

# PASTÖRİZASYON VE ULTRASONİKASYON İŞLEMİ UYGULANAN KABUKLU YUMURTA KULLANILARAK ÜRETİLEN BEZE ÜRÜNLERİNİN FİZİKO-FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Doç.Dr. Muhammed YÜCEER

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda İşleme Bölümü

e-mail: myuceer@comu.edu.tr

## ÖZET

Çalışma kapsamında; ultrases ve pastörizasyon uygulanan kabuklu yumurta kullanılarak üretilen beze ürününün karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kabuklu yumurtaya ultrases ve pastörizasyon işlemi uygulanmış ardından kırılarak beyazı ayrılmış ve beze yapımında kullanılmıştır. Çalışma kapsamında geleneksel pastörizasyon ve yenilikçi uygulama olan ultrases ile muamele edilen kabuklu yumurta ile üretilen bezeler, işlem uygulanmamış (çiğ yumurta ile) üretilenler arasındaki kalite (beze hamur yoğunluğu, reolojik davranışı) farkı ve fonksiyonel özelliklerindeki değişim ile reolojik davranışların karakterize edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, ultrases ve pastörizasyon muamelesinin beze ürününün fiziko-fonksiyonel özelliklerini (düşük özgül

yoğunluk değeri) iyileştirdiği belirlenmiştir. Ancak ultrases uygulamasının beze hamur kalitesi ve akışkanlığının pastörize yumurtadan elde edilen örneğe göre creep eğrilerinde kayma gerilimi ve deformasyon ile akıcılığın diğer gruplara göre istatistiki açıdan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sürünme toparlanması (Creep-recovery) testinde uygulanan çok küçük bir sabit kayma gerilmesinin etkisi altında beze hamurunun yapısında toparlanma etkisi görülmüştür. Çalışma kapsamında beze hamurunun yoğunluğunun değerleri sırası ile ultraseste 0,36; pastörizasyonda 0,37 ve kontrol grubunda ise 0,41 olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pastörizasyon, ultrases, yumurta, beze, fonksiyonel karakterizasyon, reolojik davranış.

## ABSTRACT

The goal of this project was to observe the effect of egg treated with ultrasound and pasteurization on meringue preparation. The study aimed to characterize the rheological behavior of meringues produced with pasteurized and ultrasound-treated shell eggs, the effect on the quality (meringue dough density, rheological behavior) were investigated. The difference between traditional techniques (pasteurization) and novel techniques (ultrasound) and non-treated (raw egg) samples were analyzed. Egg

samples were untreated-unpasteurized, ultrasound treated, and pasteurized. Under the constant shear stress applied in the creep-test, the effect of recovery in the structure of the meringue batter was observed. It was observed in the study, the batter density values of meringue were 0.36 in ultrasound; 0.37 in pasteurization and 0.41 in the control group, respectively. Values between 0.35-0.40 are accepted as success criteria.

**Keywords:** Pasteurization, ultrasound, egg, meringue, functional characterization, rheological behaviour.

## GİRİŞ

Mükemmel bir protein kaynağı olan taze yumurta, dünya genelinde günlük olarak tüketilen en besleyici gıdalar arasında yer almaktadır. Yumurta, insan beslenmesinin temelinde yer alan, anne sütünden sonra, işlevsel özellikleri ile besin öğeleri bakımından mükemmel nitelikleriyle ülke ekonomisinde önemli bir yere sahip olan bir gıda maddesidir. Yumurta, yetişkin bir bireyin günlük olarak gereksinim duyduğu esansiyel besin öğelerini içeren fonksiyonel temel bir gıda maddesidir<sup>4</sup>. Yumurta ve ürünlerinin raf ömrünün uzatılması ve kalitesinin korunması amacıyla günümüzde en çok pastörizasyon tekniğinden yararlanılmaktadır. Yumurta beyazı protein içeriği nedeniyle yumurta sarısı ve bütün yumurtaya göre daha düşük sıcaklık değerlerinde pastörize edilmektedir. Ayrıca yumurta ürünlerinin pastörizasyon işlemi ile fonksiyonel özelliklerinde kayıp oluştuğu bilinmektedir<sup>5-7</sup>. Birçok gıdanın imalatında kullanılan yumurtayı önemli bir girdi yapan köpük ve jel oluşturma gibi fonksiyonel özellikleri yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenmektedir<sup>8-10</sup>. Ancak ısıl işlemin yumurtanın fonksiyonel özellikleri, aroma ve protein yapısına zarar vermesi ve özellikle yumurta beyazının protein içeriği nedeniyle yumurta sarısı ve bütün yumurtaya göre daha düşük sıcaklık değerlerinde pastörize edilmesi gerekmesinin gerekliliği nedeniyle, bu yönleme alternatif olabilecek metotların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan tekniklerin optimizasyonu

ve yumurtanın yapısında ısıl işlem sonucu meydana gelen zararların geri kazanımı için günümüzde ultrases üzerine olan ilgi artmış ve bu konudaki çalışmalar hız kazanmıştır<sup>11-14</sup>. Bu durum; bölgesel olarak üretici konumunda olduğumuz yumurta konusunda ve özellikle son yıllarda hızlı bir gelişme kaydeden ve endüstriyel işletme sayısı hızla artan yumurta işleme sanayiinde ayrıntılı çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir<sup>15</sup>. Bu nedenle, yeni yöntemler kullanılarak yumurtanın kalitesinin ve fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi ve ticari yumurta sektöründe tüketici güveninin korunması için önemli olacaktır.

Yumurta, hayvansal ürünler arasında referans olarak kabul gören, en iyi biyoyararlılığa, oldukça yüksek sindirilebilir protein kalitesine ve esansiyel amino asit profiline sahip bir gıdadır<sup>16-18</sup>. Mükemmel bir protein kaynağı olan taze yumurta, dünya genelinde günlük olarak tüketilen en besleyici gıdalar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, yumurta depolama sırasında iç kalite bozulmasına karşı oldukça duyarlıdır. Yumurtlamanın sonrasında yumurtanın kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve fonksiyonel özelliklerinin değişimini ifade eden bayatlama sürecinin başladığı bilinmektedir<sup>19-21</sup>. Yumurta kabuğu doğal bariyer olarak kabul edilebilir olsa da kabuklu yumurtanın raf ömrü ortalama 21-22 gün olup, çevresel faktörlere karşı oldukça hassastır. Bu durum yumurtayı imalathanelerinde kullanan özellikle ev dışı tüketim ve

pastaneler gibi yerlerde fonksiyonellik ve performans açısından büyük ekonomik kayıplarla sonuçlanmaktadır<sup>22, 23</sup>. Yumurtanın genel kalitesindeki küçük bir gelişme/iyileşme veya katma değerine etki edebilecek bir optimizasyon bile endüstride kayda değere önemli tasarruflar sağlayacaktır.

Ultras, mekaniksel nitelikte olup çok yüksek frekansta (18 kHz-500 MHz) duyulabilecek tonda sese sahiptir. Ultras uygulamarları esnasında hücre içinde vakumlu boşlukların (kativasyonlar) oluşması, hücre çeperinin incilmesi, noktasal sıcaklık yükselişi, mikro buharlaşma ve şok dalgaları gibi etkiler, geleneksel ısı işlem uygulamalarında oluşan besin kaybı ve olumsuz duyuşal değişimlere neden olmazken mikroorganizmaların daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde inaktivasyonu sağlanmaktadır. Ultras uygulamalarının etkinliği üzerine, kullanılan ultrases dalganın genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve sıcaklık etkili olmaktadır. Ultrases frekansı önemli bir parametredir ve maksimum kabarcık boyutunu belirlemektedir. Düşük frekanslarda (örneğin 20 kHz) üretilen kabarcıkların boyutu büyüktür ve çöktüğünde yüksek enerjiler üretmektedir<sup>24, 25</sup>.

Bu çalışma kapsamında pastörizasyon ve ultrases uygulanan kabuklu yumurtalar ile üretilen bezeler, mevcut geleneksel tekniklerle (çiğ yumurta) üretilenler arasındaki kaliteye (beze hamur yoğunluğu, reolojik davranışı) etkisi gözlemlenerek fonksiyonel özelliklerindeki değişim ile reolojik davranışının karakterize edilmesi hedeflenmiştir.

#### MATERYAL VE METOT

##### Materyal

Kabuklu yumurta numuneler Afyonkarahisar il merkezindeki yumurta işleme tesisi olan Dibako Gıda Ltd. Şti. firmasından temin edildikten sonra hızlı bir şekilde laboratuvara taşınmıştır. Yumurtalar kırık, çatlak, kirlilik bakımından ayıklanmıştır. Kabuklu yumurtalar laboratuvar ortamında ultrases uygulaması ve kabuklu pastörizasyon için oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Beze üretiminde kullanılan toz şeker Çanakkale'de bulunan yerel marketten temin edilmiştir.

##### Uygulamalar

###### Kabuklu Yumurta Ultrases Uygulaması

Akustik kavitasyon yaratmak için kullanılan Ultraschallprocessor (HielscherUltronics GmbH, Teltow, Almanya) UIP1000hd (1000 W) tip ultrases üreticinin BS4d40 kodlu metalik probu, 1000 ml su içerisine batırılarak istenilen güçte ultrases elde edilmiştir<sup>26</sup>. Kabuklu yumurta özel olarak dizayn edilmiş kabinde 250 W, 5 dakika süre ile ultrases işlemine tabii tutulmuş ve sonrasında oda sıcaklığındaki muhafaza ortamına taşınmıştır<sup>27</sup>.

###### Kabuklu Yumurta Pastörizasyon Uygulaması

Kabuklu yumurtanın pastörizasyon işlemi için su banyosunda sabit sıcaklıkta pastörizasyon işlemi 56,5 C'de 45 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir<sup>28</sup>.

##### Beze Üretimi

Pastörize edilen kabuklu yumurtalar elle kırılarak kabuklarından ayrılmış ve çalışmada sadece beyazı (ak) beze uygulamasında değerlendirilmiştir. Daha sonra 200 ml pastörize yumurta akı alınarak 350 g şeker tartılarak karıştırılmış ve Hobart N50 mikserde(N50CE, HobartFosterScandinaviaA/S, Aalborg, Danimarka) 3 devirde 5 dakika süre ile çırpılmıştır.

##### Beze Hamur Yoğunluğu Ölçümü

Beze hamurundan yoğunluk ölçümleri daha önceden hacmi safsu ile belirlenen bir kap ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için hacmi belirlenmiş sabit kap elde edilen hamur ile tamamen doldurulmuş ve hassas terazide ağırlığı ölçülüp kaydedilerek, buradanday yoğunluk hesabı yapılmıştır (g/cm<sup>3</sup>)[29, 30].

##### Reolojik Ölçümler

Yumurta aklarının toz şeker ile birlikte çırılması sonucu elde edilen beze hamurunda viskoelastik akış karakterizasyonu için sünme (creeping), gerilme-gevşeme davranışının (strainsweep) ölçümlenerek belirlenmesi Guadarrama-Lezama, Carrillo-Navas<sup>31</sup> tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Reolojik ölçümler HR-2 (Discovery Series Hybrid HR-2, TA Instruments, New Castle, DE, ABD) reometre60 mm plate/plate geometri ölçüm sensörü ile 1 mm aralıkta ve ölçüm probu ile zemin arası numunenin kurumaması için parafin oil ile kaplanarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için step creep (transient) testi 25 °C'de iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşamada 5 Pastress altında 180 saniye boyunca devam eden testin ikinci aşamasında ise 0 Pa stres altında ve 360 saniye boyunca devam ettirilmiş ve numunenin gerilme gevşemesi tespit edilmiştir. Çalışmada 'stiffpeak' (ikinci basamak çırpmadaki sertleşmiş beyaz beze hamuru) aşamasındaki beze kullanılmıştır<sup>30</sup>. Çalışmada her bir örnek yenilenecek 3 kere ölçülmüştür.



Şekil 1. Beze hamurunun reolojik ölçümü

##### İstatistiksel Analizler

Çalışmada kontrol grubu (çiğ yumurta akı) pastörizasyon ve ultrases işlemleri uygulanan yumurta ile üretilen beze ürünlerinin kalitesi üzerine etkilerinin araştırılmasında varyans analizinden (ANOVA) yararlanılmıştır. İstatistiksel farklılık p değerinin 0,05 veya daha küçük olmasına göre belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerde SAS istatistik programı kullanılmıştır<sup>32</sup>. Çalışma 2 paralel ve 2 tekrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

##### BULGULAR ve TARTIŞMA

###### Beze Hamur Yoğunluğu

Çalışma kapsamında beze hamurunun yoğunluğunun değerlerinin sırası ile ultraseste 0,36; pastörizasyonda 0,37 ve kontrol grubunda ise 0,41 olarak tespit edilmiştir. 0,35-0,40 arasındaki değerler başarı kriteri olarak kabul edilmektedir. Buna göre sonikasyon (ultrases) uygulanan yumurta akları ile üretilen bezelerde pastörizasyon uygulaması ve kontrol grubuna göre istatistiki açıdan daha düşük beze yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde pastörize kabuklu yumurta kullanılarak üretilen beze örneklerinin hamur özgül ağırlık değerleri de kontrol grubundan istatistiksel olarak önemi düzeyde düşük

tespit edilmiştir (**Tablo 1**). Bu durum pastörize ve sonikasyon uygulamasına tabii tutularak üretilen bezelerde hamurun yapısında daha fazla hava tutulması ve endüstriyel açıdan daha yüksek randıman değerlerine erişilmesi açısından önem taşımaktadır. Beze uygulamalarında özgül yoğunluğunun azaltılmasına yönelik uygulamalar farklı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır<sup>30, 33-36</sup>. Beze hamur yoğunluğunda  $0,36 \pm 0,02$  değeri başarı kriteri olarak kabul

edilmektedir<sup>30, 33</sup>.

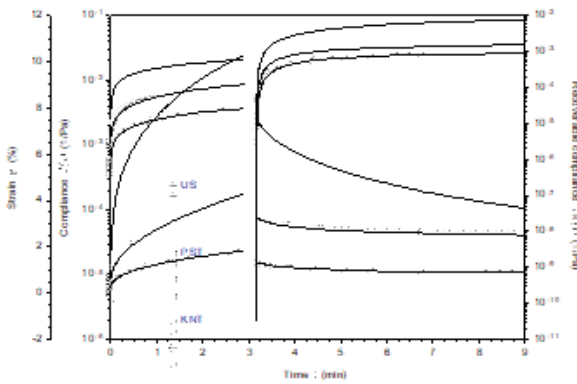
Uygulamalar	Özgül Yoğunluk
KNT	$0,41 \pm 0,008a$
PST	$0,37 \pm 0,002b$
US	$0,36 \pm 0,001c$

**Tablo 1.** Ultrases-US ve pastörizasyon-PST uygulanan ve uygulanmayan (KNT) kabuklu yumurta örneklerinden elde edilen beze hamuru numunelerinin özgül yoğunluk değerleri

a-c Aynı satırlarda farklı harflerle gösterilendeğerler istatistiksel olarak farklıdır

### Beze Hamuru Reolojik Davranışı

Yumurta akılarının toz şeker ile birlikte çırpılması sonucu elde edilen beze hamurunda sünme ve gerilme-gevşeme davranışının (strainsweep) belirlenmesi amacıyla beze hamur numunelerinin testi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda beze hamur numunelerinde viskoelastik malzeme davranışı ile tutarlı bir yapı gözlenmiştir. Testte uygulanan çok küçük bir sabit kayma gerilmesinin etkisi altında beze hamurunun yapısı toparlanma ve bağların yeniden düzenlenmesiyle viskoelastik yapının etkisi görülmüştür (**Şekil 2**). Beze ürününün creep test eğrileri literatür verileri ile örtüşmektedir<sup>37-39</sup>.



Şekil 2. Ultrases-US ve pastörizasyon-PST uygulanan ve uygulanmayan (KNT) kabuklu yumurta örneklerinden elde edilen beze hamuru numunelerinin creep test eğrileri

### SONUÇ

Ekonomik olmasının yanı sıra, sağlık açısından da birçok faydalar sağlayan taze yumurta üzerine ilgi, son yıllarda büyük ölçüde

artış göstermiştir. Ancak yüksek üretim ve tüketim potansiyeline sahip yumurta ürünleri, fonksiyonel özellikleri açısından kabuklu yumurtanın yerine ikame olarak kullanıldığı alan sınırlı kalmıştır. Bu nedenle endüstri; kaliteli, yüksek katma değerli ve fonksiyonel özelliklere sahip ürün talebini karşılamak adına yeni uygulama yöntemleri kullanımı yolunda girişimlerde bulunmaktadır.

Ultrases uygulanan ve pastörizasyon işlemi uygulanan kabuklu yumurta kullanılarak üretilen beze ürünlerinin fonksiyonel ve reolojik özellikleri üzerinde etkisinin incelendiği çalışmada; ultrases uygulanması yumurtanın hamur özgül ağırlığını düşürmede (köpürme kabiliyetini artırarak) böylelikle beze stabilitesinin artırılmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında hedeflenen beze özgül yoğunluk değerinin azaltılmasında başarı kriterine erişilmiştir. Bu durum beze üretiminde kullanılan yumurtanın ultrasesin ile işlenmesinin özellikle ev dışı tüketimde ve pastacılık sektöründe kullanım potansiyelini ortaya çıkarmıştır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Sanayi İşbirliği Projesi kapsamında desteklenmiştir. Proje No: FSI-2018-2657.

### KAYNAKLAR

- Anton, M. and F. Nau, Bioactive Egg Components and their Potential Uses. *World's Poultry Sci. J.*, 2006. 62: p. 429-438.
- Açıkgöz, Z. and S.S. Önenç, Fonksiyonel Yumurta Üretimi. *Hay. Üret.*, 2006. 47(1): p. 36-46.
- Yüceer, M., R. Temizkan, and C. Caner, Fonksiyonel Gıda Olarak Yumurta: Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri. *Akademik Gıda*, 2012. 10(4): p. 70-76.
- Yüceer, M., Yumurta ve Yumurta Ürünleri İşleme Teknolojisi ve Uygulamaları 2019: Sidas Medya Ltd.Şti.
- Tan, T.C., K. Kanyarat, and M.E. Azhar, Evaluation of functional properties of egg white obtained from pasteurized shell egg as ingredient in angel food cake. *International Food Research Journal*, 2012. 19(1): p. 303-308.
- McCluskey, V.K.K., *Microbial Analysis of Shelled Eggs and Chemical and Functional Analysis of Liquid Eggs*. 2007, Auburn University: Auburn, Alabama, USA.
- Unluturk, S., et al., Modeling inactivation kinetics of liquid egg white exposed to UV-C irradiation. *Int J Food Microbiol*, 2010. 142(3): p. 341-7.
- Mine, Y., *Egg Bioscience and Biotechnology*. 2007, Hoboken, New Jersey, USA: Wiley-Interscience & Sons, Inc., Publication.
- Van der Plancken, I., A. Van Loey, and M.E. Hendrickx, Foaming properties of egg white proteins affected by heat or high pressure treatment. *J. of Food Eng.*, 2007. 78(4): p. 1410-1426.
- Kuropatwa, M., A. Tolkach, and U. Kulozik, Impact of pH on the interactions between whey and egg white proteins as assessed by the foamability of their mixtures. *Food Hydrocol.*, 2009. 23(8): p. 2174-2181.
- Yüceer, M. and C. Caner, The impact of coatings and

novel processing techniques on the functionality of table eggs during extended storage period at ambient temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2021. 45(3): p. e15261.

12. Caner, C. and M. Yüceer, Maintaining Functional Properties of Shell Eggs by Ultrasound Treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015. 95(14): p. 2880-91.
13. Ai, M., et al., High-intensity ultrasound together with heat treatment improves the oil-in-water emulsion stability of egg white protein peptides. *Food Hydrocolloids*, 2021. 111.
14. Arzeni, C., O.E. Pérez, and M.R. Pilosof, Aggregation and gelation properties of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound, in 11th International Congress on Engineering and Food. 2011: Athens, Greece. p. 1-6.
15. Yüceer, M., et al., Enzim Modifiye Sıvı Yumurta Akının Reolojik Karakterizasyonu - Enzyme Modified Liquid Egg White Rheological Characterization, in 6. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni kongresi, P.D.Y.C. Sancak, Editor. 2015, (Sözlü Sunum): Van.
16. Watkins, B.A., The Nutrition Value of The Egg, in *Egg Sci. and Technol.*, W.J. Stadelman and J. Cotterill, Editors. 1995, The Haworth Press Inc.: New York.
17. Surai, P. and N. Sparks, Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Sci. & Tech.*, 2001. 12: p. 7-16.
18. Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill, *Egg science and technology*. 1995, New York.: The Haworth Press Inc. 29.
19. Freeland-Graves, J.H. and G.C. Peckman, Eggs, in *Foundation of Food Prep.*, J.H. Freeland-Graves and G.C. Peckman, Editors. 1987, Macmillan Publishing: New York. p. 415-440.
20. Caner, C. and Ö. Cansız, Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *J. of the Sci. of Food and Agric.*, 2007. 87(2): p. 227-232.
21. Belitz, H.-D., W. Grosch, and P. Schieberle, Eggs, in *Food Chemistry*, H.-D. Belitz, W. Grosch, and P. Schieberle, Editors. 2009, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: USA. p. 546-561.
22. Caner, C., The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *J. of the Sci. of Food and Agric.*, 2005. 85(11): p. 1897-1902.
23. Wong, Y.C., T.J. Herald, and K.A. Hachmeister, Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Science*, 1996. 75(417-422).
24. Dolatowski, Z.J., J. Stadink, and D. Stasiak, Applications of ultrasound in food technology. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2007. 6(3): p. 89-99.
25. Chemat, F., Z. Huma, and M.K. Khan, Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochem.*, 2011. 18(4): p. 813-35.
26. Yüceer, M., Sıvı Yumurtada Ultrases Tekniği Kullanımının Ürünün Bazı Fiziksel ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerindeki Etkisi. *Gıda*, 2018. 43(6): p. 1019-1029.
27. Caner, C. and M. Yuceer, Maintaining functional properties of shell eggs by ultrasound treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014: p. n/a-n/a.
28. Lith, L., F.F. Putirulan, and R. Mulder, Pasteurization of table eggs to eliminate Salmonellae. *Archiv Fur Geflugelkunde*, 1995. 59: p. 157-160.
29. Koç, M., Pastörize Sıvı Yumurtanın Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi ve Mikroenkapsülasyonu, in *Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*. 2009, Ege Üniversitesi: Bornova, İzmir.
30. Yüceer, M. and C. Caner, Effectiveness of enzymes on structural, functional and creep-recovery behavior of freshly prepared meringue's batter using liquid egg albumen. *Journal of Food Science and Technology*, 2021.
31. Guadarrama-Lezama, A.Y., et al., Thermal and Rheological Properties of Sponge Cake Batters and Texture and Microstructural Characteristics of Sponge Cake made with Native Corn Starch in Partial or Total Replacement of Wheat Flour. *LWT - Food Science and Technology*, 2016. 70: p. 46-54.
32. SAS, SAS User Guide Version 9.1.3. . 2003, NC, USA: Statistical Analysis Systems Institute.
33. Yüceer, M. and C. Caner, Effects of protease-hydrolyzed egg white on the meringue batter properties and meringue textural and sensory properties during storage. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2021. 25.
34. Yüceer, M. and H. Asik, Texture, rheology, storage stability, and sensory evaluation of meringue's prepared from lipase enzyme-modified liquid egg white. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020. 44(9): p. e14667.
35. Li, X., et al., Investigations of foaming, interfacial and structural properties of dispersions, batters and cakes formed by industrial yolk-contaminated egg white protein. *Lwt*, 2021.
36. Licciardello, F., et al., Effect of Sugar, Citric Acid and Egg White type on the Microstructural and Mechanical Properties of Meringues. *Journal of Food Engineering*, 2012. 108(3): p. 453-462.
37. O'Charoen, S., et al., Effect of D-Psicose Used as Sucrose Replacer on the Characteristics of Meringue. *Journal of Food Science*, 2014. 79(12): p. E2463-E2469.
38. Stevenson, P., M.D. Mantle, and J.M. Hicks, NMRI Studies of the Free Drainage of Egg White and Meringue Mixture Froths. *Food Hydrocolloids*, 2007. 21(2): p. 221-229.
39. Mizu, T. and K. Nagao, Thermal Conduction in Egg Albumen Foam (Meringue) during Heating. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 2010. 57(1): p. 20-25.