerekmektedir (Vissotto vd.,2010). Bundan dolayı ıslanma süresi düşük olan örneklerde suyun yapıya hızlı nüfuz etmesinin etkisi olduğu düşünülmektedir. Toz içeceklerin inülin, polidekstroz ve maltodekstrin oranlarının önemli olduğunun belirlendiği karışım dizaynıyla elde edilen model ile tahmin etmek ve ıslanma süresi değerleri ile ilişkileri belirlemek için kurulan Eşitlik (9)'da gösterildiği gibi bulunmuştur.

$$\text{Islanma Süresi} = 4,85X_1 + 4,61X_2 + 9,28X_3 - 0,5789X_1X_2 + 37,41X_1X_3 - 6,41X_2X_3 - 413,21X_1^2X_2X_3 - 45,20X_1X_2^2X_3 + 117,97X_1X_2X_3^2 \quad (9)$$

Şekil 4'te toz içecek örneklerinin ıslanma süresi değerleri üzerine bağımsız değişkenler olan inülin, polidekstroz ve maltodekstrin oranlarının etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin ile hazırlanan toz içeceklerin ıslanma süreleri üzerindeki etkisi (The effect of powdered beverages prepared with inulin, polydextrose and maltodextrin on wetting times)

3.3. Kütle Yoğunluk, Sıkıştırılmış Yoğunluk, Carr İndeks ve Hausner Oranı (Bulk Density, Tapped Density, Carr Index and Hausner Ratio)

Paketleme yoğunluğu olarak da adlandırılan yığın yoğunluğu, birim hacim başına tozun ağırlığını temsil eder ve genellikle kg/m^3 veya g/cm^3 olarak ifade edilebilir. Yığın yoğunluğu, toz ürünler için hayati önem taşır çünkü parçacıkların kendi hacimlerinin yanı sıra parçacıklar arasındaki boşlukları da içerir. Bu yüzden bir tozun yığın yoğunluğu, sıkıştırma, konsolidasyon vb. gibi parçacıkların paketlenme şekline bağlı olarak büyük ölçüde değişir ve paketlenmesini, taşınmasını ve işlenmesini etkilemektedir (Özdemir, 2021). Bu anlamda yeni bir ürün seçeneği olarak çikolatalı toz içeceklerin formülasyonlarının kütle yoğunluğu, HO ve CI özelliklerinin değerlendirilmesi önemlidir. Farklı konsantrasyonlarda prebiyotikler ile hazırlanan toz kakaolu içecek örneklerinin kütle yoğunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamış ($p > 0,05$) olup örneklerin kütle yoğunluğu değerleri $0,59 \pm 0,01$ ile $0,62 \pm 0,02$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ek olarak Tablo 3'te farklı oranlarda kullanılan prebiyotik hidrokolloidlerin hausner oranları (HO), carr indeks (CI) değerleri gösterilmiş ve sırasıyla $1,3 \pm 0,00$ - $1,39 \pm 0,03$ ile $22,25 \pm 1,16$ - $28,18 \pm 1,92$ aralığında tespit edilmiştir.

İnülin, polidekstroz ve maltodekstrinin kullanım oranlarına bağlı olarak kütle yoğunluğu ve carr indeks (CI) özelliklerinin değişimi için en uygun modeller sırasıyla lineer, kuadratik ve kübik olarak belirlenmiştir. Bu modellere ait R^2 değerleri sırasıyla kütle yoğunluğu değerleri için 0,8114, carr indeks (CI) için 0,9524 belirlenmiştir. R^2 değerinden de anlaşıldığı gibi inülin, polidekstroz ve maltodekstrin ilaveli içeceklerin kütle yoğunluğu ve carr indeks (CI) değerleri üzerindeki etkileri model ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir (Tablo 4.). Ancak HO değerleri için bu mümkün olmamıştır. Kullanılan bu bileşenlerin ilgili parametre üzerine

etkisini ifade eden model ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemsiz belirlenirken uyum eksikliği (lack of fit) değerleri önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kullanılan bu bileşenlerin kütle yoğunluğu parametresi üzerinde modelin uyumsuzluğu (lack of fit) ($p>0.05$) önemsiz iken CI değeri için uyumsuzluk (lack of fit) önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Şekil 5. ve Şekil 6.'da toz kakaolu içecek örneklerinin kütle yoğunluğu ve carr indeks (CI) değerleri üzerine bağımsız değişkenler olan inülin, polidekstroz ve maltodekstrin oranlarının etkisi gösterilmiştir.

Tablo 4.'te gösterilen varyans analiz sonuçlarına göre inülin, polidekstroz ve maltodekstrin pozitif yönde doğrusal karışımın etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuş ve etkinin artmasıyla birlikte kütle yoğunluğunu artırıcı etkisi bulunduğu saptanmıştır. Çalışma kapsamındaki örneklerde farklı prebiyotik maddeleri aynı oranda içeren örneklerin kütle yoğunluğu değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

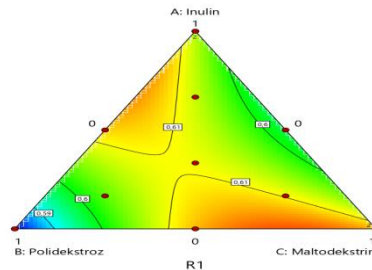
Benzer sonuçlar Han vd.,(2018) yüksek lifli çerez yapımı için farklı ticari lif malzemeleri (inülin, polidekstroz, malodekstrin) ve mısır unu ile birlikte ekstrüde edilen örneklerinde elde edilmiş olup yığın yoğunluğu dirençli maltodekstrin ilavesi ile kontrolden daha düşük kütle yoğunluğu elde edilirken, karışıma polidekstroz ilavesi ile ürün yığın yoğunluğunu değiştirmediği tespit edilmiştir.

Lourenço vd.,(2020) ananas kabuğundaki fenolik bileşiklerin maltodekstrin, inülin ve arap zıncığı ile enkapsülasyonu sonucunda elde edilen örneklerin yığın yoğunluk değerleri 0,18 ile 0,30 g/cm³ arasında değişmektedir. Mevcut çalışmada sonuçlar daha yüksek olup bu farklılığın püskürtülerek kurutma gibi aglomerasyon işlemlerinin yığın yoğunluğunu düşürücü etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

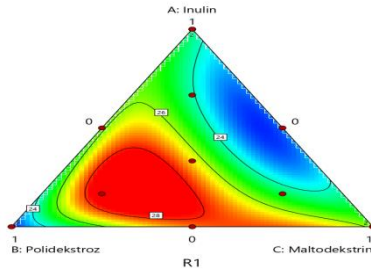
Tozun akışkanlığının ve yapışkanlığının sınıflandırılması sırasıyla CI ve HO değerlerine göre yapılmıştır. CI değeri 20-35 orta düzey akışkanlığı göstermektedir. Benzer şekilde hausner oranı 1,19-1,25 değerleri arasında ise orta düzeyde yapışkanlık anlamına gelmektedir. Bu sınıflandırmaya dayanarak mevcut çalışmada prebiyotik toz kakaolu içeceklerin akabilirliği ve yapışkanlığı orta düzey bulunmuştur. CI değeri orta düzey olan bir toz ürünün HO değerinin de orta düzey olması beklenen bir durumdur. Ayrıca toz ürünlerde farklı prebiyotik bileşenlerin farklı konsantrasyonda kullanılması düzensizliğe sahip aglomeralar, partiküller arası bir kenetlenmeye neden olmuş olabileceği (Johansen Schæfer, 2001) ve ürünün akışkanlık davranışını olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Toz içeceklerin inülin, polidekstroz ve maltodekstrin oranlarının önemli olduğunun belirlendiği karışım dizaynıyla elde edilen model ile tahmin etmek için kütle yoğunluğu ve Carr indeks değerleri ile ilişkileri belirlemek için kurulan kurulan Eşitlik (10) ve Eşitlik (11)'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

$$\text{Kütle Yoğunluğu} = 0,6068X_1 + 0,5799X_2 + 0,6123X_3 + 0,0737X_1X_2 - 0,0520X_1X_3 + 0,0666X_2X_3 \quad (10)$$

$$\text{CI} = 24,36X_1 + 25,51X_2 + 25,79X_3 + 9,13X_1X_2 - 8,08X_1X_3 + 13,70X_2X_3 - 93,25X_1^2X_2X_3 + 312,83X_1X_2^2X_3 - 153,55X_1X_2X_3^2 \quad (11)$$



Şekil 5. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin karışım oranlarının toz içeceklerin kütle yoğunluğu üzerindeki etkisi (The effect of mixing ratios of inulin, polydextrose and maltodextrin on the bulk density of powdered beverages)



Şekil 6. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin karışım oranlarının toz içeceklerin CI grafiği (Carr Index graph of the mixing ratios of inulin, polydextrose and maltodextrin for powdered beverages)

3.4. Kütle Yoğunluğu ve CI Parametrelerine Dayalı Sprebiyotik Kombinasyonunun Optimizasyonu

Amacımız, ürünün prebiyotik düzeylerinin optimizasyonu için yanıt olarak çözünürlük ve suda tutma kapasitesi sonuçları esas alınmış olup, bu parametrede maksimum düzeye ulaşmak için ürün bileşimi optimize edilmiştir. Her üç bağımsız değişken içinde optimizasyon sonucunda belirlenen dizayn noktalarına ait istenile bilirlik değeri (desirability) 0.87 olup; dizayn noktaları ise inülin 0,294, polidekstroz 0,537 ve maltodekstrin 0,168 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler formülasyonda kullanım düzeyine göre hesaplandığında ise sırasıyla inülin ve polidekstroz için 6,762 ve 12,351 gr iken maltodekstrin içinse 3,875gr olarak tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler (Conclusion and Suggestions)

Bu çalışmada benimsenen yaklaşım prebiyotik bileşenlerin toz kakaolu içeceğin brix, su tutma kapasitesi, ıslanma süresi ve kütle yoğunluğu kalite parametreleri üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Bu çalışmada, içecek formülasyonunda maltodekstrinin ve polidekstrozun çözünürlüğü yüksektir. Toz içecek örneklerinde inülin ve maltodekstrin oranlarının artışıyla ıslanma süresinde artış tespit edilmiştir. Kabul edilebilir bir endüstriyel ürün carr indeks ve hausner oranı aralığında kalan, iyi çözünürlüğe ve su tutma kapasitesine sahip ürün üretimi sağladık. Prebiyotiklerin optimum oranlarda kullanımı, ürünün fiziksel özelliklerinin sınırlarının belirlenmesiyle sonuçlanmıştır. Bu çalışmadaki bulgular, kütle yoğunluğu, carr indeksi ve hausner oran özelliklerini geliştirmek için toz içecek üretim endüstrilerinde potansiyel olarak kullanılabilir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı'nda Şirin OBA İLTER danışmanlığında yürütülen Osman Yılmaz'ın 2021 yılında tamamlanan Yüksek Lisans Tezi' nin bir kısmından oluşmaktadır. Bu çalışma Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FMB-BAP 19-0425 nolu proje kapsamında desteklenmiştir ve projeye sağladığı destek için Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' ne teşekkürlerimizi sunarız.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar(References)

- Bitaraf, S., Abbasi, S., & Hamidi, Z., 2013. Production of low-energy prebiotic dark chocolate using inulin, polydextrose, and maltodextrin. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(1), 49-62.
- Bordiga, M., Locatelli, M., Travaglia, F., Coisson, J. D., Mazza, G., & Arlorio, M., 2015. Evaluation of the effect of processing on cocoa polyphenols: antiradical activity, anthocyanins and procyanidins profiling from raw beans to chocolate. *International journal of food science & technology*, 50(3), 840-848.
- Cidell, J. L., & Alberts, H. C., 2006. Constructing quality: The multinational histories of chocolate. *Geoforum*, 37(6), 999-1007.
- Da Silva Lannes SC, Medeiros ML. 2008. Rheological properties of chocolate drink from cupuassu. *Int J Food Eng* 4(1):1-11
- Daini, R., Wenderoth, P., & Smith, S., 2003. Visual orientation illusions: Global mechanisms involved in hierarchical effects and frames of reference. *Perception & psychophysics*, 65(5), 770-778.
- Dogan, M., Toker, O. S., Aktar, T., & Goksel, M., 2013. Optimization of gum combination in prebiotic instant hot chocolate beverage model system in terms of rheological aspect: mixture design approach. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 783-794.

- Dogan, M., Aktar, T., Toker, O. S., & Tatlisu, N. B., 2015. Combination of the simple additive (saw) approach and mixture design to determine optimum cocoa combination of the hot chocolate beverage. *International Journal of Food Properties*, 18(8), 1677-1692.
- Donadini, G., Fumi, M. D., & Lambri, M., 2012. The hedonic response to chocolate and beverage pairing: A preliminary study. *Food Research International*, 48(2), 703-711.
- Laguna, L., Fiszman, S., Puerta, P., Chaya, C., & Tárrega, A., 2020. The impact of COVID-19 lockdown on food priorities. Results from a preliminary study using social media and an online survey with Spanish consumers. *Food quality and preference*, 86, 104028.
- Marcotte, M., Hoshahili, A. R. T., & Ramaswamy, H. S., 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34(8), 695-703.
- Mazo Rivas, J. C., Dietze, M., Zahn, S., Schneider, Y., & Rohm, H., 2018. Diversity of sensory profiles and physicochemical characteristics of commercial hot chocolate drinks from cocoa powders and block chocolates. *European Food Research and Technology*, 244(8), 1407-1414.
- Mellor, D. D., Amund, D., Georgousopoulou, E., & Naumovski, N., 2018. Sugar and cocoa: sweet synergy or bitter antagonisms. *Formulating cocoa and chocolate products for health: a narrative review. International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), 33-42.
- Ostrowska-Ligeża, E., & Lenart, A., 2015. Influence of water activity on the compressibility and mechanical properties of cocoa products. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1054-1060.
- Pimentel, T. C., de Assis, B. B. T., dos Santos Rocha, C., Marcolino, V. A., Rosset, M., & Magnani, M., 2022. Prebiotics in non-dairy products: Technological and physiological functionality, challenges, and perspectives. *Food Bioscience*, 101585.
- Reimer, R. A., Soto-Vaca, A., Nicolucci, A. C., Mayengbam, S., Park, H., Madsen, K. L., ... & Vaughan, E. E., 2020. Effect of chicory inulin-type fructan-containing snack bars on the human gut microbiota in low dietary fiber consumers in a randomized crossover trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 111(6), 1286-1296.
- Rosa, M. C., Carmo, M. R., Balthazar, C. F., Guimarães, J. T., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., ... & Cruz, A. G., 2021. Dairy products with prebiotics: An overview of the health benefits, technological and sensory properties. *International Dairy Journal*, 117, 105009.
- Sarfarazi, M., & Mohebbi, M., 2020. An investigation into the crystalline structure, and the rheological, thermal, textural and sensory properties of sugar-free milk chocolate: effect of inulin and maltodextrin. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(3), 1568-1581.
- Veena, N., Nath, S., & Arora, S., 2016. Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: a review. *Indian Journal of Dairy Science*, 69(3), 239-251.
- Wang, Q. Z., Zhang, M., Teng, W. M., Fu, C. D., Wang, C., Liu, Z. Y., ... & Liu, X. F., 2014. Effects of microalgal diets on juvenile growth and survival of the ark shell, *Scapharca broughtonii*. *Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology*, 25(8), 2405-2410.