

Jelatin, Laktalbumin ve Kazeinin Kakao Yağı Absorplama Kapasitelerinin Araştırılması

Sercan Dede

Mustafa Kemal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay, 31000

Saide Başak Arıkan

Bülent Ecevit Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 67900

Filiz Altay

İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 34469

Özet

Çikolatada yağ çiçeklenmesi, sıcaklık dalgalanmaları nedeniyle kakao yağının yeniden kristallenmesi kusurudur. Çikolatada emülsifiye edici olarak bulunan lesitin miktarının kakao yağının kararlı bir yapıda bulunmasına yardımcı olamayacak kadar az olması, tüketici beğenisini olumsuz etkileyen bu sorunu çözümsüz bırakmaktadır. Proteinler, besin değerlerinin yanında gıdalarda viskozite artırıcı, stabilizör ve jelleştirici gibi özellikleriyle gıda endüstrisinde yapı iyileştirici olarak sıkça kullanılan maddelerdir. Hayvansal kaynaklı proteinlerden kolajenden üretilen jelatin ile süt proteinleri olan kazein ve laktalbuminin bu amaçlar için kullanımı oldukça yaygındır. Bu çalışmanın amacı, emülsifiye edici özelliği bilinen bu proteinlerin kakao yağını tutma kapasitelerinin belirlenmesidir. Bununla birlikte yüzey gerilimi ve zeta potansiyel ölçümleri de yapılmıştır. Jelatinin kakao yağı absorplamasının laktalbumin ve kazeine göre daha iyi olduğu görülmüştür. Aynı zamanda yüzey gerilimi diğer proteinlere göre düşüktür. Ancak zeta potansiyel değeri bakımından en iyi sonucu laktalbumin vermiştir. Bu çalışmanın çıktıları, çikolatada hem emülsifiye edici hem de yağ çiçeklenmesini önleyici olarak işlev gösterecek modifiye proteinlerle ilgili araştırmalarda kullanılabilir.

Giriş

Çikolatada yağ çiçeklenmesi, üretim sırasında kararlı β' kristal polimorfik yapısı kazandırılan kakao yağının yüksek sıcaklıklarda yapısının bozulması ve sıcaklık düştüğünde daha farklı bir kristal yapı olarak çikolatanın yüzeyinde hoş gitmeyen donuk gri-beyaz bir renk ve mermeri andıran bir görünüm kazanması [1][2] ve bu nedenle tüketicilerde olumsuz etki yaratmasına neden olan bir kusurdur. Kullanılan yağın stabilitesinin artırılması ile daha yüksek sıcaklıklara çıkıldığı durumlarda bile kakao yağının kararlı kristal yapısı korunabilir. Bu nedenle bazı çikolata üreticileri kakao yağı yerine ya da kakao yağı ile birlikte ısıl stabilitesi daha yüksek olan yağlar kullanmaktadır [3]. Ancak kakao yağından başka yağ içeren formülasyonlar çikolata olarak tanımlanmamaktadır.

Çikolata, su içermediğinden yağ ve sudan oluşan bir emülsiyon olmamakla beraber, hidrofilik (şeker fazı) ve hidrofobik (kakao yağı) bileşenleri içeren bir emülsiyon olarak düşünülebilir. Çikolataya emülsifiye edici olarak genellikle lesitin ilave edilmektedir. Çikolataya ilave edilen emülsifiye edicinin görevi, hidrofilik şeker fazı ile hidrofobik kakao yağı fazının homojen bir tekstür oluşturmasını sağlamaktır. Emülsifiye ediciler lezzeti olumsuz etkileyebileceklerinden kısıtlı miktarda ilave edildikleri çikolatada kakao yağının çiçeklenmesini önlemeye yeterli olamamaktadır. Bu nedenle çikolataya ilave edilen emülsifiye edicilerin yağ çiçeklenmesini önlenmeye yönelik işlevsel bir yapıda seçilmesi önem kazanmaktadır.

Emülsifikasyon, emülsifiye edici özellikteki proteinlerle ve/veya yüzey aktif polisakkaritlerle (sümfaktanlar) sulu fazda stabilize edilebilen küçük küresel yağ damlacıkları içeren su içinde yağ emülsiyonlarının hazırlanması şeklinde tanımlanmaktadır [4][5]. Proteinler, hidrofobik kısımları hidrofobik faza (hava veya yağ); hidrofilik kısımları ise sulu faza uygun hale gelebildiği bir ara yüzey oluşturarak sümfaktan özelliği göstermektedirler [6]. Proteinlerin emülsiyonlarda kullanımının bir diğer önemli sebebi ise genellikle lipid oksidasyonunu önleyici şekilde

stabilizör olarak ve/veya topaklaşmayı önleyici ajan olarak kullanılabilirliği [7][8][9][10][11]. Bu gibi sistemlerde negatif yüke sahip olan proteinlerin kullanılmasıyla üretilen emülsiyonlar da negatif yüke sahip olmaktadır. Bu negatif yükler de elektrostatik bir itme gücü oluşturarak topaklaşma ve çökelmenin önüne geçmektedir. Bu sayede daha uzun süreli stabilite sağlanmaktadır [8][11][12][13][14]. Emülsiyonlarda daha yüksek stabilite sağlayabilmek için genellikle birden fazla protein kullanımı ya da proteinlerin yanında yüzey aktif özellik gösteren sürfaktanların da az miktarda kullanımı söz konusu olabilmektedir [15][16][17][18][19][20].

Yüksek miktarda su bağlayabilen, ilave edildikleri sulu sistemlerin stabilitesini değiştiren, bitkisel, hayvansal, mikrobiyal ya da sentetik olabilen hidrofilik polimerlere hidrokolloid adı verilmektedir [21]. Gıda uygulamalarında emülsifiye edici ajan olarak bir protein mi yoksa bir hidrokolloid mi seçileceğine karar verileceği zaman, sıcaklık, pH, iyonik kuvvet, kalsiyum vb. iyon içeriği gibi koşulların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Uygun ortam koşulları sağlandığında proteinler daha etkin emülsifiye edici olarak çalışmaktadır. Emülsifiye edici olarak çokça kullanılan kazein ve laktalbuminin ise hidrokolloid değildir [22]. Jelatin, hidrofilik karakteri sayesinde hidrokolloid sınıfına girebilen tek proteindir. Daha çok stabilizör ve jelleşme ajanı olarak kullanılan jelatinin emülsiyon oluşturma yeteneği diğer proteinlere göre daha yüksektir [23]. Ancak hidrofilik bir protein olan jelatin yağlarla bir arada kullanıldığında hidrofobik özellik göstermekte, bu sayede suyla olan etkileşimi azaltmakta ve bazı çevre koşullarına karşı etkin bir bariyer olabilmektedir [24].

Proteinler, polisakkarit bazlı emülsifiye edicilerle karşılaştırıldığında daha yüksek bağlanma ve daha düşük yüzey doygunluğu göstermektedir. Yani hidrokolloidlerle karşılaştırıldığında protein emülsifiye edicileri (kazein, laktalbumin, vs.) çok daha düşük konsantrasyonlarda bile daha stabil emülsiyonlar oluşturabilirler [25]. Ancak protein bazlı emülsiyonlarda da elektrostatik yüklerden kaynaklı stabilite problemleri söz konusu olabilmektedir. Örneğin kazein kullanılan emülsiyonlarda stabilite asitlik ve kalsiyum iyonları etkisi ile bozulabilmektedir [26].

Kakao yağının formülasyonlarda emülsifiye edici/stabilize olarak kullanılan proteinler tarafından absorplanarak, çikolatada yağ çiçeklenmesinin azaltılabileceği düşünülmektedir. Jelatin, laktalbumin ve kazeinin yağ ve/veya su absorplaması ve emülsiyon stabilitesini artırıcı etkileri literatürde çokça çalışılmıştır [27][28][29][30][31][32][33][34]. Ancak literatürde kakao yağı absorplama özellikleriyle ilgili bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı jelatin, laktalbumin ve kazeinin kakao yağı absorplamaları ile emülsifiye edici parametrelerden zeta potansiyel ve yüzey gerilimlerinin ölçülmesidir. Elde edilecek sonuçlar yağ çiçeklenmesini önlemek için kakao yağı absorplayan/bağlayan/tutan, aynı zamanda emülsifiye edici özelliklere sahip modifiye proteinlerin veya protein karışımlarının çikolatada kullanılması çalışmalarına ışık tutacaktır

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada jelatin (Sigma- Aldrich, ABD), kazein (Sigma- Aldrich, ABD), laktalbumin (Sigma- Aldrich, ABD) ve kakao yağı (Mindivan, Türkiye) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Proteinlerin kakao yağı absorplama kapasitesinin belirlenmesi

Kakao yağının absorplama analizi, Caprez ve ark. 1986 [35]'nin uyguladıkları yağ absorplama metodundan modifiye edilerek yapılmıştır. Her bir proteinden 0,05 veya 0,5 g tartılarak cam tüplere konulmuş, daha sonra tüp içindeki proteinlerin üzerine 5'er ml kakao yağı ilave edilmiştir. Ardından tüpler bir vorteks (Ika vortex 3, Almanya) yardımı ile birer dakika karıştırılmıştır. Çikolata çiçeklenmesi çikolatanın sıcak ortamda kalması sonucu ortaya çıktığından tüpler bir etüvde (Memmert, Almanya) 30°C'de 24 saat bekletilmiştir. Bekletilen tüpler etüvden alınarak 1500 g'de 10 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Proteinler tarafından absorplanmamış yağ miktarı cam tüp üzerindeki ölçekten okunarak belirlenmiştir. Analizler iki tekrarlı olarak yürütülmüştür.

2.2.2. Yüzey gerilimi ve zeta potansiyel ölçümleri

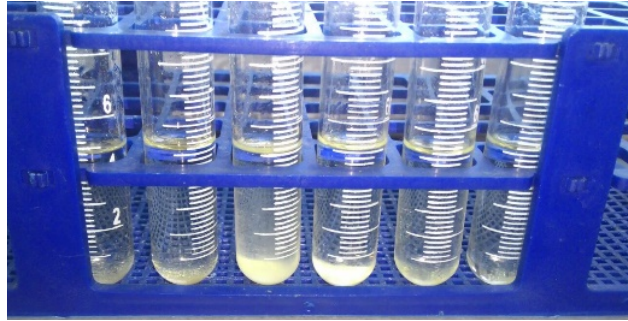
Proteinlerin karakterize edilmesi için çözeltileri hazırlanarak emülsifikasyon karakterlerini ortaya koyacak olan yüzey gerilimi ve zeta potansiyel değerleri ölçümü yapılmıştır. Bu amaçla her proteinden 0,5 gram alınıp üzerine 5

ml saf su veya 5 ml etanol (Merck, Almanya) eklenerek tüpler içerisinde 1 dakika süreyle karıştırılmıştır. Çözeltilerin sahip oldukları yüzey gerilimi bir tensiyometre (Dataphysics DCAT, Almanya) ile oda sıcaklığında ölçülmüş ve bir yazılım (Dataphysics SCAT, Almanya) ile değerlendirilmiştir. Proteinlerin zeta potansiyel değerleri ise bir dinamik ışık saçınım cihazı (Malvern Nano ZS, Birleşik Krallık) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür. Zeta potansiyel ölçümleri için su ile hazırlanan çözeltiler saf su ile; etanol ile hazırlanan çözeltiler ise etanol ile 1/100 oranında seyreltilmiştir

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Proteinlerin kakao yağı absorplama kapasitesi

Şekil 1'de kakao yağına 0,05 g protein ilave edilip karıştırılan tüplerin görüntüleri verilmiştir. Bu tüpler 30°C'de 24 saat bekletildikten sonra 1500g'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. Bu tüplerde yağ absorplama gözlenmemiştir (Şekil 2). Kakao yağına eklenen proteinlerin miktarının yağ tutma kapasitesi için yetersiz olduğu görülmektedir.

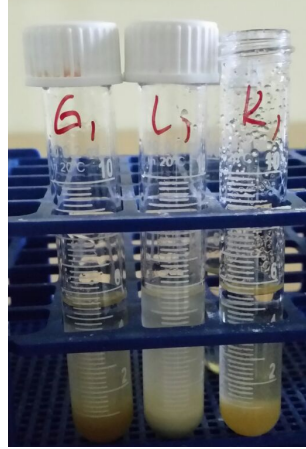


Şekil 1: Karıştırma işlemi uygulandıktan sonra 0,05 g protein içeren tüplerin görüntüsü (Soldan sağa sırasıyla tüplerin protein içerikleri: 1. ve 2. tüpler: jelatin; 3. ve 4. tüpler laktalbumin; 5. ve 6. tüpler kazein)



Şekil 2: Kakao yağına 0,05 g eklenen proteinlerin 30oC'de 24 saat bekletildikten ve santrifüjlendikten sonraki görüntüsü (Soldan sağa sırasıyla tüplerin protein içerikleri: 1. ve 2. tüpler: jelatin; 3. ve 4. tüpler laktalbumin; 5. ve 6. tüpler kazein)

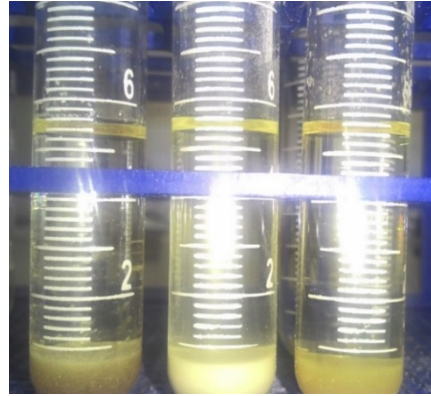
İkinci konsantrasyon düzeyi için proteinler deney tüplerine 0,5 g olarak ilave edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Karıştırma işlemi uygulandıktan sonra 0,5 g protein içeren tüplerin görüntüsü (Soldan sağa sırasıyla tüplerin protein içerikleri: 1. tüp: jelatin; 2. tüp laktalbumin; 3. tüp kazein)

Kakao yağına 0,5 g protein eklenen tüplerde ise sadece jelatinin yağ tuttuğu gözlenmiştir (Şekil 4). Jelatinin kakao yağı absorplaması yaklaşık olarak $0,10 \pm 0,05$ ml olarak hesaplanmıştır. Buna göre jelatinin ortalama kakao yağı absorplama kapasitesi 0,2 ml/g'dır. Kazein içeren örneklerde ise yağ absorplaması gözlemlenmemiştir. Laktalbumin içeren örnek tüpünde üç fazlı bir görünüm olduğu belirlenmiştir. Bu üç fazın, laktalbumince zengin olan alt kısımdan, laktalbumin-kakao yağının birlikte bulunduğu ara kısımdan ve kakao yağının zengin olduğu üst kısımdan oluştuğu düşünülmektedir. Ancak, laktalbumin kullanılan tüplerde belirgin bir faz ayrımı gözlenemediğinden kakao yağı absorplaması hesaplanamamıştır. Peynir altı suyu (PAS) proteinlerinin yağ absorplama kapasitesinin düşük olduğu, hatta matristeki peynir suyu proteini miktarının artması ile absorplamanın azaldığı (%10 PAS ile kaplı kağıtta 10,2 g/m²; %11,5 PAS ile kaplı kağıtta 8,8 g/m²) literatürde de ifade edilmiştir [36]. (Han ve Krochta, 2001).

Elde edilen bulgular, bu proteinler arasında yalnızca jelatinin kakao yağı absorbanı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4: Kakao yağına 0,5 g eklenen proteinlerin 30°C'de 24 saat bekletildikten ve santrifüjlendikten sonraki görüntüsü (Soldan sağa sırasıyla tüplerin protein içerikleri: 1. tüp: jelatin; 2. tüp laktalbumin; 3. tüp kazein)

3.2. Proteinlerin yüzey gerilimi ve zeta potansiyel değerleri

Proteinlerin suda ve etanoldeki yüzey gerilimi ve zeta potansiyel ölçümlerinin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Taşıyıcı matris olarak kullanılan su ve etanolün oda koşullarında yüzey gerilimi değerleri sırasıyla 72 mN/m ve 22 mN/m'dir [37]. Tablo 1'den proteinlerin iki farklı ortamda farklı yüzey gerilimi değişikliklerine sebep olduğu

görülmektedir. Proteinler suya ilave edildiklerinde suyun yüzey gerilimini düşürmelerine rağmen, etanolün yüzey gerilimini az da olsa arttırdıkları görülmektedir. Suyun yüzey gerilimini en çok jelatin düşürürken, etanolün yüzey gerilimindeki az artışı, protein çeşidinden etkilenmemiştir. Jelatin-su sistemi hariç, bütün etanolü örneklerin yüzey gerilimi sulu örneklerin yüzey geriliminden düşüktür. Bu durumun da amino gruplarının alkolle inaktive olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir [38].

Tablo 1: Proteinlerin su veya etanoldeki yüzey gerilimi ve zeta potansiyel değerleri

Protein	Yüzey Gerilimi (mN/m)	Zeta Potansiyeli (mV)
Jelatin (suda)	13,11 ± 0,03	-1,42 ± 0,01
Jelatin (etanolde)	23,49 ± 0,02	-2,99 ± 0,27
Laktalbumin (suda)	51,99 ± 0,03	-15,6 ± 0,66
Laktalbumin (etanolde)	23,48 ± 0,01	12,2 ± 0,86
Kazein (suda)	34,23 ± 0,03	-10,9 ± 1,39
Kazein (etanolde)	23,59 ± 0,02	-0,72 ± 0,51

Tablo 1’den en düşük yüzey geriliminin su içindeki jelatin için ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek yüzey gerilimi ise su içindeki laktalbumine aittir. Jelatin dışındaki diğer proteinler için sudaki yüzey gerilimleri, etanoldeki yüzey gerilimlerinden daha büyüktür. Etanol ortamı laktalbumin ve kazein için yüzey gerilimini düşürücü bir etken olmuştur [39]. Jelatin içinse durum farklıdır. Jelatinin etanoldeki yüzey gerilimi sudakinden daha fazladır. Zeta potansiyel değerlerine göre her üç protein de çökme eğilimi göstermektedir (Tablo 1), çünkü zeta potansiyel değerleri -20 mV ile +20 mV arasında ve laktalbumin hariç sıfıra yakındır. Zeta potansiyelin sıfır olması, çökmenin başladığı izoelektrik nokta anlamına gelmektedir. Jelatin dışındaki proteinlerin sulu sistemleri etanolü sistemlerine göre daha kararlı sonuçlar vermiştir.

4. SONUÇLAR

Jelatinin kakao yağı absorplamasının laktalbumin ve kazeine göre daha iyi olduğu görülmüştür. Aynı zamanda yüzey gerilimi diğer iki proteine göre düşüktür. Ancak zeta potansiyel değeri bakımından laktalbumin en iyi sonucu vermiştir.

Her üç proteininin su ve etanolde hem yüzey gerilimi hem de zeta potansiyeli değerleri birbirinden farklılık göstermiştir. Bu durumun jelatinin daha hidrofilik özelliğe olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu durum jelatinin süt proteinlerine kıyasla suda daha düşük yüzey gerilimi göstermesine neden olmuştur.

Çikolatada hem yağ çiçeklenmesinin önlenmesi hem de emülsifiye edicilik işlevlerini gerçekleştirecek iki farklı proteinin, (örneğin jelatin ve laktalbumin) aynı anda kullanılması düşünülebilir. Bu durumda, bu ikili protein ilavesinin kakao yağının kristallenmesine etkilerinin ve çikolatada stabilite testlerinin yapılması gereklidir. Diğer bir uygulama da, çeşitli metotlarla proteinlerin yüzey karakteristikleri değiştirilerek istenilen yağ absorplama ve emülsifiye etme özellikleri elde edilmesi olabilir. Öte yandan, söz konusu proteinler nano mertebelere getirilerek yüzey alanlarının artırılması dolayısıyla yağ absorplama ve emülsifiye edicilik özelliklerinin geliştirilmesi çalışmaları da yürütülebilir.

REFERANSLAR

- [1] Bricknell, J. ve Hartel, RW. 1998. Relation of Fat Bloom in Chocolate to Polymorphic Transition of Cocoa Butter. Journal of American Oil Chemists’s Society, 75(11), 1609-1615.
- [2] Altan, A. Özel Gıdalar Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Yayınları. No:191, 11. Baskı. (2010), s: 60-61. Adana.
- [3] GTHB, 2016. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı resmi sitesi. www.tarim.gov.tr Erişim tarihi: 17.02.2016

- [4] Sun, C. ve Gunasekaran, S. (2009). Effects of protein concentration and oil-phase volume fraction on the stability and rheology of menhaden oil-in-water emulsions stabilized by whey protein isolate with xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 165–174.
- [5] Taherian, A. R.; Britten, M.; Sabik, H. ve Fustier, P. (2011). Ability of whey protein isolate and/or fish gelatin to inhibit physical separation and lipid oxidation in fish oil-in-water beverage emulsion. *Food Hydrocolloids*, 25, 868–878.
- [6] Lankfeld, J.M.G. ve Lyklema J. (1972). Adsorption of polyvinyl alcohol on the paraffin–water interface. I. Interfacial tension as a function of time and concentration. *Journal of Colloid and Interface Science*, 41, 454–465.
- [7] Courthaudon, J. L., Dickinson, E. ve Christie, W. W. (1991). Competitive adsorption of lecithin and p-casein in oil in water emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 1365-1368.
- [8] Dalgleish, D. G., Srinivasan, M. ve Singh, H. (1995). Surface properties of oil-in-water emulsion droplets containing casein and Tween-60. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 2351-2355.
- [9] Dalgleish, D. G. (1996). Conformations and structures of milk proteins adsorbed to oil-water interfaces. *Food Research International*, 29(5-6), 541-547.
- [10] Dickinson, E. (1997). Properties of emulsions stabilized with milk proteins: overview of some recent developments. *J. Dairy Sci.*, 80: 2607-2619.
- [11] Min Hu, D., Mc Clements, J. ve Decker, E. A. (2003). Lipid Oxidation in Corn Oil-in-Water Emulsions Stabilized by Casein, Whey Protein Isolate, and Soy Protein Isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1696–1700.
- [12] Dickinson, E., Rolfe, S. E., Dalgleish, D. G. (1988). Competitive absorption of κ -casein and α -casein in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 265, 397-405.
- [13] Euston, S. E., Singh, M., Munro, P. A. ve Dalgleish, D. G. (1995). Competitive absorption between sodium caseinate and oil-soluble and water-soluble surfactants in oil-in-water emulsions. *Journal of Food Science*, 60, 1124-1131.
- [14] Dickinson, E. ve Golding, M. (1998). Influence of calcium ions on creaming and rheology of emulsions containing sodium caseinate. *Colloids Surface A*, 144, 167-177.
- [15] Dickinson, E ve Gelin, J-L. (1992). Influence of emulsifier on competitive adsorption of α -casein + β -lactoglobulin in oil-in-water emulsions. *Colloids and Surfaces*. 63(3–4), 329–335.
- [16] Dalgleish, D. G. (1997). Adsorption of protein and the stability of emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 8(1), 1–6.

- [17] Dickinson, E. (2011). Mixed biopolymers at interfaces: Competitive adsorption and multilayer structures. *Food Hydrocolloids*, 25, 1966-1983.
- [18] Jara, F.L., Sanchez, C.C., Patino, J.M.R. ve Pilosof, A.M.R. (2014). Competitive adsorption behavior of β -lactoglobulin, α -lactalbumin, bovine serum albumin in presence of hydroxypropylmethylcellulose. Influence of pH. *Food Hydrocolloids*, 35, 189–197.
- [19] Salminen, H. ve Weiss, J. (2014). Electrostatic adsorption and stability of whey protein–pectin complexes on emulsion interfaces. *Food Hydrocolloids*, 35, 410-419.
- [20] Fustier, P., Achouri, A., Taherian, A. R., Britten, M., Pelletier, M., Sabik, H., Villeneuve, S., ve Mondor, M. (2015). Protein–Protein Multilayer Oil-in-Water Emulsions for the Microencapsulation of Flaxseed Oil: Effect of Whey and Fish Gelatin Concentration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 9239–9250.
- [21] Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F. ve Aguilera., J.M., (2001). Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. *Science & Engineering*, ss.34.
- [22] Dickinson, E. *An Introduction to Food Colloids*. Oxford University Press, (1992). Oxford.
- [23] Dickinson, E. (2009). Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 23, 1473–1482.
- [24] Ma, W., Tang, C-H., Yin, S-W., Yang, X-Q., Wang, Q., Liu, F. ve Wei, Z-H. (2012). Characterization of gelatin-based edible films incorporated with olive oil. *Food Research International*, 49, 572–579.
- [25] Dickinson, E. (2001). Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology. *Colloids and Surfaces B*, 20, 197–210.
- [26] Dickinson, E. (2006). Structure formation of casein-based gels, foams and emulsions. *Colloids and Surfaces A*, 288, 3–11.
- [27] Dickinson, E. (1999). Caseins in emulsions: interfacial properties and interactions. *International Dairy Journal*, 9, 305-312.
- [28] Dybowska, B.E. (2008). Properties of milk protein concentrate stabilized oil-in-water emulsions. *Journal of Food Engineering*, 88(4), 507-513.
- [29] Horn, A.F., Wulff, T., Nielsen, N.S. ve Jacobsen, C. (2013). Effect of alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin on the oxidative stability of 10% fish oil-in-water emulsions depends on pH. *Food Chemistry*, 141(1), 574-581.
- [30] Liang, Y., Patel, H., Matia-Merino, L., Ye, A. ve Golding, M. (2013). Structure and stability of heat-treated concentrated dairy-protein-stabilised oil-in-water emulsions: A stability map characterisation approach. *Food Hydrocolloids*, 33, 297-308.

- [31] Singh, H. ve Ye, A. Chapter 12 – Interactions and Functionality of Milk Proteins in Food Emulsions. Milk Proteins (Second edition). From Expression to Food. A volume in Food Science and Technology, (2014), 359-386.
- [32] Hebishy, E., Buffa, M., Guamis, B., Blasco-Moreno, A. ve Trujillo, A-J. (2015). Physical and oxidative stability of whey protein oil-in-water emulsions produced by conventional and ultra-high-pressure homogenization: Effects of pressure and protein concentration on emulsion characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 32, 79–90.
- [33] Öztürk, B. ve Clements, D.J. (2016). Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. *Current Opinion in Food Science*, 7, 1-6.
- [34] Tavernier, I., Wijaya, W., Van der Meeren, P., Dewettinck, K. ve Patel, A. R. (2016). Food-grade particles for emulsion stabilization. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 159-174.
- [35] Caprez, A., Arrigoni, E., Amadò, R. ve Neukom, H. (1986). Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 4(3), 233-239.
- [36] Han, J.H. ve Krochta, J.M. (2001). Physical Properties and Oil Absorption of Whey-Protein-Coated Paper. *Journal of Food Science*, 66(2), 294-299.
- [37] Larachi, F., Laurent, A., Midoux, N. ve Wild, G. (1991). Experimental study of a trickle-bed reactor operating at high pressure; two phase pressure drop and liquid saturation. *Chemical Engineering Science*. 46(5/6), 1233-1246.
- [38] Saldamlı, İ. ve Temiz, A. Bölüm 4- Aminoasitler, Peptidler ve Proteinler. Amino grubunun alkolle inaktivasyonu. *Gıda Kimyası*. (Ed. Saldamlı, İ.) Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara, 1998. ss: 209.
- [39] Dickinson, E ve Woskett, C.M. (1988). Effect of alcohol on adsorption of casein at the oil-water interface. *Food Hydrocolloids*, 2(3), 187-194.