



**Püskürtmeli Kurutma ile Nohut Haşlama Suyundan Toz Elde Edilmesinde Ürün Veriminin Artırılması**

**Program Kodu:1002**

**Proje No:222O411**

**Proje Yürütücüsü:**

**Dr. Öğr. Üyesi NİHAT YAVUZ**

**Bursiyer(ler)**

**HUDAYAR BEGLİYEV**

**HATİCE KÜBRA ÇELİK**

**NİSAN 2023**

**ANKARA**





## ÖNSÖZ

Tübitak 1002-B programı kapsamında desteklenen 222O411 numaralı ve “Püskürtmeli Kurutma ile Nohut Haşlama Suyundan Toz Elde Edilmesinde Ürün Veriminin Artırılması” başlıklı proje kapsamında atık bir ürün olan bitkisel kaynaklı nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutma ile toz ürün haline getirilmiştir. Bu sırada eklenen kurutmaya yardımcı katkı maddelerinin ürün verimi ve toz ürünün fonksiyonel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Projede yer alan iş paketlerinin gerçekleştirilmesinde bir yüksek lisans ve bir lisans bursiyeri yer almıştır. Proje ekibi adına verdiği destekten dolayı Tübitak’a teşekkür ederiz.



## İÇİNDEKİLER

TABLO VE ŞEKİL LİSTELERİ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	4
3.1 Nohut Haşlama Suyu Elde Edilmesi.....	4
3.2 Nohut Haşlama Suyu Tozu Elde Edilmesi.....	4
3.2.1 Nem analizi.....	5
3.2.2 Yığın ve Sıkıştırılmış Yoğunluk Analizleri.....	5
3.2.3 Akışkanlık ve Yapışkanlık Analizleri.....	5
3.2.4 Çözünürlük Analizi.....	6
3.2.5 Su ve Yağ Tutma Kapasiteleri.....	6
3.2.6 Köpürme Kapasitesi Analizi.....	6
3.2.7 Hava Oranı Analizi.....	7
3.2.8 Köpük Kararlılığı Analizi.....	7
3.2.9 Emülsiyon Kararlılığı.....	7
3.2.10 İstatiksel Analizler.....	8
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	8
4.1 Nem Miktarı ve Ürün Verimliliği.....	8
4.2 NHST Fonksiyonel Özellikleri.....	11
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	13
Kaynaklar.....	14



## TABLO VE ŞEKİL LİSTELERİ

Tablo 1. Carr indeksi ve Hausner oranı için değerlendirme kriterleri.....	6
Tablo 2. Nem ve ürün verimliliği.....	9
Tablo 3. Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri.....	11
Tablo 4. Çözünürlük, su ve yağ tutma kapasiteleri.....	12
Tablo 5. Köpürme ve emülsiyon özellikleri.....	12
Tablo 6. Kurutma çemberinden toplanan NHST örneklerine ait fonksiyonel özellikler.....	13
Şekil 1. Kuru madde oranının %3'ü kadar gam arabik içeren NHS'nin kurutulması sırasında kurutucu çemberi altında yer alan kavanozda birikmesi.....	9



## ÖZET

Bu proje kapsamında nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutulması sırasında ürün verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. 130°C giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve 80 m<sup>3</sup>/sa hava hızı ile yapılan püskürtmeli kurutma işleminde nohut haşlama suyunun kuru madde oranının %20, 40 ve 60'ı olacak şekilde maltodekstrin (DE17-19) nohut haşlama suyuna eklenmiştir. Kurutma sonunda ürün verimliliğinin %22-26 arasında değiştiği ve istenen en az %50 verimlilik değerine ulaşamadığı görülmüştür. Bu işlemlerden elde edilen toz ürünlerin fonksiyonel özellikleri arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark ( $p>0.05$ ) bulunmamıştır. Giriş sıcaklığı 170oC'ye çıkarıldığında hem kurutma çemberi hem de toz toplama kavanozlarından elde edilen ürünler bir arada değerlendirildiğinde ürün verimliliği %60 olarak hesaplanmıştır. Kurutma çemberinden ve toplama kavanozlarından gelen örneklerin fonksiyonel özellikleri arasında ise yine önemli ( $p>0.05$ ) bir fark belirlenmemiştir.



## ABSTRACT

The aim of this project was to increase product yield during spray drying of chickpea cooking water. While the spray drying process was conducted with 130°C inlet air temperature, 6 mL/min feed rate and 80 m<sup>3</sup>/h air velocity, maltodextrin (DE17-19) was added to the chickpea cooking water in a way that the maltodextrin ratio was 20, 40 and 60% of the chickpea cooking water dry matter. At the end of drying, it was observed that the product yield ranged between 22-26% and the desired minimum 50% yield value could not be reached. There was no statistically significant difference ( $p>0.05$ ) between the functional properties of the powders obtained from these processes. After the inlet air temperature was increased to 170°C, the product yield was calculated as 60% when the products obtained from both the drying chamber and the collection jars were evaluated together. Again, no significant difference ( $p>0.05$ ) was found between the functional properties of the samples from the drying chamber and the collection jars.



## 1. GİRİŞ

Nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutulması ile toz ürün elde edilmesi çeşitli gıda uygulamalarında önemli yer bulmasını sağlayabilecektir. Sahip olduğu bileşenler göz önüne alındığında püskürtmeli kurutma sırasında kurutucu duvarlarına yapışabilecek toz taneleri nedeni ile ürün verimliliğinde azalmalar yaşanabilecektir. Kurutmaya yardımcı katkı maddelerinin kullanılması ile malzeme temelli yaklaşımlar ile ürün verimliliğinin artırılması yaygın olarak uygulanan yaklaşımlardandır. Eklenecek katkı maddelerinin özellikleri ve miktarına bağlı olarak püskürtmeli kurutma sonrası elde edilecek ürünün fonksiyonel özellikleri de değişebilmektedir.

Bu çalışmada kurutmaya yardımcı katkı maddelerinin nohut haşlama suyuna eklenmesi ile ürün verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Laboratuvar ölçeğinde yapılan püskürtmeli kurutma işlemlerinde ürün verimliliğinin en az %50 olması başarı olarak görülmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda 130°C giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve 80 m<sup>3</sup>/sa hava hızı ile nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutulmasında ürün verimliliğinin %33 civarında olduğu belirlenmiştir. Farklı oranlarda maltodekstrin ve gam arabik eklenmesi ile aynı kurutma değişkenleriyle nohut haşlama suyundan toz ürün elde edilmesi ve ürün verimliliği ile birlikte fonksiyonel özelliklerin ölçümü de yapılacaktır. Bu sayede kurutmaya yardımcı katkı maddelerinin etkileri de gözlemlenmiş olacaktır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Baklagillerin haşlanması sonrası geriye kalan suyun çeşitli gıda uygulamaları için alternatif bir kaynak olarak değerlendirilmesi giderek ilgi çeken bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Çoğunlukla atık olarak görülen bu suyun içerisinde değişen miktarlarda karbonhidrat, protein, saponin ve lif bulunabilmektedir. Stantiall vd. (2018) kullanılan baklagil kaynağına ve haşlama koşullarına göre değişmekle birlikte 100 g haşlama suyunda yaklaşık olarak 0.95 g protein, 3.61 g karbonhidrat, 4.5 mg saponin ve diğer fenolik bileşenlerin olduğunu bildirmektedir. Haşlama sırasında baklagillerden suya geçen bu bileşenler sayesinde baklagil haşlama suyunun önemli fonksiyonel özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir. Protein ve saponin köpük oluşumunun sağlanmasında etkili iken liflerin jel oluşumunda etkili olabileceği belirtilmektedir. Haşlama sularının ekmek (Bird vd., 2017), mayonez (He vd., 2021; Raikos vd., 2020), beze (Lafarga vd., 2019; Meurer vd., 2020), köpük çikolata (Damian vd., 2018), kek (Aslan & Ertaş, 2020) yapımında değerlendirilmesi ve kalite özellikleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Beze yapımında nohut ve bezelyeden elde edilen haşlama sularının kullanılması, duyu analizi testlerine göre yumurta akına benzer değerler elde edilmesini sağlamıştır (Damian vd., 2018; Stantiall vd., 2018). Alsaman vd. (2020) nohut haşlama koşullarının elde edilecek haşlama suyunun kalitesini etkilediğini ortaya koymuştur. Fonksiyonel ve bileşen özellikleri açısından ideal haşlama koşullarını 1.5:3.5 nohut:su oranı ve 60 dk basınçlı pişirme olarak bildirmektedir. Nohut haşlama suyunun önemli ölçüde alerjen özelliği bulunan yumurta akı yerine gıda hazırlamada kullanılabileceği düşünülmektedir. Meurer vd. (2020) nohut haşlama suyuna ultrases uygulaması ile fonksiyonel özelliklerdeki değişimleri incelemiştir. Haşlama suyunun viskozitesinde, köpürme kapasitesinde ve stabilitesinde en yüksek ultrases gücünde artış gözlemlenmiştir. Ultrases uygulanan haşlama suyundan yapılan bezelerin tekstür ve renk özelliklerinin, ultrases uygulanmamış örneklerden hazırlanan bezelerden daha iyi olduğu da gösterilmiştir. Buhl vd. (2019) nohut haşlama suyunun kuru madde oranını yaklaşık %7-8 olarak bildirmektedir. Kuru maddenin ise çoğunlukla şeker ve liflerden oluşan karbonhidratlardan ve albumin proteinlerinden oluştuğunu belirlemiştir. Nohut haşlama suyunda bulunan proteinlerin isoelektrik noktasının (4.6) nohut protein izolatlarının isoelektrik noktasına (4.5) yakın olduğu ölçülmüştür. Nohut haşlama suyundan hazırlanan köpüklerin pH 4.5 değerinde stabiliteyi 1 saat kadar koruyabildiğini gözlemlenmiştir. Nohut haşlama suyundan elde edilen köpüklerin yapısında yumurta akı proteinlerinden hazırlanan köpüklere göre daha fazla su bulunduğunu ancak köpük stabiliteyi arasında bir fark olmadığını göstermiştir. Özellikle nohut kullanılarak elde edilen haşlama suyu, aquafaba olarak

adlandırılmaktadır. Ticari olarak ise vegan market için mayonez ve tereyağı üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bazı ünlü Amerikan restoranlarının tariflerinde yer bulmasının yanında toz haline getirilerek satışı ise yine Vör Inc. adında bir Amerikan firması tarafından başlatılmıştır. Türkiye'nin de en önemli üreticileri arasında bulunduğu nohut, doğrudan yemeklik olarak tüketilmesinin yanında konserve, haşlanmış ürünler, dondurulmuş gıdalar, humus gibi ürünlere işlenmekte veya diğer catering firmalarınca kullanılmaktadır. Bu üretim aşamalarında nohutlar haşlanmakta ancak açığa çıkan haşlama suyu herhangi bir şekilde değerlendirilmemektedir. Normalde atık olarak görülen nohut haşlama suyunun değerlendirilmesi önemli ekonomik kazançlar ve gıda uygulamaları için alternatif çözümler üretilmesini sağlama potansiyeline sahiptir (Mustafa & Reaney, 2020).

İçerdiği bileşenler ve nötr değerine yakın pH seviyesi göz önüne alındığında nohut haşlama suyunun mikroorganizma gelişimine açık ve kolay bozulabilir yapıda olduğu söylenebilir. Bu nedenle nohut haşlama suyunun çeşitli yöntemler ile kurutularak toz haline getirilmesi ve raf ömrünün uzatılmasının yanında kolay taşınabilir ve az yer tutacak şekilde depolanabilir olması da sağlanabilir. Aslan & Ertaş (2021) köpük kurutma yöntemini optimize ederek nohut haşlama suyu tozu (NHST) elde etmiştir. Optimizasyon sonucunda nohut haşlama suyuna katılacak kurutmaya yardımcı maddelerden karboksimetilselüloz, sodyum aljinat ve polydekstroz oranları belirlenmiştir. He vd. (2021) 150°C giriş sıcaklığında ve kurutmaya yardımcı katkı maddeleri eklenmeden yapılan püskürtmeli kurutma yönteminin diğer kurutma yöntemlerine göre daha kolay çözümlüğe ve emülsiyon özelliklerine sahip NHST sağladığını belirlemiştir. Silva vd. (2022) yine 150°C'de yapılan püskürtmeli kurutma işlemi ile dondurarak kurutma yöntemine göre daha yüksek kuru madde içeriğine sahip NHST elde etmiştir. 60 mL/saat besleme hızında yapılan püskürtmeli kurutma yönteminin dondurarak kurutma yöntemine operasyonel kriterler göz önüne alındığında tercih edilebileceğini belirtilmiştir.

Düşük moleküler ağırlıklı ve düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip bileşenlerden oluşan gıdaların püskürtmeli kurutma yöntemi ile kurutulmaları sırasında kuruyan ürünlerin kurutucu duvarlarına yapışarak ürün veriminin azalması ve ürün kalitesinin düşmesi özellikle laboratuvar ölçeğinde sıklıkla görülebilmektedir. Bu sorunun çözülebilmesi için malzeme veya proses temelli yaklaşımlar uygulanabilmektedir. Malzeme temelli yaklaşımlarda kurutmaya yardımcı katkı maddelerinin eklenmesiyle camsı geçiş sıcaklığının yükseltilmesi ve bu sayede kurutma sırasında ürün sıcaklığının camsı geçiş sıcaklığından en fazla 10-20°C fazla olmasını sağlamaktır. Maltodekstrin ve gam arabik gibi rafine karbonhidratlar malzeme temelli yaklaşımlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ürün verimini artırmalarının yanında toz ürün çözümlülüğü ve akışkanlığı gibi kalite özelliklerini de olumlu yönde etkileyebilmektedirler. Gam arabik düşük viskozite sağlaması ve iyi film oluşturma özellikleri açısından öne çıkarsa da yüksek maliyet ve tedarik sorunları açısından maltodekstrin kullanımının gerisinde kalmaktadır.

Maltodekstrin kullanımında ise kullanılacak maltodekstrin miktarının kurutulacak ürünlerdeki kuru madde oranı kadar veya daha fazla eklenmesi gerekebilmektedir (Sobulska & Zbicinski, 2021). Nar suyundan toz elde edilmesinde 1:1 ve 1:2 nar suyu kuru maddesi:maltodekstrin oranı sağlandığında %74 ürün verimi (Vardin & Yasar, 2012) 1:3 guava suyu kuru maddesi:maltodekstrin oranında ise %70.2 ürün verimine (Aragüez-Fortes vd., 2019) ulaşıldığı bildirilmektedir. %20 kuru madde oranına konsantre edilen limon suyuna kuru maddesinin %40, 50 ve 60'ı kadar maltodekstrin ilave edilmesi ile kurutulması sonucunda ürün veriminin %28.4 ve 71.9 arasında değiştiği ve hava giriş sıcaklığının ürün verimini etkilemediği belirtilmektedir (Zareifard vd., 2012). Nishad vd. (2019) şeker kamışı suyunu püskürtmeli kurutma (150°C giriş ve 100°C çıkış sıcaklığı) ile toz ürüne dönüştürürken en yüksek ürün verimini (%41.77) kurutulan suyun %50'si maltodekstrinden oluştuğu sırada elde etmiştir. Aynı oranda gam arabik kullanıldığında verimin %39.24 olarak ölçülmüştür. Maltodekstrin ve gam arabik ilavesi ile 3.20'den 5°Brikse getirilen ıspanak suyunun kurutulmasında (160-200°C giriş sıcaklığı ve 80-100°C çıkış sıcaklığı) ürün veriminin %67 ve 82 arasında değiştiği belirlenmiştir (Koç & Dirim, 2018). Yine maltodekstrin ve gam arabik eklenen 40°Brikse sahip vişne suyunun kurutulmasında ürün verimliliğinin %23 ve 92 arasında olduğu ortaya konmuştur (Can Karaca vd., 2016). Gıda atığı olarak görülen ürünlerin püskürtmeli kurutulması sırasında ise maltodekstrin ilavesi ile %15 kuru madde oranından %20-26 arasında kuru madde oranına çıkarılan ton balığı haşlama suyundan %11 ve 23 arasında ürün verimliliğinde toz elde edilebilmiştir (Kanpairo vd. 2012). Avakado yağı üretiminde açığa çıkan sudan toz ürün elde edilmesi için uygulanan püskürtmeli kurutma işlemi için kurutulan suyun %5'i oranında maltodekstrin (DE 17-19) eklenmesinin ürün verimini önemli ölçüde artırmadığı bildirilmektedir (Permal vd., 2020). Nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutma ile kurutulması sırasında 150 °C giriş sıcaklığı ve 1 mL/dk besleme hızı ile %79 ürün verimliliğine katkı maddesi olmadan ulaşılabildiği kaydedilmiştir (Silva vd., 2022).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1 Nohut Haşlama Suyu Elde Edilmesi:

Nohut haşlama suyu (NHS) elde edilmesinde Tarım Kredi Kooperatif Birliği tarafından yetiştirilip satışa sunulan Anadolu marka nohutlar kullanılmıştır. NHS üretimi ise Stantiall vd. (2018) çalışmasına göre yapılmıştır. Nohutlar 1:3.3 (nohut:su) oranında 25°C'deki suda 16 saat boyunca ısıtıldıktan sonra fazla su süzülüş ve 1:1.75 (nohut:su) oranında su ile karıştırılarak 90 dakika boyunca kaynar suda pişirilmiştir. Pişme işleminden sonra süzgeç yardımı ile nohutlar ayrılmış ve NHS elde edilmiştir.

### 3.2 Nohut Haşlama Suyu Tozu Elde Edilmesi:

NHS'den püskürtmeli kurutucu (Labultima LU-222) kullanılarak nohut haşlama suyu tozu (NHST) elde edilmiştir. Halen yürütülmekte olan 2200027 numaralı ve “Gıda Uygulamalarında Köpük Stabilitésinin Mikrojel Kullanımı ile Arttırılması: Alternatif Bir Kaynak Olarak Nohut Haşlama Suyunun Değerlendirilmesi” başlıklı projede kapsamında çalışmalar göz önüne alınarak kurutma işleminin 130°C giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve 80 m<sup>3</sup>/sa hava hızında yapılmasına karar verilmiştir. Ürün verimliliğini arttırmak için maltodekstrin (DE 17-20) ve gam arabik kullanılmıştır. NHS kuru madde oranının %20, 40 ve 60'ı kadar katkı maddesi NHS içerisinde mekanik karıştırıcı (Weightlab WF-OD20) ile tamamen çözdürülmüştür. Püskürtmeli kurutma için oda sıcaklığında besleme yapıldıktan sonra elde edilen toz ürün toplanarak ürün verimliliği aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır:

$$\text{Ürün Verimliliği (\%)} = \frac{\text{Kurutma sonunda elde edilen toz miktarı (g)}}{\text{Kurutulan örnekteki kuru madde miktarı (g)}} * 100$$

Elde edilen toz ürünler hava almayacak şekilde cam kavanozlara konarak +4°C'de sıcaklıkta sonraki kullanımlara kadar saklanmıştır.

**3.2.1 Nem analizi:** NHS ve NHST için başlangıç ağırlıkları ölçülen örneklerin (2-3 g numune miktarı kullanılacaktır) 105 ± 2°C'deki etüvde (MMM Ecocell 111) sabit tartıma gelene kadar bekletilmesiyle gravimetrik olarak nem analizi Stantiall vd. (2018) çalışmasında olduğu gibi AACC 44-15A (AACC, 2000) yöntemi ile yapılmıştır.

**3.2.2 Yığın ve Sıkıştırılmış Yoğunluk Analizleri:** NHST yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk analizleri Drozłowska vd. (2021) uyarlanarak yapılmıştır. 5 g toz mezürlere serbest düşüş sağlanarak doldurulup başlangıç yüksekliği ölçülmüştür. Sonrasında içerisinde örnek bulunan mezürler her seferinde 15 cm yükseklikten yumuşak bir yüzey üzerine serbestçe bırakılmış ve örneklerin sıkışması sağlanmıştır. Bu işleme mezür içerisindeki örnek yüksekliği değişmeyene kadar devam edilmiş ve sıkışan örneklerin yüksekliği kumpas yardımı ile ölçülerek kaydedilmiştir. Örnek yükseklikleri ve mezür iç çapı kullanılarak tamamen silindirik yapıda olduğu kabul edilen örneklerin hacimleri hesaplanmıştır. Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluklar aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$\text{Yığın Yoğunluk (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Örnek ağırlığı (g)}}{\text{Sıkıştırma öncesi örnek hacmi (cm}^3\text{)}}$$

Sıkıştırılmış Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>) = Örnek ağırlığı (g) / Sıkıştırma sonrası örnek hacmi (cm<sup>3</sup>)

**3.2.3 Akışkanlık ve Yapışkanlık Analizleri:** NHST'nin ne kadar akışkan oldukları Carr's indeksi ve ne kadar yapışkan oldukları ise Hausner oranı hesaplanarak belirlenmiştir. Carr's indeksi ve Hausner oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Carr's İndeksi (\%)} = [(\text{Sıkıştırılmış yoğunluk} - \text{Yığın yoğunluk}) / \text{Sıkıştırılmış yoğunluk}] * 100$$
$$\text{Hausner Oranı} = \text{Sıkıştırılmış yoğunluk} / \text{Yığın yoğunluk}$$

Drozdowska vd. (2021) kullandığı ve aşağıda verilen ölçüm tablosu ile örneklerin davranışı yorumlanmıştır:

**Tablo 1.** Carr indeksi ve Hausner oranı için değerlendirme kriterleri

Değerlendirme	Carr İndeksi (%)	Hausner Oranı
Mükemmel	0-10	1,00-1,11
İyi	10-15	1,12-1,18
Orta	16-20	1,19-1,25
Makul	21-25	1,26-1,34
Zayıf	26-31	1,35-1,45
Çok Zayıf	32-37	1,46-1,59
Aşırı Zayıf	>38	>1,60

**3.2.4 Çözünürlük Analizi:** Çözünürlüğü belirlemek için 1 g NHST falkon tüpüne aktararak 10 ml saf su eklenmiş ve 2 dakika 700 g kuvvetinde santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Ardından süpernatantlar ayrılmış ve tüpler 24 saat 50 °C'de etüvde (MMM Ecocell 111) kurutulmuşlardır. Çözünürlük değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır:

$$\text{Çözünürlük (\%)} = [(\text{Kurutma sonrası tüp ağırlığı (g)} - \text{Tüp ağırlığı (g)}) / \text{Örnek ağırlığı (g)}] * 100$$

**3.2.5 Su ve Yağ Tutma Kapasiteleri:** NHST su ve yağ tutma kapasiteleri Damian vd. (2018) çalışmasına göre yapılmıştır. 1 g NHST 8 g suya eklenerek vortekslenmiştir. Daha sonra 1260 g kuvvetinde 10 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Süpernatantın atılması sonrasında geriye kalan çökelti miktarı tartılmıştır. Çökelti miktarının santrifüj öncesi örnek miktarına bölünmesi ile su tutma kapasitesi hesaplanmıştır. Yağ tutma kapasitesi ise yukarıdaki işlemlerin su yerine yağ kullanılması ile yapılmıştır.

**3.2.6 Köpürme Kapasitesi Analizi:** 3 g NHST 100 mL su içerisinde çözdürüldükten sonra Arzum AR1068 Gastromix Stand Mixer ile en yüksek hızda 5 dk boyunca köpürtülmüştür. Campbell & Mougeot (1999) çalışmasında kullanılan yöntem ile köpürme kapasitesi yani hacim artışı (%) değeri hesaplanmıştır. Köpük oluşumunda kullanılacak olan süspansiyon, hacim değeri önceden belirlenen tartım kaplarını tamamen dolduracak şekilde eklenmiş ve ağırlık değeri ölçülmüştür. Köpük elde edilmesinden sonra aynı tartım kapları köpük ile doldurulmuştur. Bu işlem köpük yapısına zarar vermemesi için dikkatli bir şekilde Luck vd. (2002) çalışmasında belirtildiği gibi yapılmıştır. Tartım kaplarına fazladan eklenen köpük bir spatula yardımı ile tartım kabının üst yüzeyinden sıyırılması ile tartım kabı hacminin tamamen köpük ile dolması sağlanmıştır. Köpük ağırlığı ölçüldükten sonra aşağıdaki eşitlik ile hacim artışı (%) değeri hesaplanmıştır:

$$\text{Hacim Artışı (\%)} = (\text{Tartım kabı hacim değerindeki süspansiyon ağırlığı} - \text{Tartım kabı hacim değerindeki köpük ağırlığı}) / (\text{Tartım kabı hacim değerindeki köpük ağırlığı})$$

**3.2.7 Hava Oranı Analizi:** Elde edilen köpük örnekleri içerisindeki hava oranı Campbell ve Mougeot (1999) çalışmasında verilen aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir:

$$\text{Hava Oranı} = \text{Hacim Artışı (\%)} / (\text{Hacim Artışı (\%)} + 100)$$

**3.2.8 Köpük Kararlılığı Analizi:** Köpük kararlılığı analizi için Oboroceanu vd. (2014) çalışmasında kullanılan yöntemden uyarılma yapılmıştır. Belirli miktardaki köpük örneğinden zamanla sızan sıvı miktarının ölçülmesi ile köpük stabilitesi hesaplanmıştır. Bu amaçla Buchner hunisi üzerine alınan köpük örneğinin başlangıç ağırlığı ölçülmüştür. Bir mezür üzerine yerleştirilen Buchner hunisinden zamanla mezürde birikecek olan sıvı ağırlığı ölçülmüştür. Köpük yapısının tamamen kaybolduktan sonra mezürde biriken sıvı ağırlığı kaydedilmiş ve köpük kararlılığı aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir:

$$\text{Köpük Kararlılığı (\%)} = (\text{Mezür içerisinde biriken sıvı ağırlığı (g)} / \text{Köpük yapısı tamamen kaybolduktan sonra mezür içerisinde biriken sıvı ağırlığı (g)}) * 100$$

Zamana karşı köpük kararlılığının ölçülmesi ile köpük içerisindeki sıvı ağırlığının %50'sinin sızması için geçmesi gereken süre belirlenmiştir.

**3.2.9 Emülsiyon Kararlılığı:** Emülsiyon kararlılığı Damian vd. (2018) çalışmasından uyarlanarak yapılmıştır. 2.5 g NHST 20 g su içerisinde çözdürüldükten sonra 20 g ayçiçek yağı eklenmiş ve rotor-stator tipi karıştırıcı (IKA T25) ile 15.000 rpm'de 2 dk karıştırılarak emülsiyon oluşumu sağlanmıştır. Kremalaşma indeksinin Alcântara vd. (2019) çalışmasına göre

belirlenmiştir. Mezür içerisinde hazırlanan emülsiyonların üst yüzeylerinde ayrılabilir yağ tabakasının kalınlığı 2 saat boyunca her 15 dk'da bir kumpas ile kaydedilmiştir. Oda sıcaklığında bekletilen örneklerin emülsiyon kararlılığı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$\%Kremalaşma \text{ İndeksi} = (\text{Zamanla ölçülen yağ tabakası kalınlığı (mm)} / \text{Başlangıç emülsiyon yüksekliği (mm)}) * 100$$

2 saat sonrasında +4°C'de buzdolabında tutulacak olan örneklerin kremalaşma indeksi 24., 48. ve 168. saatlerde tekrar ölçülmüştür.

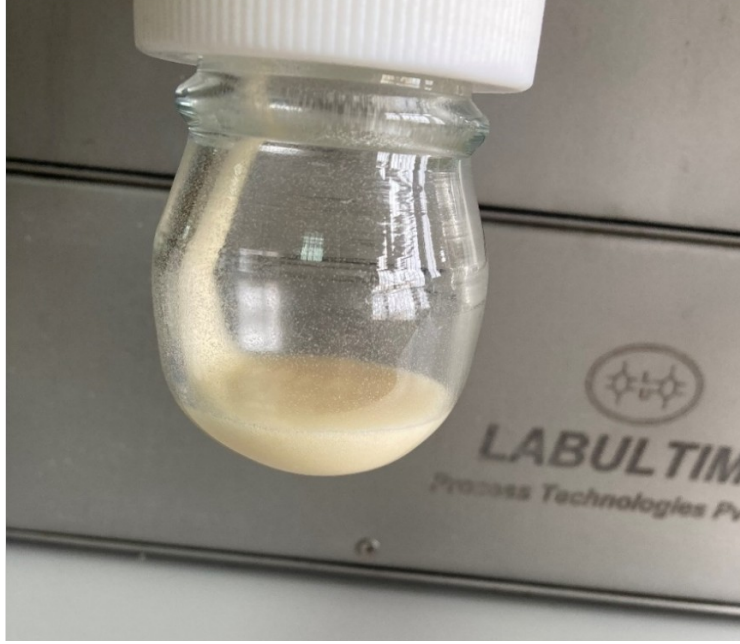
**3.2.10 İstatistiksel Analizler:** Bütün denemeler iki tekerrür şeklinde yapılmıştır. Katkı maddesi miktarı bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir (NHS kuru madde miktarına göre %0, 25, 50 ve 75 olmak üzere 4 seviye). Katkı maddesi oranının yapılacak analizler üzerindeki etkileri ve farklar  $p < 0,05$  seviyesinde tek yönlü ANOVA testi ve Tukey yöntemi ile belirlenmiştir. İlgili istatistiksel analizler Minitab 20 paket programı ile yapılmıştır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Nem Miktarı ve Ürün Verimliliği

Proje kapsamında yapılan ilk çalışmalarda Stantiall vd. (2018) çalışmasından uyarlanarak NHS elde edilmesi sağlanmıştır. Hali hazırda devam eden 220O027 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilen deneylerin sonuçları ile benzer şekilde elde edilen NHS'nin yaklaşık %6.50 kuru madde oranına sahip olduğu ölçülmüştür. Püskürtmeli kurutma öncesi eklenecek kurutmaya yardımcı kuru maddeler ile yapılan ön denemelerde Bölüm 3.2'de belirtilen miktarlarda maltodekstrin eklenmesinde bir sorun yaşanmadığı ancak NHS kuru maddesinin %20'si kadar gam arabik eklenmesi sonucu aşırı viskoz yapıda bir ürün ortaya çıktığı gözlenmiştir. Gam arabik oranı düşürülerek ön denemelere devam edilmiş olsa da %3 gam arabik oranına sahip NHS'nin püskürtmeli kurutma işleminde yeterli düzeyde püskürtmenin gerçekleşmediği ve kurumayan sıvı ürünün kurutma çemberi altında yer alan kavnozda biriktiği gözlemlenmiştir (Şekil 1.). Normalde bu kavnozda kurumayan veya parçacık boyutu beklenenden fazla olan kuru tozların birikmesi beklenmektedir. Gam arabik oranının %3'ten daha düşük bir değere ayarlanması ile yeterli bir etkinin görülemeyeceği düşünülmüştür. Proje süresi ve toz üretim hızı göz önüne alındığında kullanılan gam arabik markasının (Alfasol) değiştirilip tekrar ön denemeler ve esas deneylerin tamamlanamayacağından gam arabik ile olan çalışmalara devam edilmemiştir.

Bölüm 3.2'de belirtildiği üzere püskürtmeli kurutma işlemi 130°C giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve 80 m<sup>3</sup>/sa hava hızı değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Farklı oranlarda maltodekstrin içeren NHS'nin kurutulması sonrası ölçülen toz ürün nem miktarı ve ürün verimliliği Tablo 2.'de gösterilmektedir. Nem miktarı ve ürün verimliliği değerlerinin maltodekstrin ilavesi ile önemli ölçüde değişmediği belirlenmiştir (p>0.05).



**Şekil 1.** Kuru madde oranının %3'ü kadar gam arabik içeren NHS'nin kurutulması sırasında kurutucu çemberi altında yer alan kavanozda birikmesi

**Tablo 2.** Nem ve ürün verimliliği

Maltodekstrin Oranı (%)	Nem miktarı (% k.m.)	Ürün Verimliliği (%)
0	5.73 <sup>a</sup> ± 1.66	22.48 <sup>a</sup> ± 4.36
20	5.83 <sup>a</sup> ± 1.52	24.09 <sup>a</sup> ± 5.06
40	5.88 <sup>a</sup> ± 0.11	26.83 <sup>a</sup> ± 9.67
60	5.98 <sup>a</sup> ± 0.04	21.76 <sup>a</sup> ± 0.88

İstatistiki bir fark olmamakla beraber artan maltodekstrin oranı ile nem miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Gawalek (2022) aronya suyunun püskürtmeli kurutulması sırasında artan kuru madde oranı ile toz ürünün nem miktarının da arttığını bildirmektedir. Artan kuru madde miktarı ile kurutulacak sıvının viskozitesinin de arttığını ve püskürtme sırasında daha büyük çaplı damlacıkların oluştuğu dolayısıyla da kuruma işleminin yavaşlayarak daha yüksek nem içerikli toz ürünlerin elde edilmesine sebep olduğu düşünülmektedir. T. A. Tran & V. H. Nguyen (2018) farklı kurutmaya yardımcı katkı maddelerinin ürün kalitesi üzerine etkilerini belirlediği

çalışmada higroskopik özelliği yüksek olan katkı maddeleri kullanıldığında püskürtmeli kurutma sonrası toz ürünün toplanması sırasında ortamdaki nem çekmenin hızlı şekilde gerçekleşebileceği ve ürün nem miktarının artabileceğini vurgulamıştır. NHS içerisinde artan maltodekstrin miktarı ile toz ürünün higroskopik özelliğinin de artması sonucu önemli ölçüde olmasa da nem miktarının yükseldiği düşünülmektedir. Bu gözlemlerin aksine Kanpairo vd. (2012) ton balığı haşlama suyunda artan kuru madde miktarı ile nem içeriğinin azaldığını ve bunun da artan kuru madde miktarı ile kurutma sırasında uzaklaştırılması gereken su miktarının azalması sonucu olduğunu söylemektedir. Nem miktarından farklı olarak ürün verimliliğinde maltodekstrin miktarının artması ile verimin bir miktar artıp daha sonra azaldığı söylenebilir. Nishad vd. (2019) şeker kamışı suyunun püskürtmeli kurutulması sırasında ürün verimliliğinin %12.78'den %41.77'ye maltodekstrin oranının %10'dan %50'ye çıkarılması ile sağlanabileceğini belirlemiştir. Verilen maltodekstrin oranı kurutması yapılan suyun ağırlığına göre belirlenmiş olup bu çalışmada ayarlandığı gibi kurutması yapılan suyun kuru maddesinin %10'u veya %50'si şeklinde değildir. Benzer şekilde Kanpairo da artan kuru madde miktarı ile ürün verimliliğinin arttığını gözlemiştir. Gawalek (2022) artan kuru madde oranı ile ürün verimliliğinin yükseldiğini sonrasında ise düşüşe geçtiğini belirtmektedir. Düşük kuru madde oranında oluşan oldukça küçük boyutlu damlacıkların kuruma sonrasında siklonlar içerisinde yeterli miktarda ayrılmadığını ve sistemden atıldığını yüksek kuru madde oranında ise kurutma çemberinde yeterli miktarda kurumayan damlacıkların çember duvarına yapışması sonucu verimin azaldığını sebep göstermektedir. Vişne suyu ve maltodekstrin karışımının püskürtmeli kurutulması sırasında da %25'ten %50'ye çıkan kuru madde miktarı ile ürün verimliliğinin en yüksek değerden en aza indiği ölçülmüştür (Can Karaca vd., 2016). Laboratuvar ölçeğinde yapılan püskürtmeli kurutma işlemlerinde %50 ürün verimliliğine ulaşmak genellikle başarı ölçütü olarak kabul edilmektedir (Pereira vd., 2020). Bu değerinde altında kalınması üzerine eklenen maltodekstrin miktarı NHS kuru madde oranının %200'ü olacak şekilde yeniden ayarlanmış ancak ürün verimliliğinde Tablo 2.'de verilen değerlerden farklı bir sonuca ulaşamamıştır. Kurutma sırasındaki hava giriş sıcaklığı 160°C'ye ve maltodekstrin oranı %100'e ayarlanarak yapılan denemelerde de ürün verimliliği %50'ye ulaşamamıştır. Bu durumun seçilen hava giriş sıcaklığının diğer kurutma değişkenleri ile birlikte yeterli kurumayı sağlayamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen NHST'nin nem miktarı kabul edilebilir düzeyde olsa da ürün verimliliğini yükseltebilmek için giriş sıcaklığı 170°C'ye getirilerek diğer değişkenler sabitken yeniden deneyler gerçekleştirilmiştir. Maltodekstrin oranı %40 iken ürün verimliliği  $39.94 \pm 4.01$  olarak belirlenmiştir. Maltodekstrin içermeyen NHS'nin yine aynı şartlarda kurutulması ile  $37.95 \pm 2.63$  ürün verimliliğine ulaşılmıştır. Seçilen maltodekstrin tipi (DE 17-19) ve oranlarının bu şartlar altında ürün verimliliğini artırmada etkili olmayacağına karar verilmiştir. Ancak kurutma

sonrasında kurutma çemberi duvarına yapışan tozların göreceli olarak kolay bir şekilde toplanabildiği fark edilmiştir. Bu tozların toplanıp ürün verimliliği hesabına dahil edilmeleri ile ürün veriminin  $60.88 \pm 5.01$  değerine ulaştığı görülmüştür.

#### 4.2 NHST Fonksiyonel Özellikleri

Farklı oranlarda maltodekstrin içeren NHS'nin  $130^{\circ}\text{C}$  giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve  $80\text{m}^3/\text{sa}$  hava hızı değerlerinde kurutulması sonrasında elde edilen NHST örneklerine ait fonksiyonel özellikler Tablo 3, 4 ve 5'te verilmektedir. Nem miktarı ve ürün verimliliğine benzer şekilde bu şartlar altında maltodekstrin miktarının fonksiyonel özellikler üzerinde önemli ölçüde etkisi olmamıştır ( $p>0.05$ ). NHST yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri Aslan & Ertaş (2021) çalışmasında köpük kurutma yöntemi ile elde edilen NHST'nin değerlerinden daha düşüktür. Aslan & Ertaş (2021) artan köpük kurutma sıcaklığı ile yoğunluk değerlerinin azaldığını ve bunun da daha hızlı gerçekleşen kurutma işlemi ile oluşan küçük boyutlu toz taneciklerinden kaynaklanabileceğini belirtmektedir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen tozların köpük kurutma yöntemi ile elde edilenlerden daha küçük parçacık boyutuna sahip olmaları iki çalışma arasındaki farklı açıklayabilmektedir. Ancak nem miktarına ve kurutmaya yardımcı maddelerin higroskopik özelliklerine bağlı olarak küçük boyutlu toz tanelerinin bir araya gelerek topaklanması ve belirli bir hacim içerisinde daha çok yer kaplamaları da mümkündür. Koç & Dirim (2018) taşıma ve depolama işlemleri açısından yüksek yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin tercih edilebildiğini belirtirken artan püskürtmeli kurutmaya tabi tutulacak örneklerde kuru madde oranının artması ile yığın yoğunluk değerinin artabileceğini de bildirmektedir. İstatistiki açıdan fark olmamakla beraber sıkıştırılmış yoğunluk değerinde artan maltodekstrin oranı ile bir artıştan bahsedilebilir. Sıkıştırılmış ve yığın yoğunluk değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan Carr indeksi ve Hausner oranlarına göre NHST örneklerinin aşırı zayıf akışkanlık ve yapışkanlık özellikte oldukları belirlenmiştir. Elde edilen değerler Aslan & Ertaş (2021) raporladığı 4.38-6.55 Carr indeksi ve 1.04-1.07 Hausner oranlarından daha yüksektir. Benzer şekilde NHST nem miktarları kabul edilebilir seviyelerde olsa da küçük boyutlu taneciklerin ve olası yüksek higroskopite nedeniyle toz akışkanlık ve yapışkanlık değerleri olumsuz etkilenmiş olabilir.

**Tablo 3.** Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri

Maltodekstrin Oranı (%)	Yığın Yoğunluk ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Sıkıştırılmış Yoğunluk ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Carr İndeksi (%)	Hausner Oranı
0	$0.26^a \pm 0.01$	$0.42^a \pm 0.02$	$38.81^a \pm 0.62$	$1.64^a \pm 0.02$
20	$0.25^a \pm 0.01$	$0.46^a \pm 0.01$	$46.51^a \pm 0.66$	$1.87^a \pm 0.03$
40	$0.28^a \pm 0.01$	$0.47^a \pm 0.01$	$41.00^a \pm 1.90$	$1.70^a \pm 0.05$
60	$0.27^a \pm 0.01$	$0.48^a \pm 0.04$	$42.45^a \pm 4.88$	$1.75^a \pm 0.15$

**Tablo 4.** Çözünürlük, su ve yağ tutma kapasiteleri

<b>Maltodekstrin Oranı</b> (%)	<b>Çözünürlük</b> (%)	<b>Su Tutma</b> <b>Kapasitesi</b> (%)	<b>Yağ Tutma</b> <b>Kapasitesi</b> (%)
0	48.12 <sup>a</sup> ± 15.17	1.25 <sup>a</sup> ± 0.17	2.56 <sup>a</sup> ± 0.11
20	46.95 <sup>a</sup> ± 12.58	0.96 <sup>a</sup> ± 0.52	2.40 <sup>a</sup> ± 0.27
40	48.14 <sup>a</sup> ± 12.91	1.22 <sup>a</sup> ± 0.21	2.91 <sup>a</sup> ± 0.06
60	42.63 <sup>a</sup> ± 32.24	0.64 <sup>a</sup> ± 0.20	2.32 <sup>a</sup> ± 0.16

NHST çözünürlük değerleri Aslan & Ertaş (2021) tarafından belirtilen %40.66 ve 43.85 değerleri ile uyumlu iken su tutma kapasitesi değerleri daha düşüktür. NHST örneklerinin gözeneklilik ve yüzey özellikleri arasındaki farklılıkların su tutma kapasitesi değerleri arasındaki farklara neden olabileceği düşünülmektedir. Literatür çalışmalarında köpük ve emülsiyon özelliklerinin ölçülmesinde ve hesaplanmasında birbirlerinden oldukça farklı metotlar kullanılabildiğinden doğrudan bir karşılaştırma yapmak mümkün olmamaktadır. Ozcelik vd. (2019) ahududu püresini köpürterek kurutuma üzerine yaptığı çalışmada artan maltodekstrin oranı ile köpürme kapasitesinin değişmediğini ve köpük kararlılığında ise artış olduğunu bildirmektedir. Tablo 5'te ise istatistiksel bir fark olmamasına rağmen hacim artışı ve köpük hava oranında bir azalma davranışından bahsedilebilir. Bunlara paralel olarak köpük kararlılığında azalma ve emülsiyon yapısında kremalaşma indeksinin artışı ile birlikte bu çok fazlı yapılarında zayıflamadan da bahsedilebilir. Bu durumda artan maltodekstrin oranının NHST örneklerinin köpük ve emülsiyon özellikleri üzerinde etkilerinin olabileceği göz önüne alınmalıdır.

**Tablo 5.** Köpürme ve emülsiyon özellikleri

<b>Maltodekstrin</b> <b>Oranı</b> (%)	<b>Hacim Artışı</b> (%)	<b>Hava</b> <b>Oranı</b>	<b>Köpük</b> <b>Kararlılığı</b> (%)	<b>Kremalaşma</b> <b>İndeksi</b> (%)
0	687.93 <sup>a</sup> ± 44.88	0.88 <sup>a</sup> ± 0.01	19.59 <sup>a</sup> ± 1.14	8.05 <sup>a</sup> ± 1.37
20	717.75 <sup>a</sup> ± 51.29	0.88 <sup>a</sup> ± 0.01	33.41 <sup>a</sup> ± 10.56	13.03 <sup>a</sup> ± 4.15
40	655.81 <sup>a</sup> ± 70.83	0.87 <sup>a</sup> ± 0.01	31.65 <sup>a</sup> ± 2.02	10.94 <sup>a</sup> ± 7.42
60	649.49 <sup>a</sup> ± 36.81	0.86 <sup>a</sup> ± 0.01	47.80 <sup>a</sup> ± 24.10	18.00 <sup>a</sup> ± 1.02

Tablo 6'da 170°C giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme ve 80 m<sup>3</sup>/sa koşullarında %40 maltodekstrin içeren NHS'nin kurutulması sonrası kurutma çemberinden toplanan NHST örneklerine ait fonksiyonel özellikler verilmektedir. Aynı koşullarda kurutucunun toplama kavanozlarında ve

siklonlarında toplanan NHST örneklerine ait değerler ile çift yönlü t-testi ile karşılaştırma yapıldığında istatistiki olarak önemli bir fark ortaya çıkmamıştır ( $p>0.05$ ). Burada görece olarak düşük örneklem sayısı ve ölçümlerde yüksek sayılabilecek standart sapmaların olabileceği göz önüne alınmalıdır. Özellikle kurutma çemberinden toplanan NHST örneklerinin daha düşük sıkıştırılmış yoğunluk, Carr indeksi, Hausner oranı ve çözünürlük değerleri parçacık boyutu ve gözeneklilik açısından farklılıkların olabileceğini düşündürmektedir. Köpürme ve kremalaşma indeksi değerleri açısından ise benzer değerlerin görülmesi kurutma çemberinden toplanacak örneklerin de çok fazlı yapıların oluşmasına dayanan gıda uygulamaları açısından kullanılabilirlerine işaret etmektedir.

**Tablo 6.** Kurutma çemberinden toplanan NHST örneklerine ait fonksiyonel özellikler

<b>Fonksiyonel Özellik</b>	<b>Değer</b>
Yığın Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0.24 ± 0.01
Sıkıştırılmış Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0.29 ± 0.01
Carr İndeksi (%)	15.97 ± 0.99
Hausner Oranı	1.19 ± 0.01
Çözünürlük (%)	21.35 ± 1.09
Su Tutma Kapasitesi (%)	2.27 ± 0.61
Yağ Tutma Kapasitesi (%)	1.94 ± 0.04
Hacim Artışı (%)	644.05 ± 98.80
Hava Oranı	0.87 ± 0.02
Köpük Kararlılığı (%)	31.61 ± 0.27
Kremalaşma İndeksi (%)	5.13 ± 3.50

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmalar sonunda nohut haşlama suyuna kuru maddesinin %200 değerine kadar eklenen maltodekstrin (DE 17-19) miktarının 130°C giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve 80 m<sup>3</sup>/sa hava hızı ile yapılan püskürtmeli kurutma işleminde ürün verimliliğinin artmasını sağlamadığı görülmüştür. Maltodekstrin içermeyen nohut haşlama suyu tozu ile nohut haşlama suyu kuru maddesinin %60'ına kadar maltodekstrin eklenmiş üründen elde edilen toz örneklerin fonksiyonel özellikleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Hava giriş sıcaklığı 170°C'ye çıkarıldığında %40 maltodekstrin içeren nohut haşlama suyunun kurutulması sonrası hem kurutma çemberinden hem de ürün toplama kavanozlarından ve

siklonlardan örnekler alınmış ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Renk farkı dışında fonksiyonel özellikler arasında önemli farklar bulunmamıştır. Hem kurutma çemberi hem de toplama kavanozlarından elde edilen örnekler bir arada değerlendirildiğinde ürün verimliliği %60.88 olarak belirlenmiştir. Nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutma ile kurutulması sırasında hem malzeme hem de proses temelli yaklaşımların bir arada kullanılması ile ürün verimliliğinin artırılabilceği ve fonksiyonel özelliklerde önemli ölçüde değişikliklere sebep olunmayacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Alcântara, M. A., Lima, A. E. A. de, Braga, A. L. M., Tonon, R. V., Galdeano, M. C., Mattos, M. da C., Brígida, A. I. S., Rosenhaim, R., Santos, N. A. dos, & Cordeiro, A. M. T. de M. (2019). Influence of the emulsion homogenization method on the stability of chia oil microencapsulated by spray drying. *Powder Technology*, 354, 877-885. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.06.026>
- Alsaman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M., & Ramaswamy, H. S. (2020). Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba. *Legume Science*, 2(2), e30. <https://doi.org/10.1002/leg3.30>
- Aragüez-Fortes, Y., Robaina-Morales, L. M., & Pino, J. A. (2019). Optimization of the spray-drying parameters for developing guava powder. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13230. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13230>
- Aslan, M., & Ertaş, N. (2020). Possibility of using “chickpea aquafaba” as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.569397>
- Aslan, M., & Ertaş, N. (2021). Foam drying of aquafaba: Optimization with mixture design. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15185. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15185>
- Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., & Serventi, L. (2017). Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 23(8), 690-698. <https://doi.org/10.1177/1082013217717802>
- Buhl, T. F., Christensen, C. H., & Hammershøj, M. (2019). Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids*, 96, 354-364. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>

- Campbell, G. M., & Mougeot, E. (1999). Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(9), 283-296. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00008-X)
- Can Karaca, A., Guzel, O., & Ak, M. M. (2016). Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 449-455. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7110>
- Damian, J. J., Huo, S., & Serventi, L. (2018). Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. *European Food Research and Technology*, 244(9), 1647-1655. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3077-5>
- Droźłowska, E., Bartkowiak, A., Trocer, P., Kostek, M., Tarnowiecka-Kuca, A., & Łopusiewicz, Ł. (2021). Formulation and Evaluation of Spray-Dried Reconstituted Flaxseed Oil-in-Water Emulsions Based on Flaxseed Oil Cake Extract as Emulsifying and Stabilizing Agent. *Foods*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020256>
- Gawalek, J. (2022). Spray Drying of Chokeberry Juice—Antioxidant Phytochemicals Retention in the Obtained Powders versus Energy Consumption of the Process. *Foods*, 11(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/foods11182898>
- He, Y., Purdy, S. K., Tse, T. J., Tar'an, B., Meda, V., Reaney, M. J. T., & Mustafa, R. (2021). Standardization of Aquafaba Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs. *Foods*, 10(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods10091978>
- Kanpairo, K., Usawakesmanee, W., Sirivongpaisal, P., & Siripongvutikorn, S. (2012). The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. *International Food Research Journal*, 19(3), 893-899.
- Koç, G. Ç., & Dirim, S. N. (2018). Spray dried spinach juice: Powder properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1654-1668. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9781-9>
- Lafarga, T., Villaró, S., Bobo, G., & Aguiló-Aguayo, I. (2019). Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100177>
- Luck, P. j., Bray, N., & Foegeding, E. a. (2002). Factors Determining Yield Stress and Overrun of Whey Protein Foams. *Journal of Food Science*, 67(5), 1677-1681. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08704.x>
- Meurer, M. C., de Souza, D., & Ferreira Marczak, L. D. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*, 265, 109688. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>

- Mustafa, R., & Reaney, M. J. T. (2020). Aquafaba, from Food Waste to a Value-Added Product. İçinde *Food Wastes and By-products* (ss. 93-126). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119534167.ch4>
- Nishad, J., Mir, S. A., & Walia, K. (2019). Optimization of Spray Drying Technology for Sugarcane Juice Using Natural and Synthetic Encapsulating Agents. *Sugar Tech*, 21(5), 749-755. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0696-x>
- Oboroceanu, D., Wang, L., Magner, E., & Auty, M. A. E. (2014). Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. *Journal of Food Engineering*, 121, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023>
- Ozcelik, M., Ambros, S., Heigl, A., Dachmann, E., & Kulozik, U. (2019). Impact of hydrocolloid addition and microwave processing condition on drying behavior of foamed raspberry puree. *Journal of Food Engineering*, 240, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.001>
- Pereira, D. C. de S., Beres, C., Gomes, F. dos S., Tonon, R. V., & Cabral, L. M. C. (2020). Spray drying of juçara pulp aiming to obtain a “pure” powdered pulp without using carrier agents. *Drying Technology*, 38(9), 1175-1185. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1625363>
- Permal, R., Chang, W. L., Chen, T., Seale, B., Hamid, N., & Kam, R. (2020). Optimising the Spray Drying of Avocado Wastewater and Use of the Powder as a Food Preservative for Preventing Lipid Peroxidation. *Foods*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods9091187>
- Raikos, V., Hayes, H., & Ni, H. (2020). Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: Recipe optimisation and storage stability. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 1935-1942. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14427>
- Silva, P. G., Kalschne, D. L., Salvati, D., Bona, E., & Rodrigues, A. C. (2022). Aquafaba powder, lentil protein and citric acid as egg replacer in gluten-free cake: A model approach. *Applied Food Research*, 2(2), 100188. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100188>
- Sobulska, M., & Zbicinski, I. (2021). Advances in spray drying of sugar-rich products. *Drying Technology*, 39(12), 1774-1799. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1832513>
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., & Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(1), 97-104. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2943-x>



- T. A. Tran, T., & V. H. Nguyen, H. (2018). Effects of Spray-Drying Temperatures and Carriers on Physical and Antioxidant Properties of Lemongrass Leaf Extract Powder. *Beverages*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/beverages4040084>
- Vardin, H., & Yasar, M. (2012). Optimisation of pomegranate (*Punica Granatum L.*) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1), 167-176. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02823.x>
- Zareifard, M. R., Niakousari, M., Shokrollahi, Z., & Javadian, S. (2012). A Feasibility Study on the Drying of Lime Juice: The Relationship between the Key Operating Parameters of a Small Laboratory Spray Dryer and Product Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1896-1906. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0689-1>

## KAYNAKLAR

- Alcântara, M. A., Lima, A. E. A. de, Braga, A. L. M., Tonon, R. V., Galdeano, M. C., Mattos, M. da C., Brígida, A. I. S., Rosenhaim, R., Santos, N. A. dos, & Cordeiro, A. M. T. de M. (2019). Influence of the emulsion homogenization method on the stability of chia oil microencapsulated by spray drying. *Powder Technology*, 354, 877-885. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.06.026>
- Alsaman, F. B., Tulbek, M., Nickerson, M., & Ramaswamy, H. S. (2020). Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba. *Legume Science*, 2(2), e30. <https://doi.org/10.1002/leg3.30>
- Aragüez-Fortes, Y., Robaina-Morales, L. M., & Pino, J. A. (2019). Optimization of the spray-drying parameters for developing guava powder. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13230. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13230>
- Aslan, M., & Ertaş, N. (2020). Possibility of using “chickpea aquafaba” as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.569397>
- Aslan, M., & Ertaş, N. (2021). Foam drying of aquafaba: Optimization with mixture design. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15185. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15185>
- Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., & Serventi, L. (2017). Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 23(8), 690-698. <https://doi.org/10.1177/1082013217717802>
- Buhl, T. F., Christensen, C. H., & Hammershøj, M. (2019). Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids*, 96, 354-364. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>
- Campbell, G. M., & Mougeot, E. (1999). Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(9), 283-296. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00008-X)
- Can Karaca, A., Guzel, O., & Ak, M. M. (2016). Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 449-455. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7110>
- Damian, J. J., Huo, S., & Serventi, L. (2018). Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. *European Food Research and Technology*, 244(9), 1647-1655. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3077-5>
- Droźłowska, E., Bartkowiak, A., Trocer, P., Kostek, M., Tarnowiecka-Kuca, A., & Łopusiewicz, Ł. (2021). Formulation and Evaluation of Spray-Dried Reconstituted Flaxseed Oil-in-Water Emulsions Based on Flaxseed Oil Cake Extract as Emulsifying and Stabilizing Agent. *Foods*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020256>
- Gawalek, J. (2022). Spray Drying of Chokeberry Juice—Antioxidant Phytochemicals Retention in the Obtained Powders versus Energy Consumption of the Process. *Foods*, 11(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/foods11182898>

- He, Y., Purdy, S. K., Tse, T. J., Tar'an, B., Meda, V., Reaney, M. J. T., & Mustafa, R. (2021). Standardization of Aquafaba Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs. *Foods*, 10(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods10091978>
- Kanpairo, K., Usawakesmanee, W., Sirivongpaisal, P., & Siripongvutikorn, S. (2012). The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. *International Food Research Journal*, 19(3), 893-899.
- Koç, G. Ç., & Dirim, S. N. (2018). Spray dried spinach juice: Powder properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1654-1668. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9781-9>
- Lafarga, T., Villaró, S., Bobo, G., & Aguiló-Aguayo, I. (2019). Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 18, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100177>
- Luck, P. j., Bray, N., & Foegeding, E. a. (2002). Factors Determining Yield Stress and Overrun of Whey Protein Foams. *Journal of Food Science*, 67(5), 1677-1681. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08704.x>
- Meurer, M. C., de Souza, D., & Ferreira Marczak, L. D. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*, 265, 109688. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>
- Mustafa, R., & Reaney, M. J. T. (2020). Aquafaba, from Food Waste to a Value-Added Product. *Içinde Food Wastes and By-products* (ss. 93-126). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119534167.ch4>
- Nishad, J., Mir, S. A., & Walia, K. (2019). Optimization of Spray Drying Technology for Sugarcane Juice Using Natural and Synthetic Encapsulating Agents. *Sugar Tech*, 21(5), 749-755. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0696-x>
- Oboroceanu, D., Wang, L., Magner, E., & Auty, M. A. E. (2014). Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. *Journal of Food Engineering*, 121, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023>
- Ozcelik, M., Ambros, S., Heigl, A., Dachmann, E., & Kulozik, U. (2019). Impact of hydrocolloid addition and microwave processing condition on drying behavior of foamed raspberry puree. *Journal of Food Engineering*, 240, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.001>
- Pereira, D. C. de S., Beres, C., Gomes, F. dos S., Tonon, R. V., & Cabral, L. M. C. (2020). Spray drying of juçara pulp aiming to obtain a "pure" powdered pulp without using carrier agents. *Drying Technology*, 38(9), 1175-1185. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1625363>
- Permal, R., Chang, W. L., Chen, T., Seale, B., Hamid, N., & Kam, R. (2020). Optimising the Spray Drying of Avocado Wastewater and Use of the Powder as a Food Preservative for Preventing Lipid Peroxidation. *Foods*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods9091187>
- Raikos, V., Hayes, H., & Ni, H. (2020). Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: Recipe optimisation and storage stability. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 1935-1942. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14427>

- Silva, P. G., Kalschne, D. L., Salvati, D., Bona, E., & Rodrigues, A. C. (2022). Aquafaba powder, lentil protein and citric acid as egg replacer in gluten-free cake: A model approach. *Applied Food Research*, 2(2), 100188. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100188>
- Sobulska, M., & Zbicinski, I. (2021). Advances in spray drying of sugar-rich products. *Drying Technology*, 39(12), 1774-1799. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1832513>
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., & Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244(1), 97-104. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2943-x>
- T. A. Tran, T., & V. H. Nguyen, H. (2018). Effects of Spray-Drying Temperatures and Carriers on Physical and Antioxidant Properties of Lemongrass Leaf Extract Powder. *Beverages*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/beverages4040084>
- Vardin, H., & Yasar, M. (2012). Optimisation of pomegranate (*Punica Granatum L.*) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1), 167-176. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02823.x>
- Zareifard, M. R., Niakousari, M., Shokrollahi, Z., & Javadian, S. (2012). A Feasibility Study on the Drying of Lime Juice: The Relationship between the Key Operating Parameters of a Small Laboratory Spray Dryer and Product Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1896-1906. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0689-1>

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	Dr. Öğr. Üyesi NİHAT YAVUZ
Proje No:	222O411
Proje Başlığı:	Püskürtmeli Kurutma ile Nohut Haşlama Suyundan Toz Elde Edilmesinde Ürün Veriminin Artırılması
Proje Türü:	1002 - Hızlı Destek
Proje Süresi:	3 Ay
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇANAKKALE ONSEKİZ MART Ü. MÜHENDİSLİK F. GIDA MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/01/2023 - 15/04/2023
Onaylanan Bütçe:	32450.0
Harcanan Bütçe:	30416.92
Öz:	<p>Bu proje kapsamında nohut haşlama suyunun püskürtmeli kurutulması sırasında ürün verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. 130oC giriş sıcaklığı, 6 mL/dk besleme hızı ve 80 m<sup>3</sup>/sa hava hızı ile yapılan püskürtmeli kurutma işleminde nohut haşlama suyunun kuru madde oranının %20, 40 ve 60'ı olacak şekilde maltodekstrin (DE17-19) nohut haşlama suyuna eklenmiştir. Kurutma sonunda ürün verimliliğinin %22-26 arasında değiştiği ve istenen en az %50 verimlilik değerine ulaşamadığı görülmüştür. Bu işlemlerden elde edilen toz ürünlerin fonksiyonel özellikleri arasında ise istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Giriş sıcaklığı 170oC'ye çıkarıldığında hem kurutma çemberi hem de toz toplama kavanozlarından elde edilen ürünler bir arada değerlendirildiğinde ürün verimliliği %60 olarak hesaplanmıştır. Kurutma çemberinden ve toplama kavanozlarından gelen örneklerin fonksiyonel özellikleri arasında ise yine önemli bir fark belirlenmemiştir.</p>
Abstract:	<p>The aim of this project was to increase product yield during spray drying of chickpea cooking water. While the spray drying process was conducted with 130oC inlet air temperature, 6 mL/min feed rate and 80 m<sup>3</sup>/h air velocity, maltodextrin (DE17-19) was added to the chickpea cooking water in a way that the maltodextrin ratio was 20, 40 and 60% of the chickpea cooking water dry matter. At the end of drying, it was observed that the product yield ranged between 22-26% and the desired minimum 50% yield value could not be reached. There was no statistically significant difference between the functional properties of the powders obtained from these processes. After the inlet air temperature was increased to 170oC, the product yield was calculated as 60% when the products obtained from both the drying chamber and the collection jars were evaluated together. Again, no significant difference was found between the functional properties of the samples from the drying chamber and the collection jars.</p>
Anahtar Kelimeler:	nohut haşlama suyu, püskürtmeli kurutma, maltodekstrin, verim
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır