



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ULTRASES YÖNTEMİNİN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTA OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİSİ**

KADRİYE TÜL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
AĞUSTOS-2017**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRASES YÖNTEMİNİN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTA OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİSİ

KADRIYE TÜL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
AĞUSTOS-2017

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRASES YÖNTEMİNİN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTA OLUŞUMU ÜZERİNE
ETKİSİ

Kadriye TÜL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul MASATCIOĞLU danışmanlığında hazırlanan bu tez
25/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul MASATCIOĞLU
Başkan

Doç. Dr. Erkan YALÇIN
Üye

Doç. Dr. Cahit DEMETGÜL
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ULTRASES YÖNTEMİNİN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTA OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Bu çalışmanın amacı, ultrases işlemi ile doğal mısır nişastası, mumsu nişasta, Hylon V ve Hylon VII nişastalarından Tip 3 enzime dirençli nişasta (EDN) oluşumunu ve elde edilen nişasta türevlerinin fonksiyonel özelliklerini incelemektir. Doğal formdaki tüm nişasta örnekleri 121°C'de 60 dakika otoklavlanmış ve ardından farklı sürelerde (0, 5, 10 ve 15 dakika) ultrases işlemine tabi tutulmuştur. Otoklavlanmış ancak ultrases işlemi uygulanmamış olan örnekler kontrol grubu olarak seçilmiştir. En yüksek EDN miktarı (% 34,7) Hylon VII nişastası kullanılarak 100 W çıkış gücü ve 22,5 KHz frekansta 15 dakika süre ile uygulanan ultrases işlemi sonucu elde edilmiştir. Ultrases işlem süresinin artışına paralel olarak hem Hylon V hem de Hylon VII örneklerinde EDN içerikleri istatistiksel olarak önemli ölçüde artış göstermiştir ($P<0,01$). Ultrases işlemi uygulanan mısır nişastası, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastalarının suda çözünürlüğü, su bağlama ve su tutma kapasiteleri doğal formlarından daha yüksek bulunmuştur. Ancak, nişasta tipi ve ultrases uygulama süresinin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri üzerine önemli bir etkisi tespit edilememiştir. Doğal formları ile kıyaslandığında tüm işlem görmüş nişasta örneklerinin L^* değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ultrases işleminin EDN üretiminde alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

2017, 47 sayfa

Anahtar Kelimeler: Enzime dirençli nişasta, ultrases işlemi, yüksek amilozlu mısır nişastası, fonksiyonel özellikler

ABSTRACT

EFFECT of ULTRASOUND TREATMENT on ENZYME RESISTANT STARCH FORMATION

The objective of this study were to investigate the effect of ultrasound treatment on enzyme resistant starch Type 3 (RS3) formation in native corn starch, waxy starch, Hylon V and Hylon VII corn starches and to determine the functional properties of derived starches. All starch samples in natural form were autoclaved at 121 °C for 60 minutes and then subjected to ultrasound treatment at different times (0, 5, 10 and 15 min). Autoclaved starch samples without ultrasound treatment were selected as control sample. The highest RS3 value (34.7%) was obtained by using Hylon VII starch with ultrasound treatment at 100 Watt output power and at 22.5 KHz frequency for 15 minutes. The RS3 contents of both Hylon V and Hylon VII starch samples were significantly increased with the increasing ultrasound treatment time ($P < 0.01$). Water solubility, water binding and holding capacity of all of the ultrasound treated corn starch, Hylon V, Hylon VII and Purity W starches were higher than the counterpart native ones. However, there were no significant effects of starch type and ultrasound treatment time on oil absorption capacity values. The L^* values of all treated starches were decreased which compared to respective native ones. As a result, it has been determined that ultrasound treatment can be used as an alternative method for RS formation.

2017, 47 pages

Key Words: Enzyme resistant starch, ultrasound treatment, high amylose corn starch, functional properties

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen her soruma sabırla yanıt veren saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul MASATCIOĞLU' na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında laboratuvarlarını kullanmama imkan sağlayan Hacettepe Üniversitesi öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Hamit KÖKSEL' e ve Mustafa Kemal Üniversitesi öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Zehra GÜLER' e,

Tez savunma sınavımın jürisinde yer alan sayın Doç. Dr. Erkan YALÇIN' a ve sayın Doç. Dr. Cahit DEMETGÜL' e öneri ve katkılarından dolayı

Tüm çalışmalarım sırasında benimle birlikte emek veren ve bana her konuda yardımcı olan Araş. Gör. Mücahide KÖKSAL' a ayrıca manevi desteğini her zaman hissettiğim arkadaşım Ebru GÜL' e,

Her zaman yanımda ve destekçim olan güvenlerini her daim arkamda hissettiğim canım aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.2. Yöntemler.....	11
3.2.1. Enzime Dirençli Nişasta Üretimi	11
3.2.2. Rutubet Miktarı Tayini.....	11
3.2.3. Enzime Dirençli Nişasta Tayini	12
3.2.4. Doğal ve Ultrases İşlemi Uygulanan Nişastaların Fonksiyonel Özellikleri	12
3.2.4.1. Su bağlama ve Çözünürlük Özellikleri	12
3.2.4.2. Su Tutma ve Yağ Absorpsiyon Kapasitesi	13
3.2.5. Renk Analizi.....	14
3.2.6. İstatistiksel Analiz.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	16
4.1. Enzime Dirençli Nişasta.....	16
4.2. Fonksiyonel Özellikler	21
4.2.1. Suda Çözünürlük Özellikleri.....	21
4.2.2. Su Bağlama	25
4.2.3. Su Tutma Kapasitesi	28
4.2.4. Yağ Absorpsiyon Kapasitesi	31
4.3. CIE Renk Değerleri.....	34
4.3.1. L^* Değerleri	34
4.3.2. a^* Değerleri.....	37
4.3.3. b^* Değerleri.....	39
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4. 1. Nişasta tipinin EDN miktarına etkisi	18
Şekil 4. 2. Ultrases işleminin EDN miktarına etkisi	19
Şekil 4. 3. Nişasta tipinin suda çözünürlük miktarına etkisi	22
Şekil 4. 4. Ultrases işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi.....	23
Şekil 4. 5. Nişasta tipinin su bağlama miktarına etkisi	26
Şekil 4. 6. Ultrases işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi.....	27
Şekil 4. 7. Nişasta tipinin su bağlama miktarına etkisi	30
Şekil 4. 8. Ultrases işleminin su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi	30
Şekil 4. 9. Nişasta tipinin yağ absorpsiyon kapasitesi miktarına etkisi	32
Şekil 4. 10. Ultrases işleminin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri üzerine etkisi	33
Şekil 4. 11. Nişasta tipinin parlaklık değeri üzerine etkisi.....	35
Şekil 4. 12. Ultrases işleminin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri üzerine etkisi	36
Şekil 4. 13. Nişasta tipinin kırmızılık değeri üzerine etkisi	38
Şekil 4. 14. Ultrases işleminin a* değerleri üzerine etkisi	38
Şekil 4. 15. Nişasta tipinin sarılık değeri üzerine etkisi.....	40
Şekil 4. 16. Ultrases işleminin b* değerleri üzerine etkisi.....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin enzime dirençli nişasta içeriklerine ait varyans tablosu	17
Çizelge 4. 2. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin enzime dirençli nişasta içerikleri	20
Çizelge 4. 3. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin suda çözünürlük değerlerine ait varyans tablosu	21
Çizelge 4. 4. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi	24
Çizelge 4. 5. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin su bağlama değerlerine ait varyans tablosu	25
Çizelge 4. 6. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin su bağlama değerleri üzerine etkisi	28
Çizelge 4. 7. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin su tutma kapasitesi değerlerine ait varyans tablosu	29
Çizelge 4. 8. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi	31
Çizelge 4. 9. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin yağ tutma kapasitesi değerlerine ait varyans tablosu	31
Çizelge 4. 10. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin yağ tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi	33
Çizelge 4. 11. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin L* değerlerine ait varyans tablosu	35
Çizelge 4. 12. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin L* değerleri üzerine etkisi	37
Çizelge 4. 13. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin a* değerlerine ait varyans tablosu	37
Çizelge 4. 14. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin a* değerleri üzerine etkisi	39
Çizelge 4. 15. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin b* değerlerine ait varyans tablosu	39
Çizelge 4. 16. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin b* değerleri üzerine etkisi	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

AACCI	: American Association Cereal Chemist International
EDN	: Enzime Dirençli Nişasta
KO	: Kareler Ortalaması
KT	: Kareler Toplamı
N	: Nişasta tipi
N*S	: Nişasta tipi × Ultrases süresi interaksyonu
S	: Ultrases süresi
SD	: Serbestlik Derecesi

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde önemli bir karbonhidrat kaynağı olan nişasta, α -D-glukoz birimlerinin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Nişasta temelde amiloz ve amilopektin olarak adlandırılan iki polimer yapıdan oluşmaktadır ve bunların oranları nişastanın kaynağına göre farklılık göstermektedir. Örneğin doğal mısır nişastası %23 oranında amiloz içerirken geri kalan kısmı amilopektin yapısı oluşturmaktadır. Tez çalışmasına da konu olan yüksek amilozlu mısır nişastalarında (amilotip nişasta) ise amiloz oranı %55-70 civarındadır (Hylon V: %55; Hylon VII: %70 amiloz içermektedir). Yüzde 100 amilopektin içeren nişastalar ise “mumsu nişasta” (waxy starch) olarak bilinmektedir.

Son yıllarda artan kronik hastalıklar (obezite, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet vb.) sağlıklı beslenmeye ilginin giderek artmasına yol açmıştır. Bu da beraberinde bilinçli tüketicilerin oluşmasına ve talepler doğrultusunda sağlıklı yeni nesil gıdaların geliştirilmesine fırsat yaratmaktadır. Konuyla ilgili olarak en dikkat çekici tüketim alışkanlığı besinsel lifli gıdalarda olmuştur. Dünya Sağlık Örgütü başta olmak üzere birçok kurum ve enstitü toplumu bilinçlendirmek amacıyla bir seri araştırma yürütmüş, besinsel lif özelliğine sahip olan enzime dirençli nişastaların (EDN) sağlık üzerine etkilerini rapor etmişlerdir. Başta kolon kanseri ve diyabet olmak üzere kan glukoz düzeyinin kontrol altına alınması (düşürülmesi), yine benzer olarak kolesterol seviyesinin düşürülmesi ve prebiyotik etki gibi EDN’ nin birçok fizyolojik yararı ortaya konulmuştur.

EDN birçok farklı yöntemle oluşturulabilir. EDN oluşumu için nişasta önce jelatinize edilip daha sonra retrograde edilmelidir. Nişasta jelatinize olduktan sonra yapısı açılmakta nişastadaki amiloz ve amilopektin suya geçmektedir. Nişastanın soğutulması (bekletme/depolama) ile serbest kalan amiloz molekülleri tekrar bir araya gelip sarmal yapı oluşturacak şekilde sıkı bir yapı meydana getirirler. Buda enzim sindirimine karşı yapıya direnç sağlar.

Şuana kadar EDN üretimi konusunda birçok araştırma yapılmış ve farklı nişasta kaynakları ve teknikler denenerek EDN içeriği arttırılmaya çalışılmıştır. EDN oluşturmak amacıyla uygulanan yöntemler arasında; enzim modifikasyonu, ekstrüzyon pişirme, ısıl işlemler (ısıtma-soğutma döngüleri), kısmi asit hidrolizi gibi işlemler sayılabilir. Son yıllarda yüksek güçlü ultrases işleminin nişasta degradasyonu üzerine

etkilerini inceleyen birçok araştırma olmasına rağmen, bildiğimiz kadarıyla ultrases prosesinin EDN oluşunu üzerine etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya şuana kadar rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, farklı amiloz/amilopektin oranına sahip mısır nişastası, yüksek amilozlu mısır nişastaları (Hylon V, Hylon VII) ve mumsu nişastaya (Purity W) ultrases işlemi uygulayarak Tip 3 EDN oluşununun incelenmesidir. Çalışmada ayrıca, elde edilen nişasta türevlerinin fonksiyonel özelliklerinden suda çözünürlük, su bağlama, su tutma kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasitesi araştırılmıştır. Buna ek olarak tüketicisi beğenisi açısından önemli bir kalite kriteri olan CIE renk değerleri de tespit edilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sindirilebilir nişasta, çok fazla insülin salgısına neden olduğundan safra taşı oluşumuna sebep olur ve buna karşılık insülin kolesterol sentezinin uyarılmasına yol açar. Enzime dirençli nişasta (EDN)' nin sindirilebilir nişastanın aksine safra taşı oluşumunu azalttığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Malhotra, 1968).

Enzime dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilemeyip kalın bağırsakta fermente edilen nişastadır. EDN' nin fermente edilmesiyle bağırsakta kısa zincirli yağ asitleri (bütirik, asetik, propiyonik asit gibi) üretimi artmaktadır. İnsan fekal inokülünde *in vitro* ortamda yapılan deneylerde nişasta kaynaklı bütirat verimi yüksek çıkmıştır. Bütirat, kalın bağırsak epitel hücreleri için temel enerji kaynağı olduğundan ve bu hücrelerin zarar verici etkisini inhibe ettiğinden EDN' nin kolon kanserini önlemede etkili olabileceği düşünülmektedir (Asp ve Björck, 1992).

Enzime dirençli ve sindirilebilir nişasta içeren bir beslenmede kalsiyum, fosfor, demir ve çinko emiliminin araştırıldığı bir çalışmada %16,4 EDN ihtiva eden bir öğünün, tamamen sindirebilen nişasta içeren öğünle karşılaştırıldığında; kalsiyum ve demirde daha belirgin emilim olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Morais ve ark., 1996).

Bir grup araştırmacı, dirençli nişasta diyetleri ile beslenen fareler ve insanlar üzerinde yaptıkları çalışmada tüketimden sonra farelerde kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve bakır gibi minerallerin emiliminin arttığını; ancak insanlarda bu etkinin kalsiyumla sınırlı kaldığını gözlemlemişlerdir (Coudray ve ark., 1997; Brown, 2004).

Reader ve ark. (1997) çalışmalarında, EDN içeren besinlerin tüketildiğinde vücutta karbonhidrat sindirim oranının yavaşladığını ve bunun da karbonhidrat alımından kaynaklanan glisemik indeksin bir anda hızla yükselmesini önleyerek glisemik indeksi düzenlediğini bildirmişlerdir. EDN' nin tüketiminden sonra sindirilebilir nişastalara göre tokluk süresini uzatarak gün içerisinde hızlı acıkmayı önlediği ve aşırı kilo alımını engellediği rapor edilmiştir. Özellikle obezite ve diyabet hastaları için EDN tüketiminin oldukça faydalı olacağı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Morita ve ark. (1999) çalışmalarında, EDN ile psyllium (Hindistan'da yetişen bir bitkiden elde edilen lif) bir arada tüketildiğinde EDN fermantasyonunun distal kolonda

gerçekleştiğini ileri sürmüşlerdir. Distal kolon, tümörlerin çoğunun geliştiği bölge olması nedeniyle, fermantasyonun distal kolonda artması ile vücudun kansere yakalanma riskinin azalacağı aynı çalışmada bildirilmiştir.

Enzime dirençli nişastayla beslenen farelerde yapılan bir çalışmada tüketimden sonra farelerin bağırsak pH' sında bir düşüş olduğu, fekal hacimde (dışkı miktarı) artış meydana geldiği ve bağırsak mikroflorası tarafından üretilen kısa zincirli yağ asidi miktarlarında artış olduğu belirlenmiştir. Tüm bu bulguların kolon kanserine yakalanma riskini azalttığı rapor edilmiştir (Tharanathan ve Mahadevamma, 2003).

EDN bağırsaktaki *Bifidobacterium* gibi yararlı mikroorganizmaların büyümesi için bir substrat görevi görmektedir. EDN ile bu mikroorganizmalar arasında simbiyotik bir ilişki vardır. EDN bir prebiyotik gibi işlev görür. EDN bu mikroorganizmalar tarafından fermente edilerek bütirat, asetat gibi kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumunu sağlamaktadır. Oluşan yağ asitleri bağırsak sağlığını korumada önemli etkiye sahiptir. (Topping ve ark., 2003;Brown, 2004).

Higgins ve ark. (2004) bir beslenmede, toplam karbonhidratın %5,4' ünün dirençli nişastayla yer değiştirmesiyle uzun vadede vücutta yağ birikiminde düşüş gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada, EDN bakımından zengin besinlerle beslendiğinde, potansiyel olarak insülin salgısında azalma olacağından vücudun, enerji harcarken karbonhidrat yerine yağ depolarını kullanmaya başlayacağı ve bunun kilo kontrolünü sağlamada faydalı olacağı rapor edilmiştir (Tapsell,2004).

EDN' nin ülseratif kolit, divertikülit, kabızlık, bağırsak iltihabı gibi hastalıklara yakalanma riskini azalttığı ve EDN tüketimiyle kolonda artan kısa zincirli yağ asitlerinin bu hastalıkların önlenmesinde etkili olduğu rapor edilmiştir (Nugent, 2005).

Yüzde yirmi beş ham patates içeren EDN diyetleriyle beslenen fareler üzerinde yapılan çalışmada, tüketimden sonra kolonda kısa zincirli yağ asitlerinin emiliminin yanı sıra dışkı hacminin belirgin bir şekilde arttığı ve farelerde plazma kolesterolü ile trigliserid seviyelerinin düştüğü rapor edilmiştir. Ayrıca tüm lipoprotein fraksiyonlarında, özellikle HDL1' de düşük bir kolesterol konsantrasyonu tespit edilmiş, trigliserit açısından zengin lipoprotein fraksiyonundaki trigliserit konsantrasyonunda azalma olduğu rapor edilmiştir (Sajilata ve ark., 2006).

Özellikle Amerika, Avrupa ve Avustralya' da, EDN ve diyet ürünlerin tüketiminin çok olması Hindistan ve Çin gibi yüksek nişastalı ürünlerle beslenmelere

kıyasla bu ülkelerdeki hastalıkların (safra taşı hastalığı sayısındaki farkı yansıtabilecek şekilde) 2-4 kat daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Sajilata ve ark., 2006).

Liu ve Xu (2008) çalışmalarında EDN' nin bağırsakta oluşabilecek tümör benzeri yaraların oluşumunu engellediğini ve beslenmeden kaynaklanan hastalıkların oluşum riskini azalttığını belirtmişlerdir.

Öztürk (2008) çalışmasında Hylon5 ve Hylon7 nişastalarında enzim ve asit hidrolizinin nişastalardaki EDN miktarını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmanın enzim uygulanan bölümünde pullulanaz kullanılmış olup, 60°C' de 0, 3, 6, 12, 24 ve 48 saat inkübasyon işlemi sonrasında örnekler 50°C' de kurutulmuş ve EDN değişimi gözlenmiştir. Doğal formdaki Hylon5 ve Hylon7 örneklerinin sırasıyla %43 ve %53 EDN içerdikleri ve fakat bunların Tip2 EDN olduğunu bildirmiştir. Tip 2 EDN yeterli ısı ile işlemle bozulduğundan sadece otoklavlanmış örneklerde EDN miktarının düştüğü rapor edilmiştir. Her iki örnekte de enzimle hidroliz süresi boyunca Tip3 EDN oluştuğu ve en yüksek Tip3 EDN seviyelerinin Hylon5' te 48 saat sonunda %39 olarak; Hylon7' de ise 48 saat sonunda %42,5 olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada araştırmacı, yüksek amilozlu mısır nişastalarına %6' lık HCl asit uygulayarak, 40 °C' ye ayarlı etüvde 1, 2, 3 saat süreyle asit hidroliz etmiştir. Asit modifikasyonu sonunda örneklerin EDN içeriklerinde dikkate değer bir artışın olmadığı bildirilmiştir.

Koksel ve ark. (2008) çalışmalarında asit hidrolizi ve ısı ile işlem uygulamaları ile oluşan EDN' nin fonksiyonel özellikleri üzerine liyofilizasyon işleminin etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada doğal mısır nişastası asit modifikasyonunun (0, 2, 3 veya 4 saat HCl asit ile muamele) ardından 85°C' de jelatinize edilerek 121°C' de otoklavlama işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemden sonra 2 gruba ayrılan örneklerin ilkinde 95°C' de 48 saat depolama işlemi ve sonrasında liyofilizasyon prosesi (jelatinizasyon-otoklavlama-depolama-liyofilizasyon; GASL) uygulanırken; diğer grup örnekler ise depolama işlemi olmaksızın doğrudan liyofilizasyon işlemi (jelatinizasyon-otoklavlama-liyofilizasyon; GAL)' ne tabi tutulmuşlardır. Ayrıca, doğal mısır nişastası 1. kontrol grubunu oluştururken, jelatinizasyon uygulanıp otoklavlama yapılmış ve 50°C' de kurutulmuş örnekler ise 2. kontrol grubu olarak seçilmiştir. Doğal mısır nişastası EDN içermezken, kontrol 2 grubunun %8,1 GAL' ın ise %2,9 EDN içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Kontrol 2 grubunda EDN seviyesinin diğerlerine göre yüksek olması 50°C' lik kurutma işlemi sırasında nişastanın retrograde olması ile açıklanmıştır.

Retrogradasyon süresince nişasta molekülleri sıkı bir yapı oluşturmakta ve bu yapı hidrojen bağlarıyla yüksek bir stabilite göstermektedir. Nişastada EDN miktarı arttıkça bu sıkı yapıların yoğunluğunun da arttığı rapor edilmiştir. Liyofilizasyon işlemi sırasında dondurularak kurutulan örneklerde nişasta zincirlerinin hareket yeteneğinin yok denecek kadar az olduğu ve bu nedenle retrogradasyon için bir araya gelemedikleri ortaya konmuştur. Çalışmada ayrıca hidroliz süresinin EDN oluşumunu etkilediği, en yüksek EDN içeriğinin (%12,4) 2 saatlik hidroliz sonrasında elde edildiği kaydedilmiştir.

Luo ve ark. (2008) çalışmalarında normal mısır nişastası, waxy nişasta ve Hylon5 nişastası üzerinde % 70 nemde 30 dk ultrases prosesi uygulayarak proses sonrası nişastanın şişme gücü ve çözünürlük özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Uygulamadan sonra farklı sıcaklıklarda (55, 65, 75, 85, 95 °C'de) ölçülen şişme gücü ve çözünürlük değerleri 3 nişasta tipinde de doğal formlarından yüksek çıkmıştır. Ayrıca sıcaklık değeri arttıkça nişasta türevlerinin şişme gücü ve çözünürlük değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Jambrak ve ark. (2010) çalışmalarında mısır nişastasında 2 W cm⁻² yoğunluğunda ultrases banyosu ve farklı yoğunluklarda (34, 55, 73 W cm⁻²) ultrases probu kullanarak 24 kHz, 100, 300 ve 400 W güçlerinde 20°C ve 70°C'de 15 ve 30 dakika süresince ultrases prosesi uygulamışlardır. Uygulama sonrasında mısır nişastasının şişme gücündeki değişiklik incelenmiştir. En yüksek şişme gücünün 55 cm⁻² yoğunlukta 24 kHz, 300 W, 70°C 30 dakika ultrases uygulaması sonrasında olduğu rapor edilmiştir. Sıcaklık ve sürenin artırılmasıyla nişastada şişme gücünün arttığı belirtilmiştir. Ayrıca şişme gücündeki artışın, nişasta granüllerinin çözünürlüğü ve su absorpsiyon kapasitesiyle ilişkili olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Luckett ve Wang (2012) çalışmalarında ticari mısır nişastası, Hylon5 ve Hylon7 nişastalarını β-amilaz enzimi ile farklı derecelerde kontrollü olarak hidroliz etmişler ve β-amilaz hidrolizinin EDN oluşumu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Örnekler 135°C' de otoklav edildikten sonra 40°C' lik su banyosunda soğutulmuş, ardından β-amilaz enzimi eklenerek 0, 2, 5, 4 ve 14 saat hidroliz edilmiştir. Enzim hidrolizden sonra örnekler 3 kez otoklavlama-soğutma işlemi uygulanmıştır. Üç nişasta tipinde de kontrol grubu örneklerde (0 saat hidroliz sonrası) en düşük EDN düzeyi tespit edilirken; en yüksek EDN içeriğinin ise 4 saat enzim hidrolizi sonrasında elde edildiği

bildirilmiştir. Normal mısır nişastasında enzim uygulanmayan kontrol grubunda (0 saat hidrolizde) %28,6 olan EDN miktarının 4 saatlik enzim uygulamasından sonra %55,5' e ulaştığı bildirilmiştir. Hylon 5' in 0 saat hidrolizde %58,7 olan bu değerin; 4 saatlik enzim uygulamasından sonra %70,7' ye, Hylon7' de ise %50,7 olan EDN içeriğinin 4 saatlik hidrolizi ile %67,9' a arttığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar β -amilaz uygulamasından sonra daha kısa amiloz zincirlerinin oluştuğunu ve bu yapıların daha rahat hareket etmeleri sağlanarak tekrar bir araya gelip sıkı bir yapı oluşturmalarının kolaylaşmış olduğunu bildirmişlerdir.

Manchun ve ark. (2012) çalışmalarında tapyoka nişastasına 24 kHz, 400 W, %50 ve %100 titreşim genliğinde 10, 20, 30 dakika süresince ultrases işlemi uygulamışlar ve bu işlem sonrası modifiye nişastanın şişme gücü ve çözünürlük özelliklerini incelemişlerdir. Ultrases uygulanmış örneğin şişme gücü ve çözünürlüğünün doğal formdaki nişastadan yüksek olduğu görülmüştür. Aynı zamanda ultrases uygulama süresinin arttırılmasıyla çözünürlüğün arttığı gözlenmiştir. En yüksek şişme gücü ise 20 dakika ultrases uygulama sonrasında gözlenmiştir. Ultrases uygulanan nişasta türü daha yüksek su absorpsiyon kapasitesi göstermiştir. Bu da daha yüksek su alımına sebep olmuştur. Su moleküllerinin amiloz ve amilopektinin serbest hidroksil gruplarına hidrojen bağı ile daha fazla bağlanarak şişme gücü ve çözünürlüğün artmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca nişasta granüllerinin parçalanması üzerindeki en büyük etki ultrasesle oluşan kavitasyondur. Bu etki, glikoz birimleri arasındaki kovalent bağların kopmasını sağlayarak nişastanın düzenli kristal yapısını bozmakta ve amiloz ve amilopektin yapıdan ayrılmaktadır.

Dundar ve Gocmen (2013)yaptıkları çalışmada, Hylon7 nişastasına 140 veya 145°C' de otoklav işlemi uyguladıktan sonra elde ettikleri çirişleri 4°C' de 24, 48 ve 72 saat depolamışlardır. Otoklavlama-soğutma döngüsünün (3 kez) ardından HCl asit hidrolizi uygulamasının nişastanın su bağlama ve çözünürlük değerleri ile EDN içeriğindeki değişimleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar en yüksek EDN içeriğini (%30,41) 145°C otoklavlama sıcaklığında ve 72 saat depolama sonrasında tespit etmişlerdir. Çalışmada, en yüksek çözünürlük değeri (%6,32) 140°C otoklavlama sıcaklığı ve 24 saat depolama sonrasında saptanırken;en yüksek su bağlama değeri ise (%189,76) 145°C' de uygulanan otoklavlama işlemi ardından 72 saat depolama ile elde edildiği bildirilmiştir.

Sujka ve Jamroz (2013) çalışmalarında mısır, buğday, pirinç ve patates nişastalarını su ve etanolde süspansiyon ederek bu süspansiyonlara ultrases işlemi uygulamışlar ve bu uygulama sonrası nişastaların su ve yağ absorpsiyon değerleri, çözünürlük ve şişme gücü özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Nişasta örnekleri distile su veya %99,8' lik etanolde süspansiyon edildikten (%30' luk) sonra 170 W 20 kHz' de ve 20°C' de 30 dakika ultrases işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler çalkalamalı buz banyosunda soğutulduktan sonra santrifüj edilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Elde edilen nişastaların SEM görüntüleri incelenmiş ve yüzeylerinde çatlaklar, çöküntüler olduğunu gözlenmiştir. Suda süspansiyon edilen örneklerin ultrases işlemi sonrası su ve yağ absorpsiyon değerleri ile çözünürlük ve şişme gücü değerleri etanolde süspansiyon edilen örneklerden yüksek çıkmıştır. Nişastaların su absorpsiyon değerleri ultrases işleminden sonra tüm nişasta tiplerinde artış göstermiştir. Bu artışın sebebi ultrases işlemiyle nişastadaki kristalin bölgelerinin hasar görmesi ve su moleküllerinin amiloz ve amilopektindeki serbest hidroksil gruplarına hidrojen bağı ile bağlanması şeklinde açıklanabilir. Ultrases işlemi uygulanmış her bir nişasta tipinde yağ bağlama değerlerinin doğal formdaki nişastalara göre oldukça yüksek çıktığı bildirilmiştir. Örneğin, ultrases işlemi uygulanmış buğday nişastasında yağ bağlama değerinin doğal formdaki nişastaya göre yaklaşık % 60 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Şişme gücü ve çözünürlük değerleri de ultrases işlemi ile modifiye edilmiş örneklerde doğal olanlardan daha yüksek bulgulanmıştır. Bunun nedeni nişastayı oluşturan ana polimerden biri olan amilopektinde fosfat gruplarının yüksek miktarda bulunması olabilir. Çünkü fosfat grupları, nişastadaki kristalin bölgelerindeki bağlama alanlarını zayıflatmakta ve dolayısıyla granülün hidrasyonunu arttırmaktadır.

Zheng ve ark. (2013) çalışmalarında tatlı patates nişastası süspansiyonlarına (%5 w/w)720 W gücünde 30 °C sıcaklıkta25kHz, 80 kHz ve bu frekansların birlikte kullanılması (25 kHz + 80 kHz)ile uygulanan ultrases prosesi sonucu nişastanın çözünürlük değerindeki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada ultrases işlemi 10, 20, 30, 45 ve 60 dakika sürelerinde yürütülmüş olup, ultrases uygulanmayan örnekler (doğal nişasta) kontrol grubu olarak seçilmiştir. Araştırmacılar en düşük çözünürlük değerini (%8,35) doğal tatlı patates nişastasında elde etmişlerdir. Ultrases proses süresi arttırıldıkça çözünürlük değerlerinin kademeli olarak arttığı bildirilmiştir. Her bir uygulama süresinde frekansların çözünürlük değerleri üzerine etkisi incelendiğinde en

düşük çözünürlük 25 kHz değerinde elde edilirken; en yüksek çözünürlük 25 kHz ve 80 kHz frekans değerlerinin kombine şekilde uygulanması sonucu ulaşılmıştır (Zheng ve ark., 2013).

Nişasta granüllerinin özellikle amorf bölgeleri, ultrases işleminden sonra çok daha fazla mekanik hasara uğrayabilir. Proses sonucu nişastanın hidrofilitesi önemli ölçüde artış göstermekte, bu da nişasta granüllerine suyun penetrasyonu kolaylaştırmakta ve böylece nişastanın çözünürlüğü artmaktadır (Zheng ve ark., 2013).

Carmona-Garcia ve ark. (2016) çalışmalarında bir muz türü olan plantain ile tropik bir bitki olan taro nişastaları üzerine farklı sürelerde uygulanan ultrases işleminden sonra nişastanın çözünürlük ve şişme gücü özelliklerini incelemiştir. Nişasta süspansiyonlarına 25 kHz frekansta, 80W gücünde, %20 dalga boyunda, 20 ve 50 dakika süresince 4°C' de ultrases prosesi uygulamışlardır. Doğal formdaki plantain nişastasının çözünürlük değeri %9,6 iken; bu değer 20 ve 50 dakika uygulanan ultrases işleminden sonra sırasıyla %12,6 ve %17,6' ya çıkmıştır. Bu nişasta türünün şişme gücü ise doğal formda 19,3 g/g iken bu değer 20 ve 50 dakika ultrases işleminden sonra sırasıyla 24,9 ve 27,0 g/g' a çıkmıştır. Doğal formdaki taro nişastasında çözünürlük değeri %13,8 iken; bu değer 20 ve 50 dakika ultrases işleminden sonra sırasıyla %13,6 ve %18,0 olmuştur. Bu nişasta türünün şişme gücü ise doğal formda 21,2 g/g iken bu değer 20 ve 50 dakika ultrases işleminden sonra sırasıyla 22,8 ve 26,1 g/g' a çıkmıştır. Ultrases işlem süresi arttıkça genellikle çözünürlük ve şişme gücü düzeyleri artış göstermiştir. Bu artışların nişastanın kristalin bölgelerinin hasar görmesi ve su moleküllerinin amiloz ve amilopektinin serbest hidroksil gruplarına hidrojen bağı ile bağlanmasıyla oluşabileceği ileri sürülmüştür.

Ashwar ve ark. (2016) çalışmalarında farklı pirinç nişastası çeşitlerine otoklavlama (121 °C' de 30 dk) ve retrogradasyon (4 °C' de 24 saat) işlemleri uygulayarak enzime dirençli nişasta üretmişler ve elde ettikleri nişasta örneklerinin su ve yağ absorpsiyon kapasitelerini incelemiştir. Uygulanan proses sonrası tüm pirinç nişastası çeşitlerinde su absorpsiyon kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasiteleri doğal formlarından yüksek çıkmıştır. Örneğin; Jehlum ve Pusa çeşitlerinin doğal formdaki su absorpsiyon ve yağ absorpsiyon kapasite değerleri sırasıyla 0,91 g/g ve 0,99 g/g iken otoklavlama-retrogradasyon prosesinden sonra bu değerler 1,60 g/g ve 1,93 g/g' a ulaşmıştır.

Masatcioglu ve ark. (2017) çalışmalarında, Hylon V ve Hylon VII nişastaları kullanarak enzime dirençli nişasta oluşumu üzerine ekstrüzyon pişirme prosesinin (140°C namlu sıcaklığı, 100 rpm vida hızı, %50, %60 ve %70 nem içeriğinde) etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada ayrıca elde edilen nişasta türevlerinin fonksiyonel özellikleri ile renk değerleri incelenmiştir. Bulgular renk özellikleri bakımından değerlendirildiğinde, farklı nem içeriklerinde ekstrüzyon yöntemi ile üretilen tüm nişasta örneklerinde L^* değeri doğal formdaki hem Hylon V hem de Hylon VII' den düşük çıkmıştır. Doğal formdaki Hylon V ve Hylon VII nişastalarının L^* değerleri sırasıyla, 96,1 ve 95,5 olarak bulgulanırken, uygulanan proses sonucu parlaklık değerlerinin azaldığı (88,5-91,5) rapor edilmiştir. Parlaklık değerlerinin tersi olarak sarılık (b^*) değerlerinde ise ekstrüzyon işlemi sonucu her iki nişasta tipinde de doğal olanlara kıyasla artış tespit edilmiştir. Çalışmada kırmızılık (a^*) değerlerinde ise önemli bir değişimin gözlenmediği bildirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Doğal mısır nişastası Pendik Nişasta (İstanbul, Türkiye) firmasından, mumsu nişasta (Purity W; %100 amilopektin) ile yüksek amilozlu mısır nişastaları (Hylon V; %55 amiloz ve Hylon VII; %70 amiloz) National Starch (Bridgewater, New Jersey, ABD) firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Enzime Dirençli Nişasta Üretimi

Doğal mısır nişastası, mumsu nişasta ve yüksek amilozlu mısır nişastalarının (Hylon V ve Hylon VII) her birinden saf su ile %10 (w/v)' luk süspansiyonlar hazırlanmıştır. Nişasta polimerinde yapının açılmasını sağlamak amacıyla süspansiyonlara 121°C' de 60 dakika otoklav (Hirayama, Hiclave HV-85L, Chuo-Ku, Tokyo, Japonya) uygulanmıştır. Otoklavdan çıkarılan örnekler 90 dakika buz banyosunda tutulmuş ve ardından 15000 rpm' de 5 dakika homojenizasyon (Heidolph, SilentCrusherM, Schwabach, Almanya) işlemi uygulanmıştır. Daha sonra her bir örnek sabit çıkış gücü ve frekansta (sırasıyla 100 W, 22,5 KHz) 5, 10 ve 15 dakika sürelerinde ultrases (Microson, Misonix, XL2000-010, Farmingdale, NY, ABD) işlemine tabi tutulmuştur. Ultrases işlemi uygulanmayan örnekler kontrol grubu olarak seçilmiştir. Ultrases prosesinden sonra 30 dakika buz banyosunda bekletilen örnekler 50°C' de hava sirkülasyonlu etüvde (BINDER GmbH, FD 23, Tuttlingen, Almanya) kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan örnekler derhal oda sıcaklığına getirilerek kahve değirmeninde (Arzum, BD-2002, Türkiye) öğütülmüştür. Ardından 280 µm' lik elekten geçirilen nişasta türevleri analiz yapılıncaya kadar ağzı kilitli polietilen poşetlere alınarak +4°C' de muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Rutubet Miktarı Tayini

Doğal mısır nişastaları ile ultrases işlemleri ile üretilen nişasta türevlerinin rutubet miktarları AACC Metot No: 44-15A (AACCI, 1990)' e göre belirlenmiştir.

3.2.3. Enzime Dirençli Nişasta Tayini

Mısır nişastası, mumsu nişasta, Hylon V ve Hylon VII nişastalarının doğal formları ile bu nişastalara farklı sürelerde ultrases işlemleri uygulanarak üretilen nişasta türevlerinde enzime dirençli nişasta miktarları Association of Official Agricultural Chemists Metot No. 2002.02 (AOAC, 1998) ve American Association of Cereal Chemist International Metot No. 32-40 (AACCI, 1990) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Megazyme “Enzime Dirençli Nişasta” kiti (Megazyme Int., Wicklow, İrlanda) ile analiz edilen nişasta türevlerine yöntemine uygun olarak başlangıç aşamasında α -amilaz ve amiloglukozidaz enzimleri ilave edilmiş ve 37°C’ de çalkalamalı su banyosunda (Memmert GmbH Co. Waterbath WNE 45, Schwabach, Almanya) 16 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon işlemi neticesinde ortama etil alkol ilave edilerek nişastanın glukoz birimlerine parçalanması durdurulur. Santrifüj işlemi (Sigma 3-18K, Göttingen, Almanya) ile çöktürülen enzime dirençli nişasta peleti daha sonra 2 M potasyum hidroksit (KOH) çözündürülmüştür. Reaksiyon sonunda oluşan glukoz 510 nm dalga boyunda spektrofotometrik (Thermo Fisher Scientific G10S UV-Vis, ABD) olarak tayin edilmiştir. GOPOD çözeltisine karşı okunan absorbans değerleri ve glukoz standardından yararlanılarak nişasta türevlerinin EDN miktarları hesaplanmıştır.

3.2.4. Doğal ve Ultrases İşlemleri Uygulanan Nişastaların Fonksiyonel Özellikleri

3.2.4.1. Su bağlama ve Çözünürlük Özellikleri

Farklı amiloz içeriğine sahip nişasta örnekleri ile bu nişastalardan ultrases işlemi ile üretilen türevlerinin su bağlama ve çözünürlük özellikleri Singh ve Singh (2003) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Özetle, deney tüplerinde %10'luk süspansiyonları hazırlanan nişasta örnekleri 60 dakika süresince her 5 dakikada 15 saniye olmak kaydıyla vorteks (IKA TTS 2, Wilmington, NC, ABD) ile karıştırılmıştır. Süre sonunda örnekler 2100 \times g hızında 10 dakika santrifüj (Sigma 3-

18K, Göttingen, Almanya) işlemine tabi tutulmuştur. Deney tüpünün üst kısmında toplanan sıvı (süpernatant) dikkatli bir şekilde önceden sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına aktarılmıştır. Tüpte kalan çökelti miktarları tartılmış ve ardından hem deney tüpleri hem de süpernatantın aktarıldığı kurutma kapları 100°C’de 16 saat süreyle kurutulmuştur.

Nişasta örneklerinin su bağlama ve çözünürlük değerleri sırasıyla, Eşitlik 3.1. ve Eşitlik 3.2. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Su\ bağlama\ (\%) = \frac{M2 - M3}{M1} \times 100 \quad (3.1.)$$

M1: örnek ağırlığı, g

M2: kurutmadan önce tüpteki çökelti ağırlığı (yaş), g

M3: kurutmadan sonra tüpteki çökelti ağırlığı (kuru), g

$$Çözünürlük\ (\%) = \frac{M4}{M1} \times 100 \quad (3.2.)$$

M1: örnek ağırlığı, g

M4: kuru ağırlık, g

3.2.4.2. Su Tutma ve Yağ Absorpsiyon Kapasitesi

Doğal ve ultrases işlemi uygulanan nişastaların fonksiyonel özelliklerinden su tutma ve yağ absorpsiyon kapasitesi özellikleri Ahmedna ve ark. (1999) ile Ashwar ve ark. (2016) uyguladıkları yöntemler modifiye edilerek belirlenmiştir.

Su tutma kapasitesi tayininde 0,5 g nişasta örneği, darası alınmış cam santrifüj tüplerine tartılmış ve üzerine 5 mL destile su yavaş bir şekilde ilave edilmiştir. Islanmayan nişasta partikülü kalmayacak biçimde tüpler vorteks (IKA TTS 2, Wilmington, NC, ABD) ile orta hızda (1500 dev/dak) 10 saniye karıştırılmıştır. Tümüyle ıslanan karışım 2000 ×g hızında 10 dakika santrifüj (Hettich Zentrifugen,

Universal 32 R, Almanya) edilmiştir. Süpernatant süzildükten sonra geriye kalan içerik tartılarak, su tutma kapasitesi Eşitlik 3.3.' ten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Su tutma kapasitesi} = \frac{M2 - M1}{M0} \quad (3.3.)$$

M0 : örnek ağırlığı, g

M1 : tüp ağırlığı + örnek ağırlığı, g

M2 : tüp ağırlığı + çökelti ağırlığı, g

Yağ absorpsiyon kapasitesi tayininde ise, su tutma kapasitesine benzer olarak 0,5 g nişasta örneği test tüplerine tartılmış ve fakat üzerine destile su yerine 5 mL mısır yağı eklenmiştir. Vorteks (IKA TTS 2, Wilmington, NC, ABD) ile 10 saniye karıştırılan tüpler, derhal 1600 ×g hızında 10 dakika santrifüj (Hettich Zentrifugen, Universal 32 R, Almanya) işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüjden çıkan tüpler süzildükten sonra kurutma kâğıdına ters çevrilerek süpernatantın tamamen uzaklaştırılması sağlanmıştır. Yağ absorpsiyon kapasitesi Eşitlik 3.4. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ absorpsiyon kapasitesi} = \frac{M2 - M1}{M0} \quad (3.4.)$$

M0 : örnek ağırlığı, g

M1 : tüp ağırlığı + örnek ağırlığı, g

M2 : tüp ağırlığı + çökelti ağırlığı, g

Tüm nişasta örneklerinin su tutma ve yağ absorpsiyon kapasiteleri iki tekrarlı olarak yürütülmüş olup, sonuçlar “g/g” olarak verilmiştir.

3.2.5. Renk Analizi

Doğal ve ultrases işlemi uygulanan nişasta örneklerinin renk değerleri Minolta Spectrophotometer (CD-3600d, Japonya) kullanılarak tespit edilmiştir. CIE renk

değerleri L^* , a^* , b^* dan oluşan üçlü skalada L^* parlaklığı ifade ederken; (+) a^* kırmızı, (-) a^* yeşil; (+) b^* sarı ve (-) b^* mavi olarak değerlendirilmiştir.

3.2.6. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçlarının varyans analizleri (ANOVA) SAS istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunduğunda değerler DUNCAN testi (Duncan's Multiple Range Test) uyarınca $P < 0,05$ önem düzeyinde gruplandırılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Enzime Dirençli Nişasta

Isıl işlem görmemiş granüler yapıdaki doğal nişastalar Tip 2 EDN olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tip nişastalara uygulanan ısıl işlem ve ardından soğutma prosesi sonucu retrograde nişasta olarak tanımlanan Tip 3 EDN oluşmaktadır. Bir diğer ifadeyle Tip 2 EDN ısıtma-soğutma işlemleri ile Tip 3 EDN formuna dönüşmektedir. Bu bağlamda, tez çalışması kapsamında Tip 2 ve Tip 3 EDN miktarları herhangi bir yanılığa neden olmamak amacıyla ayrı değerlendirilmiştir.

Doğal formdaki mısır nişastası, Hylon V ve Hylon VII nişastalarının enzime dirençli nişasta (EDN) değerleri sırasıyla, %4,8, %42,3 ve %51,9 olarak belirlenmiştir. Chung ve ark. (2009) çalışmalarında doğal mısır nişastasının EDN miktarını %4,6±1,8 olarak tespit etmişler ve nem-sıcaklık uygulamaları ile bu değer arttığını rapor etmişlerdir. Masatcioglu ve ark. (2017) ise araştırmalarında doğal formdaki Hylon V ve Hylon VII nişastalarının EDN içeriklerini sırasıyla %43,0 ve %53,0 olarak saptamışlardır. Literatür incelendiğinde ısıl işleme tabi tutulmayan doğal Hylon V ve Hylon VII nişastalarının granül formda bulunduğu ve bunların sadece Tip2 EDN içerdiği görülmektedir (Brown, 1996; Nugent, 2005).

Daha önce Materyal ve Metot bölümünde (bkz. Bölüm 3.2.1) bahsedildiği gibi tez çalışması kapsamında farklı amiloz içeriklerine sahip 4 tip mısır kaynaklı nişasta örneği; 121°C' de 60 dakika otoklavlama işleminin ardından 0, 5, 10 veya 15 dakika süreyle ultrases işlemine tabi tutulmuştur. Bu nişasta örnekleri arasında düşük amiloz içeriğine sahip olan Purity W' dan uygulanan tüm proses koşullarında (ultrases işlem süresi; 0-15 dakika) oldukça düşük miktarda EDN elde edilebilmiştir. Örneğin, otoklavlama işleminin ardından 15 dakika süreyle ultrasese tabi tutulan Purity W nişasta türevinde EDN miktarı %0,08 ila %0,11 arasında tespit edilmiştir. Purity W nişastasına uygulanan ultrases işleminin EDN oluşumu üzerine etkili olmadığına dolayısıyla, bu nişastanın EDN varyans tablosundan çıkarılmasına karar verilmiştir. Öte taraftan Purity W' de ultrases işlemi ile meydana gelen değişim yapısal karakteristiği nedeniyle dikkat çekici bulunmuş, anılan nişastanın fonksiyonel özellikleri tezin ilerleyen kısımlarında açıklanmaya çalışılmıştır.

Ultras ses işle mi uygulanmış nişasta türevlerinin enzime dirençli nişasta içeriklerine ait varyans tablosu Çizelge 4.1.' de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Ultras ses işle mi uygulanmış nişasta türevlerinin enzime dirençli nişasta içeriklerine ait varyans tablosu¹

Faktör²	SD	KT	KO	F Değeri
N	2	2902,77	1451,39	23276,90**
S	3	30,44	10,17	162,73**
N*S	6	20,09	3,35	53,70**
Hata	11	0,69	0,06	
Genel	23	295,00		

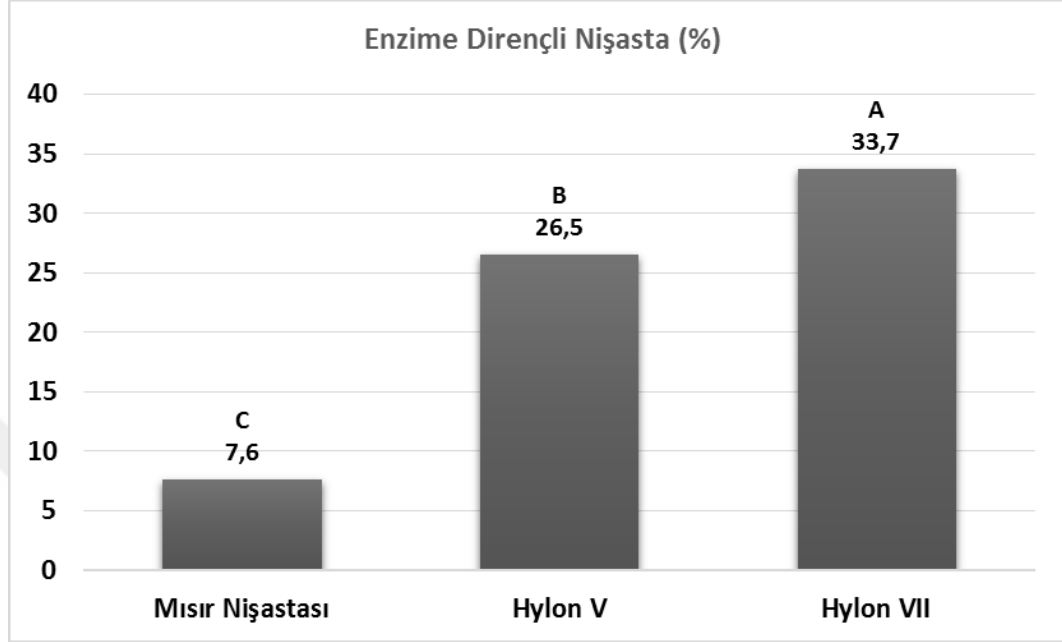
CV: 1.104

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı
2 N: nişasta tipi, S: ultras ses uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki interaksiyon

Nişasta türevlerinin enzime dirençli nişasta (EDN) içeriklerine ait varyans tablosu incelendiğinde, nişasta tipi (N), ultras ses uygulama süresi (S) ve bunlar arasındaki interaksiyonun (N*S) EDN oluşumunu önemli düzeyde etkilediği açıkça görülmektedir ($P<0,01$). Bu bağlamda öncelikli olarak nişasta tipinin EDN oluşumu üzerine etkisini takip edebilmek amacıyla her bir nişasta örneğinin farklı ultras ses koşullarındaki ortalama EDN miktarları belirlenmiş ve değerler Şekil 4.1' de sunulmuştur.

Şekil 4.1. incelendiğinde, nişasta tipinin EDN oluşumunu önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Mısır nişastası ve yüksek amilozlu mısır nişastaları (Hylon V ve Hylon VII) EDN içeriği bakımından kıyaslandığında en yüksek miktar Hylon VII mısır nişastasında elde edilmiştir (%33,7). Bunu sırasıyla Hylon V ve mısır nişastası takip etmekte olup, ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 4.1; $P<0,01$). Bu durum nişastaların içerdiği düz zincirli amiloz miktarı ile açıklanabilir. Nişasta örneklerinin temin edildiği firmalar mısır nişastası, Hylon V ve Hylon VII nişastaları için amiloz oranlarını sırasıyla %23, %55 ve %70 olarak beyan etmiştir. Düz zincirli yapıların dallanma oranı yüksek olanlara kıyasla, retrogradasyon sırasında daha kolay bir araya gelerek enzime dirençli yapıların oluşumunu artırdığı

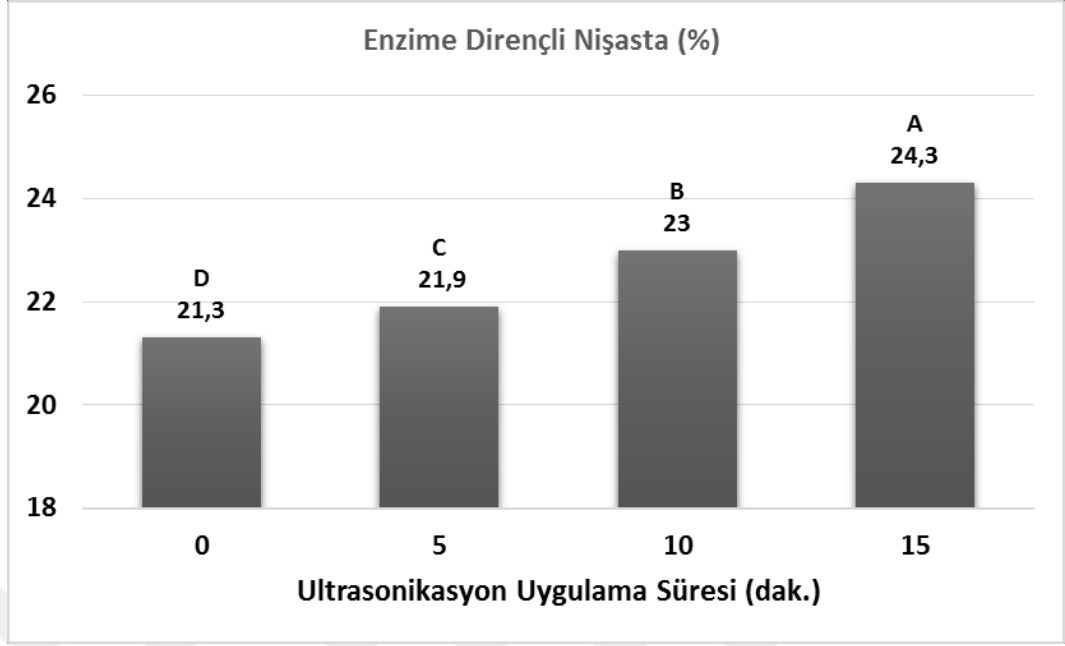
bildirilmiştir (Haralampu, 2000). Dolayısıyla, %70 amiloz içeren Hylon VII nişastasının yüksek oranda EDN oluşturması beklenen bir sonuçtur.



Şekil 4.1. Nişasta tipinin EDN miktarına etkisi*

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01))

Ultras ses işleminin EDN oluşumu üzerine etkisini incelemek amacıyla her bir nişasta örneğine uygulanan ultras ses proses süresinde ortalama EDN miktarları belirlenmiş ve elde edilen veriler Şekil 4.2’de sunulmuştur. Şekil incelendiğinde kontrol grubu örnekte EDN miktarı %21,3 olarak tespit edilmiştir. Bu değer aynı nişasta örneklerine uygulanan ultras ses işlem süresinin artırılmasına paralel olarak kademeli olarak artış göstermiştir. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P<0,01). Başka bir anlatımla, ultras ses proses süresi arttırıldıkça oluşan EDN miktarı artış göstermiş ve 15. dakika sonunda ortalama%24,3 düzeyine ulaşılmıştır.



Şekil 4.2. Ultrases işleminin EDN miktarına etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,01$))

Mısır, Hylon V ve Hylon VII nişastalarına ultrases işlemi uygulanarak elde edilen nişasta türevlerinin EDN değerleri Çizelge 4.2.' de verilmiştir. Farklı amiloz içeriğine sahip mısır nişastaları, 121°C' de 60 dakika otoklavlama işleminin ardından 90 dakika buz banyosunda bekletilmiş ve 15000 rpm'de 5 dakika homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Çizelge 4.1.' de "0" olarak gösterilen bu kontrol grubu örneklerden mısır nişastasına ait EDN değeri % 7,1 olarak tespit edilmiştir. Hylon V ve Hylon VII'de ise bu değerler sırasıyla % 23,8 ve % 33,1 olarak bulunmuştur.

Sievert ve Pomeranz (1989) çalışmalarında mısır nişastasından 1:2 nişasta/su oranında süspansiyon hazırlayarak 134°C' de 60 dakika otoklav işlemi uygulamışlardır. Soğutma ve kurutma işlemi sonucu elde ettikleri nişasta türevinde %7,0 düzeyinde EDN tespit etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular Sievert ve Pomeranz (1989) ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.2. Ultrases işlemleri uygulanmış nişasta türevlerinin enzime dirençli nişasta içerikleri¹

	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
	0	5	10	15
Mısır nişastası	7,1 i	7,7 h	7,8 h	8,0 h
Hylon V	23,8 g	25,0 f	27,2 e	30,1 d
Hylon VII	33,1 c	33,1 c	34,1 b	34,7 a

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

Ozturk ve ark. (2009) ise çalışmalarında Hylon V ve Hylon VII nişastalarından hazırladıkları %10 (w/w)' luk nişasta süspansiyonlarını 30 dakika pişirdikten sonra 135°C' de 60 dakika otoklav işlemine tabi tutmuşlar ve elde edilen nişasta çirişlerini 50°C' de kurutmuşlardır. Uygulanan proses sonucu ulaşılan Tip 3 EDN içerikleri Hylon V ve Hylon VII nişasta örnekleri için sırasıyla, %23,4 ve %33,2 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2' de görüldüğü gibi ultrases prosesi uygulanmayan ve fakat otoklavlama-soğutma-kurutma işlemlerine tabi tutulan Hylon V ve Hylon VII nişasta örneklerinin EDN içerikleri literatürle uyum göstermektedir.

Her bir nişasta tipine uygulanan ultrases işleminin süresine bağlı olarak EDN içerikleri artış göstermiştir. Hylon VII nişastasına 5 dakika uygulanan ultrases prosesi sonucu elde edilen EDN değeri hariç tüm örneklerde EDN sonuçlarında bulguların artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Ultrases işlemi yüksek oranda dallanmış amilopektin molekülüne kıyasla lineer amiloz molekülüne daha kolay etki etmekte ve amorf bölgeleri degrade etmektedir. Ultrases işlemi ile indüklenmiş değişimlerin boyutu sadece nişastanın kristal yapısına değil, aynı zamanda amiloz içeriğine de bağlıdır (Luo ve ark., 2008).

Jambrak ve ark. (2010) mısır nişastasının fiziksel özellikleri üzerine ultrases işleminin etkisini incelemişler ve ultrases prosesinin amorf fazın geri dönüşümlü hidrasyonundan önce nişasta granüllerindeki kristal bölgeyi bozarak granüler yapının yok olmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Nişasta granüllerinin parçalanması üzerindeki en büyük etki ultrasesle oluşan kavitasyon gücüdür. Bu etki, glikoz birimleri

arasındaki kovalent bağların kopmasını sağlayarak nişastanın düzenli yapısını bozmaktadır. Kaviteasyon kesme gücü; uygulanan ultrases işleminin frekansına, ultrases gücüne, sıcaklığa, proses süresine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

4.2. Fonksiyonel Özellikler

4.2.1. Suda Çözünürlük Özellikleri

Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin suda çözünürlük değerlerine ait varyans tablosu Çizelge 4.3' te verilmiştir. Buna göre nişasta tipi, uygulanan ultrases işlem süresi ve bu iki faktör arasındaki etkileşim %1 güven aralığında önemli bulunmuştur ($P<0,01$). İncelenen özellik bakımından elde edilen bulgular bu bilgi ışığında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin suda çözünürlük değerlerine ait varyans tablosu¹

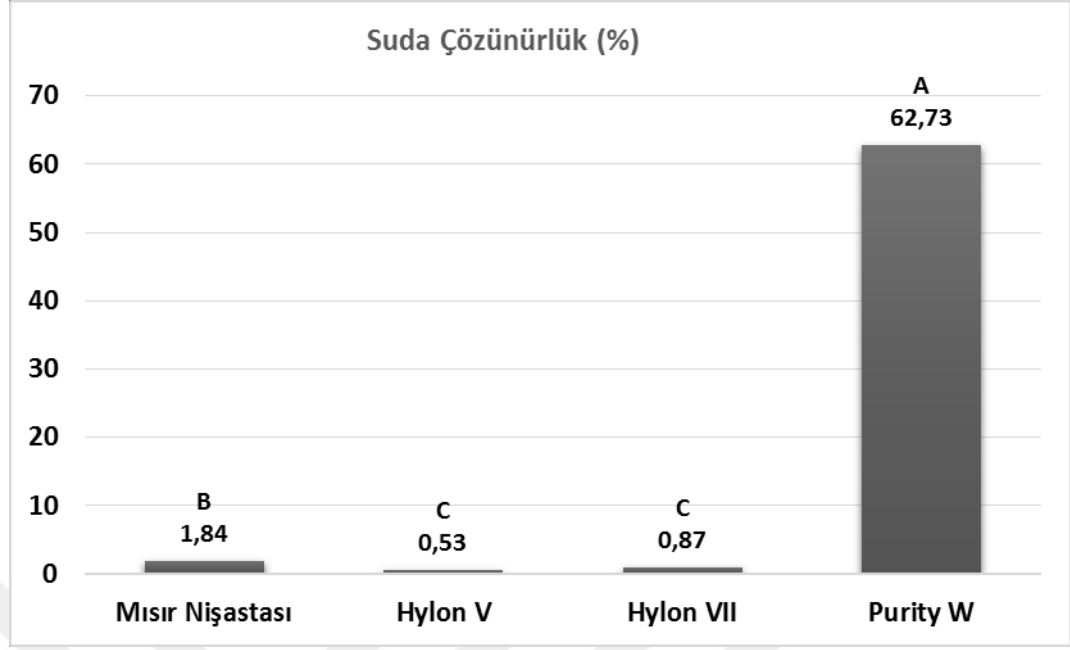
Faktör ²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	2851,42	9504,47	17618,40**
S	4	3572,11	893,03	1655,40**
N*S	12	9742,05	811,84	1504,90**
Hata	19	10,25	0,54	
Genel	39	41838,53		

CV: 4.453

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı

2 N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki etkileşim

Nişasta tipinin suda çözünürlük miktarına etkisi Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.3. incelendiğinde nişasta tipinin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek suda çözünürlük değeri mumsu mısır nişastası olan Purity W' de %62,73 olarak tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla mısır nişastası, Hylon VII ve Hylon V takip etmektedir.



Şekil 4.3. Nişasta tipinin suda çözünürlük miktarına etkisi*

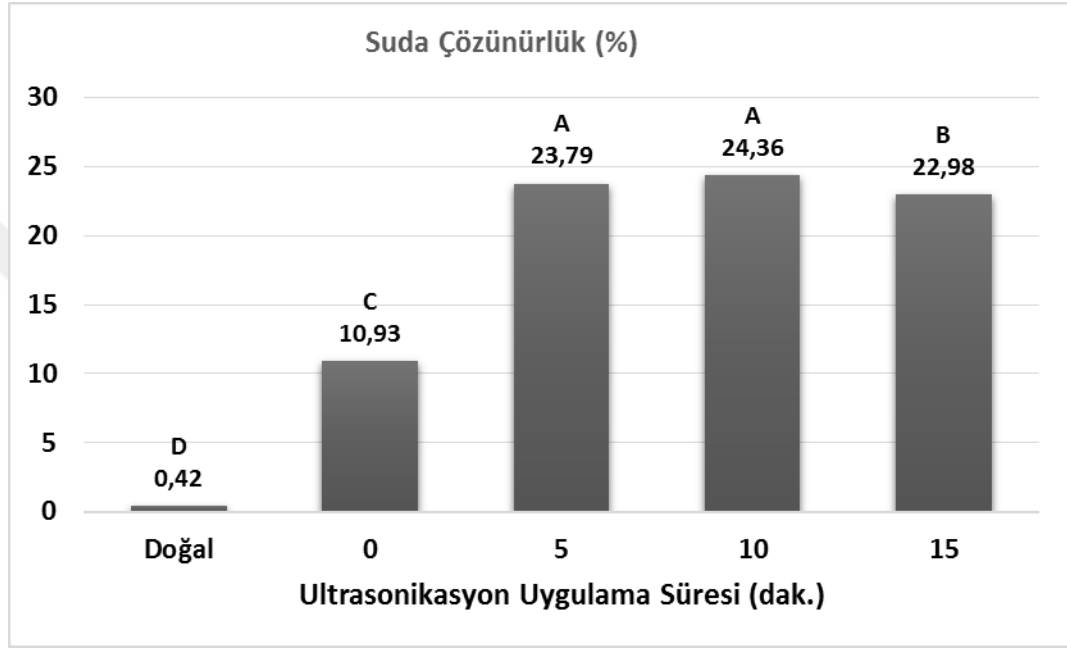
(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01))

Ultras ses işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi Şekil 4.4' te verilmiştir. Doğal formdaki nişastalarda suda çözünürlük değeri ortalama %0,42 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Doğal nişastalara uygulanan otoklav işlemi sonucunda suda çözünürlük değerinde meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P<0,01). Sulu ortamda nişastaya uygulanan otoklavlama işleminden sonra nişasta granülleri parçalanarak çözünür forma geçmekte, dolayısıyla su bağlama ve çözünürlük değerleri artış göstermektedir. Nişastanın suda çözünürlük özelliğinin dekstrinizasyon ile ilişkili olduğu ve bu değerlerin proses koşullarından etkilendiği bildirilmiştir (Guraya ve ark., 2001).

Otoklavlama işleminden sonra nişasta çirişine uygulanan ultras ses işlemi ortalama çözünürlük değerlerini önemli oranda artırmıştır. En yüksek suda çözünürlük değeri (%24,36) 10 dakika uygulanan ultras ses işlemi ile elde edilmiştir (Şekil 4.4).

Zheng ve ark. (2013) çalışmalarında %5 (w/w)' lik tatlı patates nişastası süspansiyonlarına 720 W gücünde 30 °C sıcaklıkta farklı frekanslarda uygulanan ultras ses prosesinin nişastanın çözünürlük değerindeki değişimleri üzerine etkisini incelemiştirlerdir. Araştırmacılar ultras ses proses süresi (10, 20, 30, 45 ve 60 dakika)

arttırıldıkça çözünürlük değerlerinin kademeli olarak arttığını rapor etmişlerdir. Nişasta granüllerinin özellikle amorf bölgeleri, ultrases işleminden sonra çok daha fazla mekanik hasara uğrayabilir. Proses sonucu nişastanın hidrofilitesi önemli ölçüde artış göstermekte, bu da nişasta granüllerine suyun penetrasyonu kolaylaştırmakta ve böylece nişastanın çözünürlüğü artmaktadır (Zheng ve ark., 2013).



Şekil 4.4. Ultrases işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi

(*Sütün grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01))

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara ultrases işlemi uygulanarak elde edilen türevlerinin çözünürlük değerleri Çizelge 4.4.' te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi¹

	Doğal	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastası	0,25 f	0,92 ef	1,57 ef	4,35 d	2,13 e
Hylon V	0,17 f	0,57 f	0,59 ef	0,69 ef	0,65 ef
Hylon VII	0,54 f	1,04 ef	0,97 ef	0,96 ef	0,83 ef
Purity W	0,71 ef	41,18 c	92,02 a	91,45 a	88,29 b

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

Doğal nişasta tipleri arasında en yüksek suda çözünürlük değerine Purity W mumsu nişasta sahipken, tespit edilen çözünürlük değeri diğer nişasta tipleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Ancak 121°C’ de 60 dakika uygulanan otoklav işlemi ile tüm nişasta tiplerinde çözünürlük değerleri önemli ölçüde artış göstermiştir (P<0,01).

Nişasta tipi ile ultrases işlemi arasındaki interaksiyon incelendiğinde en yüksek suda çözünürlük değeri Purity W nişastasına 5 dakika uygulanan ultrases işlemi neticesinde elde edilmiştir. Yüksek amilozlu mısır nişastaları çözünürlük özellikleri bakımından kıyaslandığında genel olarak Hylon VII nişastasının, Hylon V’ e oranla daha yüksek olduğu ve fakat bu farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Carmona-Garcia ve ark. (2016) çalışmalarında plantain nişastasına 25 kHz frekansta, 80W gücünde, % 20 dalga boyunda, 20 ve 50 dakika süresince 4 °C’ de ultrases prosesi uygulamışlardır. Doğal formdaki plantain nişastasının çözünürlük değeri % 9,6 iken; bu değer 20 ve 50 dakika uygulanan ultrases işleminden sonra sırasıyla % 12,6 ve % 17,6’ ya çıktığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar ultrases işlem süresi arttıkça genellikle çözünürlük ve şişme gücü düzeylerinin artış gösterdiğini ve bu artışların nişastanın kristalin bölgelerinin hasar görmesi ve su moleküllerinin amiloz ve amilopektinin serbest hidroksil gruplarına hidrojen bağı ile bağlanmasıyla oluşabileceğini ileri sürmüşlerdir.

4.2.2. Su Bağlama

Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin su bağlama değerlerine ait varyans tablosu Çizelge 4.5' te sunulmuştur. Çizelge 4.5. incelendiğinde nişasta tipi, uygulanan ultrases işlem süresi ve bu iki faktör arasındaki interaksiyon (N*S) su bağlama değerleri açısından %1 güven aralığında önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Su bağlama özelliği bakımından elde edilen bulgular bu varyans tablosu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.5. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin su bağlama değerlerine ait varyans tablosu¹

Faktör²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	196446,88	65482,29	100,89**
S	4	182885,40	45721,35	70,44**
N*S	12	232180,00	19348,33	29,81**
Hata	19	12332,28	649,07	
Genel	39	624915,77		

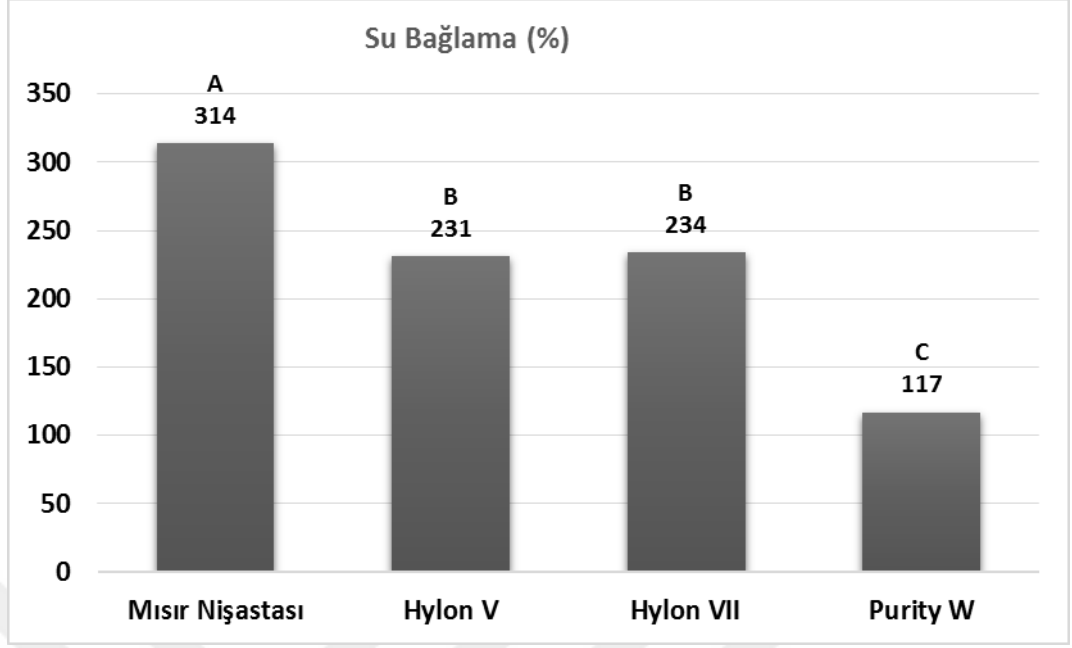
CV: 11.382

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı

2 N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki interaksiyon

Nişasta tipinin su bağlama miktarına etkisi Şekil 4.5' te gösterilmiştir. Şekil 4.5. incelendiğinde nişasta tipinin su bağlama özelliğini önemli ölçüde etkilediği açıkça görülmektedir ($P<0,01$). Ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek su bağlama değeri normal mısır nişastasında %314 olarak belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, mısır nişastası kendi ağırlığının yaklaşık olarak 3 katı suyu yapısına alarak bağlayabilmektedir.

Hylon V ve Hylon VII nişastalarında su bağlama değerleri birbirlerine oldukça yakın bulunurken, %100 amilopektin yapısına sahip mumsu mısır nişastası olan Purity W' de bu değer %117 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

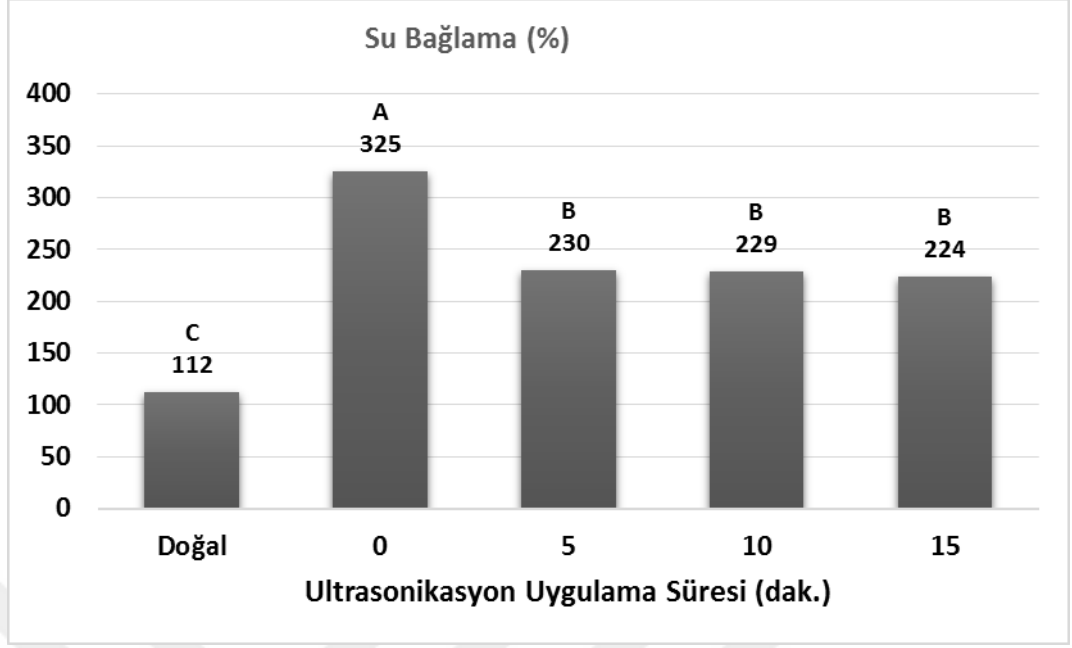


Şekil 4.5. Nişasta tipinin su bağlama miktarına etkisi*

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Ultrases işleminin su bağlama değerleri üzerine etkisi Şekil 4.6' da sunulmuştur. Doğal formdaki nişastalarda su bağlama değeri ortalama %112 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Doğal nişastalara uygulanan otoklavlama işlemi sonucunda su bağlama değerinde meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,01$). Beş dakika uygulanan ultrases işlemi ile su bağlama değerleri önemli oranda azalırken ($P<0,01$), 5-15 dakika uygulamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Nişastanın su bağlama yeteneği suyu bağlayan hidrofilik grupların açığa çıkmasına ve bu polimer yapıların jel oluşturma kapasitesine bağlıdır. Sulu ortamda nişastanın ısıtılması yapının bünyesine su alarak şişmesine, nişastanın jelatinizasyonuna ve en nihayeti su bağlama değerlerinin artmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.6. Ultrases işleminin suda çözünürlük değerleri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,01$))

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara ultrases işlemi uygulanarak elde edilen türevlerinin su bağlama değerleri Çizelge 4.6.' da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. incelendiğinde doğal nişasta tipleri arasında en yüksek su bağlama değeri yüksek amilozlu Hylon VII nişasta örneğinde belirlenirken, tespit edilen çözünürlük değeri diğer nişasta tipleri ile karşılaştırıldığında fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Öte taraftan, uygulanan otoklav işlemi ile tüm nişasta tiplerinde su bağlama değerleri dikkate değer bir şekilde artış göstermiştir. Tüm örneklerde bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6; $P < 0,01$).

Çizelge 4.6. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin su bağlama değerleri üzerine etkisi¹

	Doğal	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastası	85 d	352 b	377 ab	382 ab	371 ab
Hylon V	127 d	267 b	258 c	253 c	249 c
Hylon VII	130 d	269 c	260 c	258 c	255 c
Purity W	105 d	413 a	25 e	23 e	19 e

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

Nişasta tipi ile ultrases işlemi arasındaki interaksiyon incelendiğinde en yüksek su bağlama değeri (%382) mısır nişastasına 10 dakika uygulanan ultrases işlemi neticesinde elde edilmiştir. Mısır nişastasına uygulanan farklı ultrases süreleri arasında ise önemli bir fark tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.4.' te verilen nişastaların suda çözünürlük değerleri ile Çizelge 4.6.' daki su bağlama sonuçları kıyaslandığında aralarında genel olarak ters ilişki olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, suda çözünürlük değerleri en yüksek olan nişasta örneklerinde su bağlama değerleri en düşük olarak tespit edilmiştir. Yüksek amilozlu mısır nişastaları su bağlama özellikleri bakımından kıyaslandığında genel olarak benzer bulunmuştur.

4.2.3. Su Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesi değerlerine ait varyans tablosu Çizelge 4.7' de verilmiştir. Çizelge 4.7' de nişasta tipi, uygulanan ultrases işlem süresi ve bu iki faktör arasındaki interaksiyon (N*S) su tutma kapasitesi özelliği bakımından %1 güven aralığında önemli bulunmuştur (P<0,01). Su tutma kapasitesi değerleri bu varyans tablosu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin su tutma kapasitesi değerlerine ait varyans tablosu¹

Faktör²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	8,16	2,72	320,35**
S	4	17,68	4,42	520,42**
N*S	12	17,32	1,44	169,99**
Hata	19	0,16	0,01	
Genel	39	43,36		

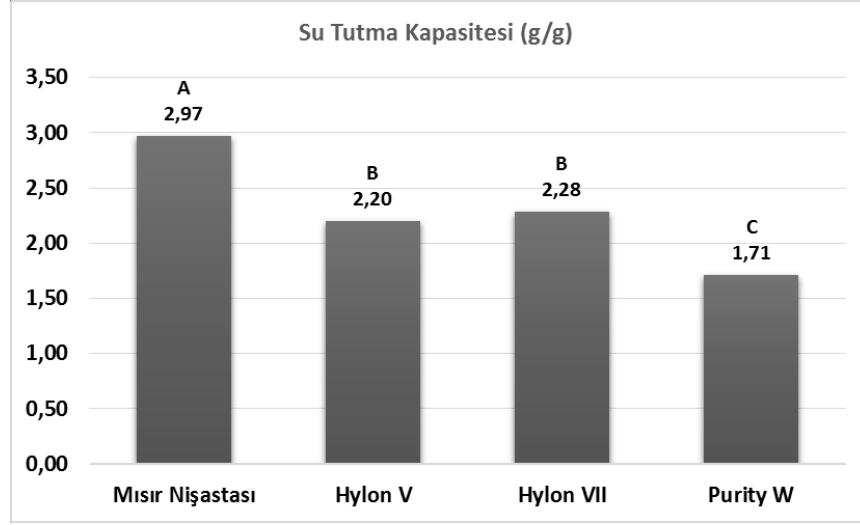
CV: 4.023

¹SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı
² N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki etkileşim

Nişasta tipinin su tutma kapasitesi üzerine etkisi ortalama değerler temel alınarak incelendiğinde en yüksek değer 2,97 g/g olarak mısır nişastasında tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Ters olarak en düşük su tutma kapasitesi değeri (1,71 g/g) ise %100 amilopektin içeren Purity W nişastasında belirlenmiştir. Yüksek amilozlu nişasta örneklerinde ise su tutma kapasite değerleri mısır nişastasından düşük, mumsu nişasta örneğinden yüksek saptanmıştır. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.7; P<0,01).

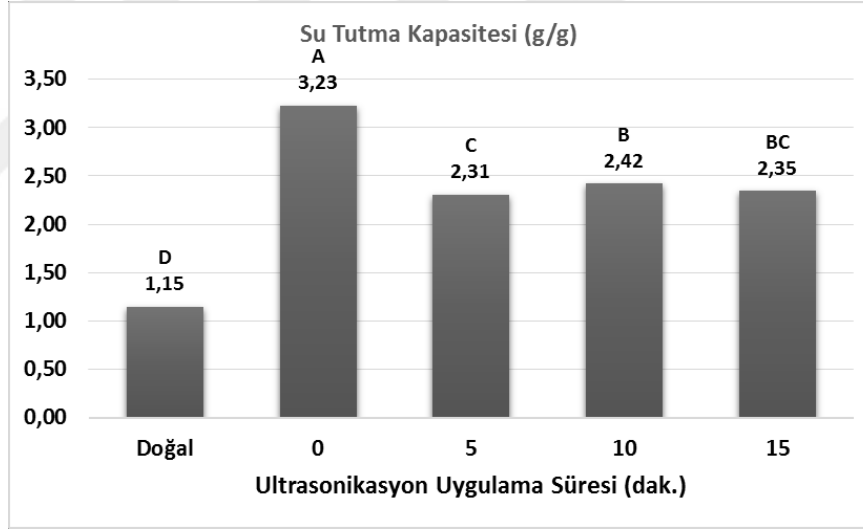
Ultrases işleminin su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi Şekil 4.8' de verilmiştir. Doğal nişastalarda su tutma kapasitesi değeri ortalama 1,15 g/g olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Otoklavlama işlemi ile su tutma kapasitesi değeri 3,23 g/g değerine ulaşmış ve meydana gelen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P<0,01).

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara farklı sürelerde ultrases işlemi uygulanarak elde edilen nişasta türevlerinin su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 4.8.' de sunulmuştur.



Şekil 4.7. Nişasta tipinin su bağlama miktarına etkisi

(* Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))



Şekil 4.8. Ultrases işleminin su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi

(* Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Genel bir değerlendirme yapıldığında, işlem görmeyen doğal mısır nişastası en düşük su tutma kapasitesi değerine sahip bulunmuştur ($P<0,01$). Otoklavlama işlemi uygulanan tüm nişasta örneklerinde doğal olanlara kıyasla su tutma kapasitesi değerleri önemli oranda artış göstermiştir ($P<0,01$). Mısır nişastasına 10 dakika uygulanan ultrases işlemi ile su tutma kapasitesi önemli ölçüde artış gösterirken ($P<0,01$), Hylon V

ve Hylon VII örneklerinde dikkate değer bir değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.4). Diğer taraftan ultrases işlemi su tutma kapasitesini olumsuz yönde etkilemiş ve sadece otoklav işlemi uygulanan kontrol grubu örneği ile kıyaslandığında bu düşüş önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.8. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi¹

	Doğal	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastası	0,87 i	3,34 c	3,54 bc	3,59 b	3,54 bc
Hylon V	1,26 fg	2,52 de	2,46 de	2,43 de	2,33 e
Hylon VII	1,36 f	2,57 d	2,40 de	2,57 d	2,52 de
Purity W	1,11 gh	4,49 a	0,85 i	1,09 gh	1,02 hi

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

4.2.4. Yağ Absorpsiyon Kapasitesi

Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin yağ absorpsiyon kapasitesi değerlerine ait varyans tablosu Çizelge 4.9' da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde, yağ tutma kapasitesi bakımından nişasta tipi %5 ($P<0,05$), uygulanan ultrases işlem süresi %1 güven aralığında önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Bu iki faktör arasındaki interaksiyon (N*S) ise önemsiz bulunmuştur. Yağ absorpsiyon kapasitesi özelliği bakımından elde edilen bulgular bu varyans tablosu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.9. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin yağ tutma kapasitesi değerlerine ait varyans tablosu¹

Faktör ²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	0,105	0,035	4,18*
S	4	0,158	0,039	4,71**
N*S	12	0,125	0,010	1,24
Hata	19	0,159	0,008	
Genel	39	0,549		

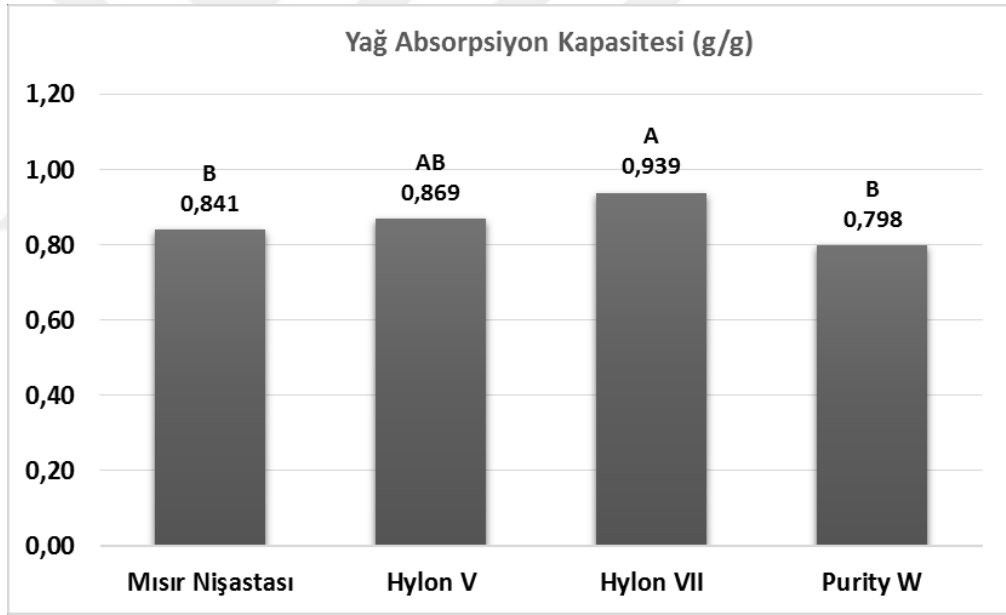
CV: 10.620

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı

2 N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki interaksiyon

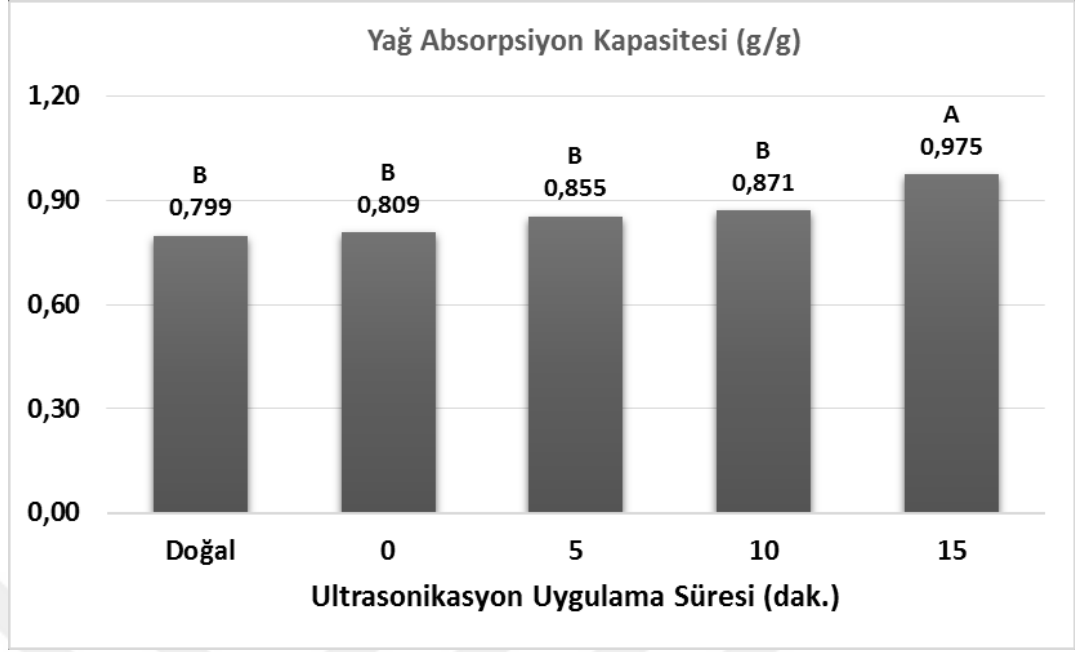
Nişasta tipinin yağ absorplama kapasitesi üzerine etkisi Şekil 4.9' da verilmiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında en yksek yağ absorpsiyon kapasitesi değeri Hylon VII nişastasında 0,939 g/g olarak tespit edilmiştir. Bu değeri sırasıyla Hylon V, mısır nişastası ve Purity W izlemektedir. Nişastalar yağ tutma özelliği bakımından kıyaslandığında en belirgin fark Hylon VII ve Purity W arasında gözlenmiştir. Bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Ultrases işleminin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Ortalama değerler bakımından ultrases süresinin yağ tutma kapasitesi üzerine etkisi incelendiğinde, ultrases işlem süresinin artmasına paralel olarak yağ tutma kapasitesi kademeli olarak artış göstermiştir (Şekil 4.10). Ancak bu artış sadece 15 dakika uygulanan ultrases işleminde diğer sürelerle kıyasla önemli bulunmuştur ($P<0,01$).



Şekil 4.9. Nişasta tipinin yağ absorpsiyon kapasitesi miktarına etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))



Şekil 4.10. Ultrases işleminin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,01$))

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara farklı sürelerde ultrases işlemi uygulanarak elde edilen nişasta türevlerinin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri Çizelge 4.10' da sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde, doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara farklı sürelerde ultrases işlemi uygulanarak elde edilen nişasta türevlerinin yağ tutma kapasitesi değerlerinin 0,725 ile 1,190 g/g arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.10).

Sujka ve Jamroz (2013) çalışmalarında ultrases işlemi uygulanmış buğday nişastasında yağ bağlama değerinin doğal formdaki nişastaya göre yaklaşık % 60 daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada şişme gücü ve çözünürlük değerleri de ultrases işlemi ile modifiye edilmiş örneklerde doğal olanlardan daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni nişastayı oluşturan ana polimerden biri olan amilopektinde fosfat gruplarının yüksek miktarda bulunması olabilir. Çünkü fosfat grupları, nişastadaki kristalin bölgelerindeki bağlama alanlarını zayıflatmakta ve dolayısıyla granülün hidrasyonunu arttırmaktadır (Sujka ve Jamroz, 2013).

Çizelge 4.10. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin yağ tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi

	Doğal	Ultrases uygulama süresi (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastası	0,790	0,725	0,795	0,900	0,995
Hylon V	0,805	0,810	0,905	0,915	0,910
Hylon VII	0,840	0,895	0,905	0,865	1,190
Purity W	0,760	0,805	0,815	0,805	0,805

Nişasta tipi, ultrases süresi interaksyonu incelendiğinde ise yağ tutma kapasiteleri arasındaki farklar %5 güven aralığında önemsizdir. Bu nedenle elde edilen bulguların sadece ortalama değerleri verilmiştir (Çizelge 4.10).

4.3. CIE Renk Değerleri

Renk, gıda ürünlerinin kabul edilebilirliği ile doğrudan ilgili önemli bir kalite faktörüdür. Gıdaların renginin, gıda sanayi yan ürünlerinin (örneğin, tahıl kepeği, farklı bitkisel kaynaklardan diyet lifleri) formülasyonlara dâhil edilmesiyle değişeceği açıktır. Bununla birlikte, bir ürünün rengi, yan ürünlerin eklenmesinden sonra kabul edilebilir bir seviyede olmalıdır (Masatcioglu ve ark., 2017). Bu çalışmada ultrases yöntemi ile üretilen enzime dirençli nişasta örnekleri nihai ürünlere (kek, bisküvi vb.) katkı sağlayacak bir bileşen olarak kullanılması amaçlanmakta olup, son üründe önemli bir etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

4.3.1. L^* Değerleri

Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin parlaklık, L^* değerlerine ait varyans tablosu Çizelge 4.11' de sunulmuştur. Çizelge 4.11. incelendiğinde nişasta tipi, uygulanan ultrases işlem süresi ve bu iki faktör arasındaki interaksiyon (N*S) parlaklık değerleri açısından %1 güven aralığında önemli

bulunmuştur ($P<0,01$). L^* özelliği bakımından elde edilen bulgular bu varyans tablosu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Nişasta tipinin L^* değeri üzerine etkisi ortalama değerler temel alınarak incelendiğinde en yüksek parlaklık değeri 90,4 olarak Purity W nişastasında tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Ters olarak en düşük L^* değeri (88,2) ise Hylon V nişastasında ölçülmüştür. Her ne kadar ortalama parlaklık değerleri görece olarak birbirine yakın olsa da, farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

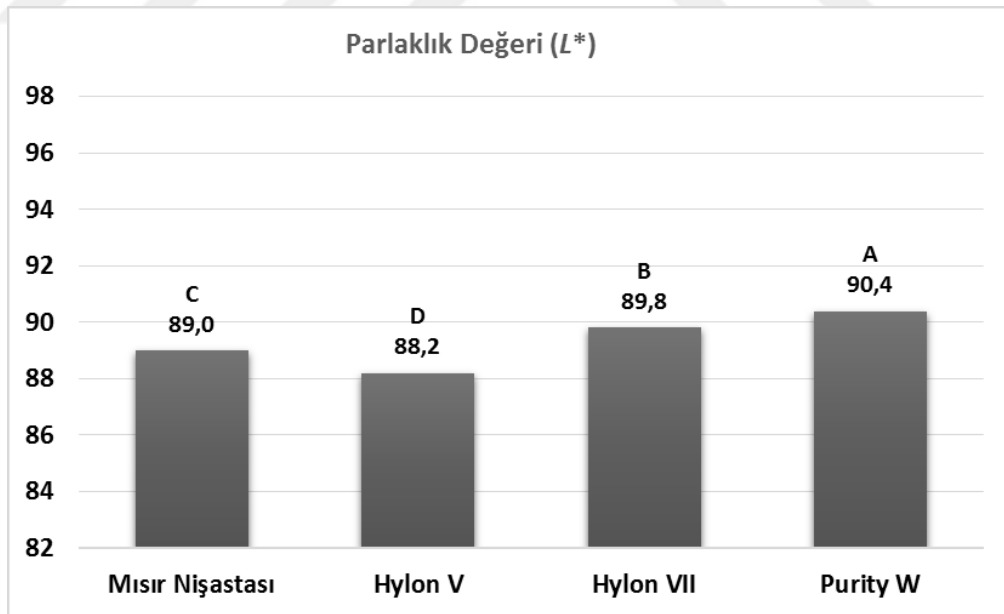
Çizelge 4.11. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin L^* değerlerine ait varyans tablosu¹

Faktör ²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	27,24	9,08	75,49**
S	4	375,40	93,85	780,19**
N*S	12	6,00	0,50	4,16**
Hata	19	2,28	0,12	
Genel	39	411,08		

CV: 0.388

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı

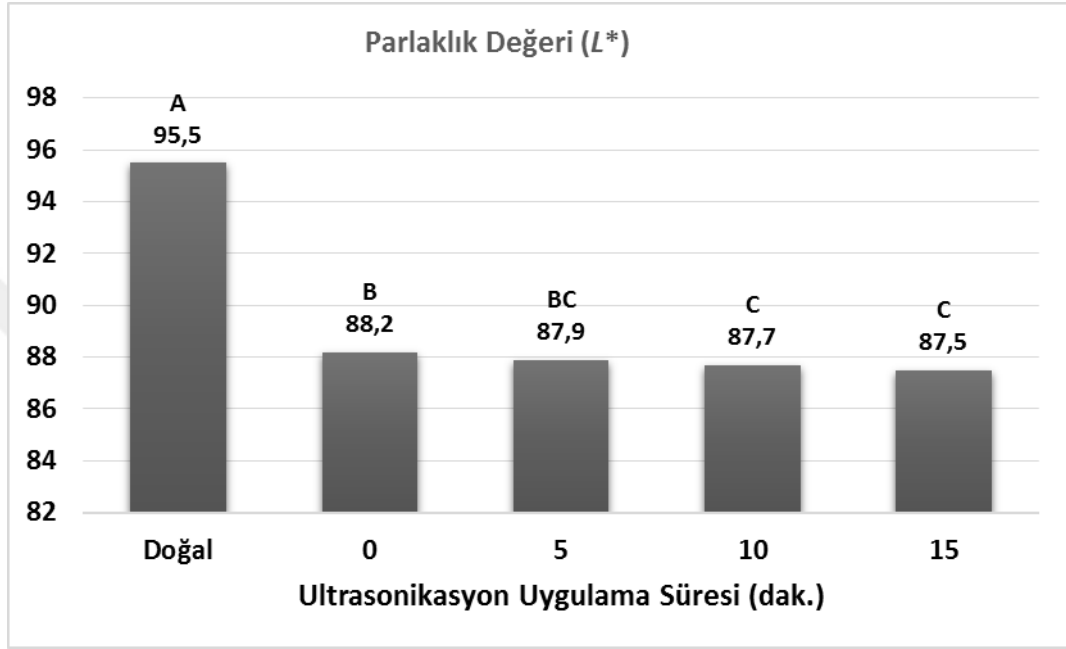
2 N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki etkileşim



Şekil 4.11. Nişasta tipinin parlaklık değeri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Ultrases işleminin parlaklık değerleri üzerine etkisi Şekil 4.12' de sunulmuştur. Şekil 4.12. incelendiğinde beklenildiği gibi herhangi bir prosese tabi tutulmayan doğal nişasta örneklerinin ortalama parlaklık değerleri en yüksek (95,5) bulunmuştur. Bu değer diğer örneklerle kıyaslandığında önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Proses uygulanan örneklerde düşük miktarda değişim gözlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Ultrases işleminin parlaklık değerleri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara ultrases işlemi uygulanarak elde edilen türevlerinin parlaklık (L^*) değerleri Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. incelendiğinde en yüksek L^* değerlerinin doğal nişastalarda ölçüldüğü açıkça görülmektedir. Tüm nişasta örneklerinde bu değerler otoklav işlemi uygulandıktan sonra (0. Dakika; kontrol grubu) dikkate değer bir ölçüde düşüş göstermiştir. Bu azalma araştırmada çalışılan tüm örneklerde anlamlı bulunmuştur ($P<0,01$). Ancak her bir nişasta örneği kendi içerisinde ultrases işlemi uygulama süresi (0.-15. dakika) bakımından değerlendirildiğinde, L^* değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin L^* değerleri üzerine etkisi¹

	Doğal	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastası	95,7 a	86,9 ghij	87,3 ghi	87,1 ghij	87,7 efg
Hylon V	94,6 b	87,0 ghij	86,6 hij	86,3 j	86,6 ij
Hylon VII	95,4 ab	89,2 cd	88,4 def	88,6 cde	87,5 fgh
Purity W	96,1 a	89,4 c	89,2 cd	88,7 cd	88,3 def

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

4.3.2. a^* Değerleri

Çizelge 4.13' te nişasta tipi, uygulanan ultrases işlem süresi ve bu iki faktör arasındaki interaksiyon (N*S) kırmızılık (a^*) özelliği bakımından %1 güven aralığında önemli bulunmuştur (P<0.01). a^* değerleri bu varyans tablosu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Nişasta tipinin ve ultrases işleminin kırmızılık değerleri üzerine etkisi sırasıyla, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te verilmiştir. Her ne kadar istatistiksel olarak önemli fark görünüyor da olsa a^* değerleri üzerine nişasta ve uygulanan proseslerin etki düzeyi düşük bulunmuştur.

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara farklı sürelerde ultrases işlemi uygulanarak elde edilen nişasta türevlerinin a^* değerleri Çizelge 4.14.' te sunulmuştur.

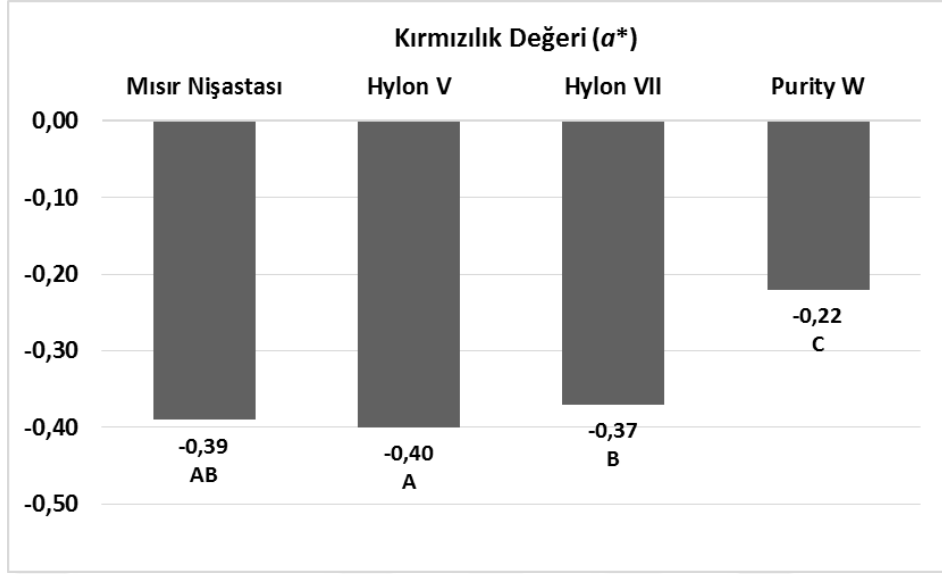
Çizelge 4.13. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin a^* değerlerine ait varyans tablosu¹

Faktör ²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	0,225	0,075	66,47**
S	4	0,157	0,039	34,77**
N*S	12	0,065	0,005	4,83**
Hata	19	0,022	0,001	
Genel	39	0,471		

CV: 9.781

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı

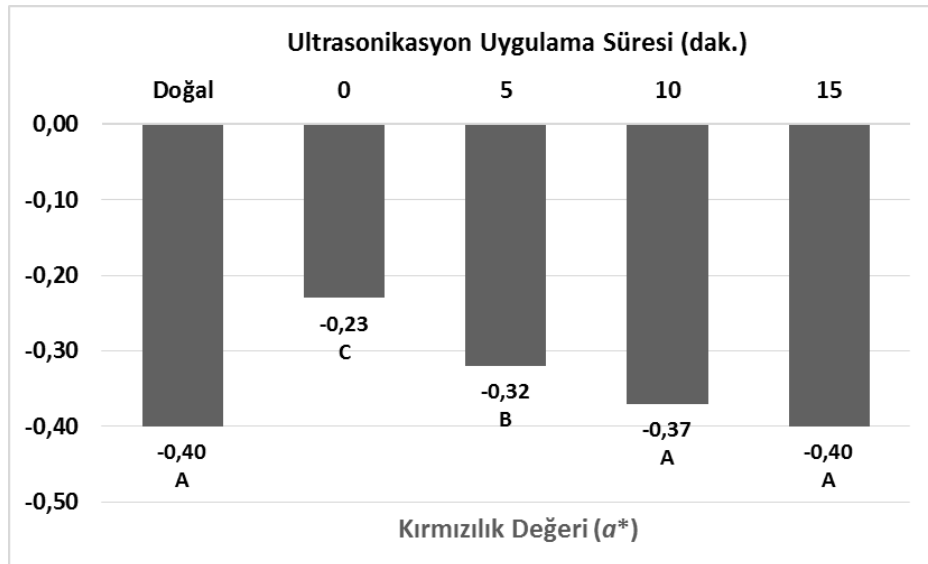
2 N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki interaksiyon



Şekil 4.13. Nişasta tipinin kırmızılık değeri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Kırmızılık değerleri (a^*) bakımından nişasta örnekleri kıyaslandığında, en yüksek değer Hylon V örneğinde tespit edilmiş ve anılan değer mısır nişastasından elde edilenden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Hylon VII ve Purity W nişastalarının kırmızılık değerleri ise önemli düzeyde azalmıştır (Çizelge 4.14; $P<0,01$).



Şekil 4.14. Ultrases işleminin a^* değerleri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Tüm nişasta örneklerinde a^* değerlerindeki en belirgin azalma doğal örneklerle uygulanan otoklav işlemi sonucu meydana gelmiştir. Nişasta örnekleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise kırmızılık değerleri üzerine genel olarak ultrases işleminin etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin a^* değerleri üzerine etkisi¹

	Doğal	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastasası	-0,50 ab	-0,23 ij	-0,42 cde	-0,38 def	-0,44 cd
Hylon V	-0,44 cd	-0,34 fg	-0,30 gh	-0,43 cde	-0,52 a
Hylon VII	-0,45 bc	-0,28 ghi	-0,33 fgh	-0,39 def	-0,37 ef
Purity W	-0,19 j	-0,11 k	-0,23 ij	-0,27 hi	-0,27 hi

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,01$)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

4.3.3. b^* Değerleri

Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevleri ile kontrol örneğinin parlaklık, L^* değerlerine ait varyans tablosu Çizelge 4.15'te sunulmuştur.

Çizelge 4.15. Ultrases işlemi uygulanmış nişasta türevlerinin b^* değerlerine ait varyans tablosu¹

Faktör ²	SD	KT	KO	F Değeri
N	3	94,97	31,66	478,62**
S	4	67,39	16,85	254,71**
N*S	12	9,98	0,83	12,58**
Hata	19	1,26	0,07	
Genel	39	173,62		

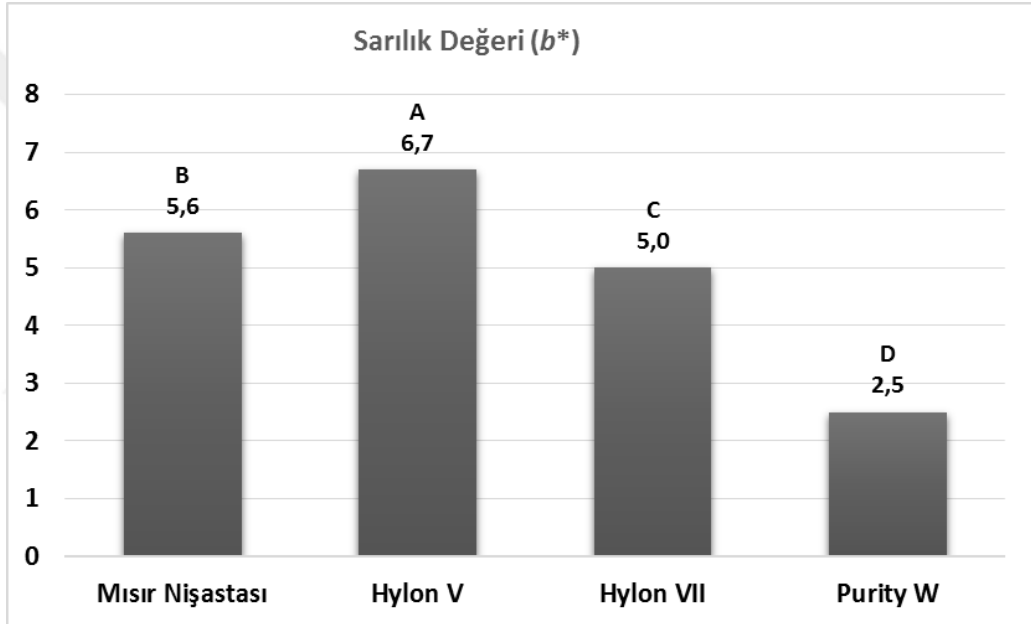
CV: 5.208

1 SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı, KO: kareler ortalaması, CV: varyans katsayısı

2 N: nişasta tipi, S: ultrases uygulama süresi, N*S: N ile S arasındaki interaksiyon

Çizelge 4.15. incelendiğinde nişasta tipi, uygulanan ultrases işlem süresi ve bu iki faktör arasındaki interaksiyon (N*S) sarılık (b^*) değerleri açısından %1 güven aralığında önemli bulunmuştur ($P<0,01$). b^* özelliği bakımından elde edilen bulgular bu varyans tablosu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

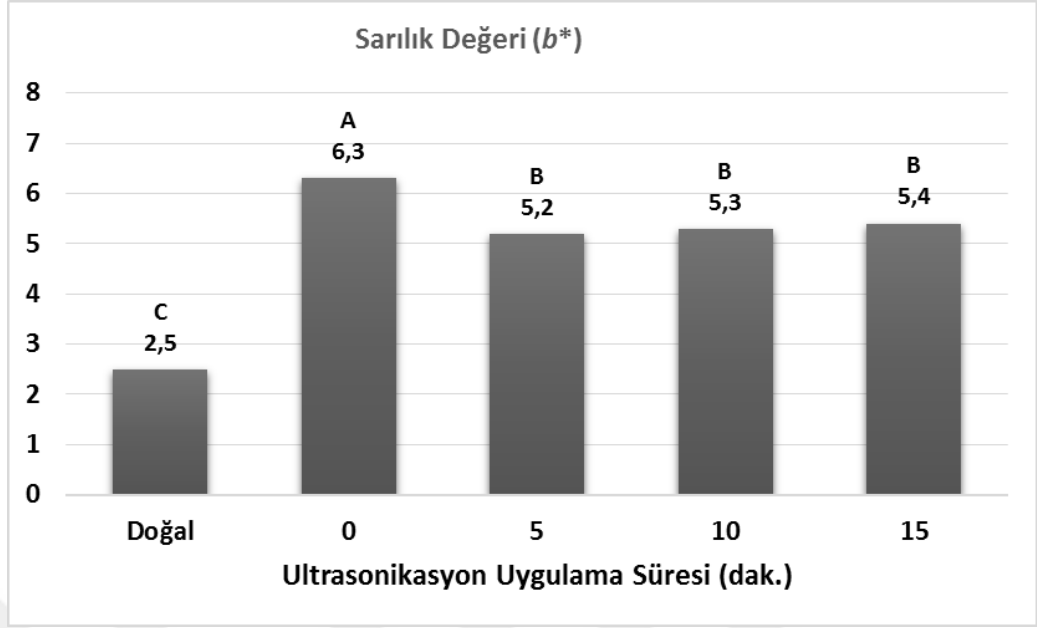
Nişasta tipinin b^* değeri üzerine etkisi ortalama değerler temel alınarak incelendiğinde en yüksek sarılık değeri Hylon V nişastasında 6,7 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.15). Bu değeri sırasıyla mısır nişastası, Hylon VII ve Purity W takip etmiştir. Tüm nişastaların ortalama b^* değerleri önemli düzeyde farklılık göstermiştir (Şekil 4.15; $P<0,01$).



Şekil 4.15. Nişasta tipinin sarılık değeri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Ultrases işleminin sarılık değerleri üzerine etkisi Şekil 4.16' da verilmiştir. Doğal nişastalarda sarılık değeri ortalama 2,5 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Otoklav işlemi ile b^* değeri 6,3 değerine ulaşmış ve meydana gelen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,01$). Ultrases işlemi uygulanan nişasta türevleri kontrol örneği ile kıyaslandığında sarılık değerinde önemli düzeyde azalma meydana gelmiştir ($P<0,01$). Uzun süre uygulanan ultrases işlemi b^* değerinde değişime neden olmamıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Ultrases işleminin b^* değerleri üzerine etkisi

(*Sütun grafiği üzerinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$))

Doğal mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları ile bu nişastalara farklı sürelerde ultrases işlemi uygulanarak elde edilen nişasta türevlerinin b^* değerleri Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. incelendiğinde, doğal nişastalara (mısır, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastaları) uygulanan otoklav işleminin b^* değerlerini arttırdığı ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($P<0,01$). Ultrases işleminin ise CIE renk değerlerinden b^* üzerine genel olarak bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı nişasta kaynaklarına uygulanan ultrases işleminin b^* değerleri üzerine etkisi¹

	Doğal	Ultrases uygulama süresi ² (dk)			
		0	5	10	15
Mısır nişastası	3,5 g	7,3 bc	4,9 f	5,5 ef	6,7 cd
Hylon V	3,5 g	8,5 a	7,4 b	7,1 bc	6,9 bc
Hylon VII	2,0 j	6,1 de	6,0 e	5,7 e	5,5 ef
Purity W	0,9 k	3,4 gh	2,8 i	2,8 hi	2,4 ij

1 Çizelgede farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$)

2 0; otoklav işlemine tabi tutulan, ultrases uygulanmayan kontrol grubu örneği

Masatcioglu ve ark. (2017) çalışmalarında, ekstrüzyon pişirme prosesi ile enzime dirençli nişasta üretmişler ve elde edilen örneklerin EDN içeriklerinin yanı sıra renk değerlerini de incelemişlerdir. Araştırmada, ekstrüzyon yöntemi ile üretilen tüm nişasta örneklerinde L^* değeri doğal formdaki hem Hylon V hem de Hylon VII' den düşük çıktığı, doğal formdaki Hylon V ve Hylon VII nişastalarının L^* değerleri sırasıyla, 96,1 ve 95,5 olarak bulgulanırken, uygulanan proses sonucu parlaklık değerlerinin azaldığı (88,5-91,5) rapor edilmiştir. Parlaklık değerlerinin tersi olarak sarılık (b^*) değerlerinde ise ekstrüzyon işlemi sonucu her iki nişasta tipinde de doğal olanlara kıyasla artış tespit edilmiştir. Çalışmada kırmızılık (a^*) değerlerinde ise önemli bir değişimin gözlenmediği bildirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında üretilen enzime dirençli nişasta örneklerinin renk değerleri literatür ile uyum göstermektedir. Bu bağlamda üretilen EDN' lerin gıda formülasyonlarına dâhil edilebileceği ve görsel olarak incelendiğinde doğal nişastalara kıyasla önemli bir değişimin olması beklenmemektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, farklı amiloz/amilopektin oranına sahip mısır nişastası, Hylon V, Hylon VII ve Purity W nişastalarına ultrases işlemi uygulanarak enzime dirençli nişasta (Tip 3 EDN) üretilmiştir. Çalışmada ayrıca, üretimi gerçekleştirilen nişasta türevlerinin fonksiyonel özellikleri ile gıdalarda önemli kalite kriterlerinden biri olan ve tüketici beğenisi açısından ön plana çıkan renk değerleri incelenmiştir.

Elde edilen araştırma bulguları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, hem doğal nişasta tipinin hem de uygulanan ultrases proses süresinin ayrı ayrı Tip 3 EDN oluşumu üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Tip 3 EDN miktarı (%34,7) Hylon VII nişastasına 15 dakika uygulanan ultrases işlemi sonucu elde edilmiştir. Aynı koşullarda Hylon V ve mısır nişastası kullanılarak üretilen EDN miktarları ise sırasıyla, %30,1 ve %8,0 olarak belirlenmiştir. Purity W nişastasında ise bu değer oldukça düşük bulunmuş (ortalama %0,09) ve bu nedenle istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Çalışmada sabit çıkış gücü ve frekansta (sırasıyla 100 W, 22,5 KHz) ultrases işlemi uygulanmış, süreye bağımlı olarak EDN miktarında meydana gelen değişimler gözlenmiştir. Yukarıda da değinildiği gibi EDN oluşumunda dikkate değer artış tespit edilmiştir.

Otoklav ve ardından ultrases işlemine tabi tutulan doğal nişastaların fonksiyonel özelliklerinde de önemli değişimler saptanmıştır. Her ne kadar su bağlama, suda çözünürlük ve su tutma kapasitesi değerlerinde en belirgin değişim otoklavlama (ısı işlem) sonucu meydana gelse de; elde edilen bulgular ultrases işleminin anılan özellikler bakımından etkili olduğunu açıkça göstermektedir.

Tip 3 EDN oluşumunda ultrases işleminin alternatif bir yöntem olarak kullanılması ileriki çalışmalara da yön vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AACCI, 1990. Approved methods of the AACC, 8th Edition American Association of Cereal Chemist. St. Paul. MN, USA.
- Ahmedna, M., Prinyawiwatkul, W., Rao, R.M., 1999. Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 47, 1340-1345.
- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemistst, Association of Official Chemistst. Arlingo. VA, USA.
- Ashwar, B. A., Gani, A., Wani, I. A., Shah, A., Masoodi, F. A., Saxena, D. C., 2016. Production of resistant starch from rice by dual autoclaving retrogradation treatment: Invitro digestibility, thermal and structural characterization. **Food Hydrocolloids**, 56, 108-117.
- Asp, N.G. and Björck, I., 1992. Resistant Starch. **Trends in Food Science and Technology**, 3(5):111–114.
- Brown, I. L., 1996. Complex carbohydrates and resistant starch. **Nutritional Reviews**, 54, 115-119.
- Brown, I.L., 2004. Applications and uses of resistant starch. **J AOAC Int**, 87, 727–732.
- Carmona-Garcia, R., Bello-Perez, L.A., Aguirre-Cruz, A., Aparicio-Saguilan, A., Hernandez-Torres, J., Alvarez-Ramirez, J., 2016. Effect of ultrasonic treatment on the morphological, physicochemical, functional, and rheological properties of starches with different granule size. **Starch/Stärke**, 68, 972–979.
- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R., 2009. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, 75, 436–447.
- Coudray, C., Bellanger, J., Castiglia-Delavaud, C., Rémésy, C., Vermorel, M., Rayssiguier, Y., 1997. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. **European Journal of Clinical Nutrition**, 51, 375–380.
- Dundar, A.N. and Gocmen, D., 2013. Effects of autoclaving temperature and storing time on resistant starch formation and its functional and physicochemical properties. **Carbohydrate Polymers**, 97, 764–771.
- Guraya, H. S., James, C., Champagne, E. T., 2001. Effect of enzyme concentration and storage temperature on the formation of slowly digestible starch from cooked debranched rice starch. **Starch/Stärke**, 53(3–4): 131–139.
- Haralampu, S.G., 2000. Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydrate Polymers**, 41, 285-292.
- Higgins, J.A., Dana, H.R., Donahoo, W.T., Brown, I.L., Bell, M.L., Bessesen, D.H., 2004. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutr Met**, 1, 1–8.
- Jambrak, A.R., Herceg, Z., Subaric, D., Babic, J., Brncic, M., Brncic, S.R., Bosiljkov, T., Cvek, D., Tripalo, B., Gelo, J., 2010. Ultrasound effect on physical properties of corn starch. **Carbohydrate Polymers**. 79, 91-100.

- Koksel, H., Masatcioglu, T., Ozturk, S., Kahraman, K., Basman, A., 2008. Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment. **Journal of Cereal Science**, 47, 275–282.
- Liu, R. and Xu, G., 2008. Effects of resistant starch on colonic preneoplastic aberrant crypt foci in rats. **Food Chem Toxicol**, 46, 2672–2679.
- Luckett, C.R. and Wang, Y.J., 2012. Effects of β -Amylolysis on the Resistant Starch Formation of Debranched Corn Starches. **J. Agric. Food Chem**, 60, 4751–4757.
- Luo, Z., Fu, X., He, X., Luo, F., Gao, Q., Yu, S., 2008. Effect of Ultrasonic Treatment on the Physicochemical Properties of Maize Starches Differing in Amylose Content. **Starch/Stärke**, 60, 646–653.
- Malhotra, S.L., 1968. Epidemiological study of cholelithiasis among rail road workers in **India Gut**, 9, 290-295.
- Manchun, S., Nunthanid, J., Limmatvapirat, S., Sriamornsak, P., 2012. Effect of ultrasonic treatment on physical properties of tapioca starch. **Advanced Materials Research** 506, 294-297.
- Masatcioglu, M. T., Sumer, Z., Koksel, H., 2017. An innovative approach for significantly increasing enzyme resistant starch type 3 content in high amylose starches by using extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, 74, 95–102.
- Morais, M.B., Feste, A., Miller, R.G., Lifichitz, C.H., 1996. Effect of resistant starch and digestible starch on intestinal absorption of calcium, iron and zinc in infant pigs. **Paediatr Res**, 39(5):872–876.
- Morita, T., Kasaoka, S., Hase, K., Kiriyama, S., 1999. Psyllium shifts the fermentation site of high-amylose cornstarch toward the distal colon and increases fecal butyrate concentration in rats. **J Nutr**, 129, 2081–2087.
- Nugent, A. P., 2005. Health properties of resistant starch. **Nutrition Bulletin**, 30, 27-54.
- Ozturk, S., 2008. Farklı Nişasta Kaynaklarından Enzime Dirençli Nişasta Üretimi ve Karakterizasyonu. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Ozturk, S., Koksel, H., Kahraman, K., Ng, P.K.W., 2009. Effect of debranching and heat treatments on formation and functional properties of resistant starch from high-amylose corn starches. **Eur Food Res Technol**, 229:115–125.
- Reader, D., Johnson, M.L., Hollander, P., Franz, M., 1997. Response of resistant starch in a food bar vs. two commercially available bars in persons with type II diabetes mellitus. **Diabetes**, 46(1):254A.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., 2006. Resistant starch – a review. **Compr Rev Food Sci Food Saf**, 5, 1–17.
- Singh, J. and Singh, N., 2003. Studies on the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and potato starches. **Food Hydrocolloids**, 17, 63-72.
- Sievert, D., Pomeranz, Y., 1989. Enzyme-Resistant Starch. II. Differential Scanning Calorimetry Studies on Heat-Treated Starches and Enzyme-Resistant Starch Residues. **Cereal Chem**, 67(3):217-221.
- Sujka, M. and Jamroz, J., 2013. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour. **Food Hydrocolloids**, 3, 413-419.

- Tapsell, L.C., 2004. Diet and metabolic syndrome: where does resistant starch fit in? **J AOAC Int**, 87, 756–760.
- Tharanathan, R. N. and Mahadevamma, S., 2003. Grain legumes: A boon to human nutrition. **Trends in Food Science & Technology**, 14, 507–518.
- Topping, D.L., Fukushima, M., Bird, A.R., 2003. Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: state of the art. **Proc Nutr Soc**, 62, 171–176.
- Zheng, J., Li, Q., Hu, A., Yang, L., Lu, J., Zhang, X., Lin, Q., 2013. Dual-frequency ultrasound effect on structure and properties of sweet potato starch. **Starch/Starke**, 65, 621–627.



ÖZGEÇMİŞ

Araştırmacı, 1991 yılında Antakya’da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise eğitimini Antakya’da tamamladı. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü 2009 yılında kazandı. Üniversiteden 2013 yılında mezun oldu. 2016 yılında Gaziantep Şehitkamil İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünde Gıda Mühendisi olarak göreve başladı ve halen görevine devam etmektedir.



25.08.2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

KadriyeTÜL