T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRITICUM AESTIVUM L. VE TRITICUM COMPACTUM TÜRLERİNDEN ELDE EDİLEN BUĞDAYLARIN DSC İLE AYIRT EDİLMESİNİN SAĞLANMASI

Zeynep Uca Koç

Yüksek Lisans Tezi

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2009

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRITICUM AESTIVUM VE TRITICUM COMPACTUM TÜRLERİNDEN ELDE EDİLEN BUĞDAYLARIN DSC İLE AYIRT EDİLMESİNİN SAĞLANMASI

Zeynep Uca Koç

Yüksek Lisans Tezi

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANISMANI
Yrd.Doç. Dr. Mahmut ŞEKER

GEBZE
2009

YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/08/2009 tarih ve 2009/21 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 08/10/2009 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Zeynep Uca Koç'un tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Mahmut ŞEKER

ÜYE : Doç. Dr. Murat ÖZDEMİR

ÜYE : Doç. Dr. Alp Er KONUKMAN

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun / /2009 tarih ve 2009/ sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BASLIGI **:**TRİTİCUM AESTİVUM L. VE TRİTİCUM COMPACTUM TÜRLERİNE AİT BUĞDAYLARIN DSC METODU İLE AYIRT EDİLMESİNİN SAĞLANMASI

YAZAR ADI **:** ZEYNEP UCA KOÇ

Tr. aestivum ve Tr. compactum türlerine ait iki farklı un ve tane örneğinin termal özellikleri DSC cihazında incelendi. Buğdayda majör depo proteini olan Glutenin (Glutenin+Gliadin) miktar ve kalitesi son ürün kalitesi ve teknolojik özellikleri üzerinde etkilidir.

Tr. aestivum türüne ait buğdaylarda protein içeriği, Tr. compactum türüne ait buğdaylara göre daha yüksek bulundu. Tr. aestivum ve Tr. compactum türlerine ait buğday tanelerinin denatürasyon endotermleri Diferansiyel Taramalı Kalorimetre ile incelendi.

Tr. Aestivum ve Tr. Compactum türlerine ait buğdayların pik alanları incelendiğinde Tr. aestivum türüne ait buğday tanelerinden daha geniş alana sahip pik elde edildiği görüldü. Protein miktarları farklı olan Tr. aestivum ve Tr. compactum türlerinin pik alanlarındaki farklılık bu iki türün ayırt edilmesini sağlayabilir. Analiz tekrarlarında elde edilen piklerin netleştirilmesi için yeni DSC çalışmaları yapılmalıdır.

SUMMARY

TITLE OF THE THESIS : ACHIEVING THE DISTINGUISHMENT OF GRAINS OBTAINED FROM SPECIES OF THE TRITICUM AESTIVUM L. AND TRITICUM COMPACTUM BY DSC.

AUTHOR : ZEYNEP UCA KOÇ

The thermal properties of the two different flour and grain samples belonging to the Tr. aestivum and Tr. compactum species had been examined with DSC device. Quantity and quality of the Gluten (Glutenin + Gliadin), which is the major storage protein of the wheat, have an important role on the technological properties and on the final product quality.

The protein percentage of the Tr. aestivum species found greater than protein percentage of Tr. compactum species. Denaturation endotherms of Tr. aestivum and Tr. compactum species was examined by Differantial Scanning Calorimeter (DSC).

Peak areas of the wheat grains of Tr. aestivum and Tr. compactum were examined, and larger peak area was obtained in endotherms of wheat grains of Tr. aestivum. Greater peak area was found for greater protein content to distinguish wheat grains of Tr. aestivum from Tr. compactum. Since difference is not clear for every replicate, it is necessary to modifiy DSC analysis to make peak area clear for every replicate.

TESEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması ve sonuçlarının yorumlanmasında engin bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, her konuda bana büyük destek olan değerli danışmanım Sn. Yrd. Doç Dr. Mahmut Şeker'e, tez savunmamda jüri üyeleri olarak görev alan Doç. Dr. Alp Er Konukman ve Doç. Dr. Murat Özdemir'e ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim aileme tesekkürü bir borç bilirim.

.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TESEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Buğday	1
2. BUĞDAYIN SINIFLANDIRILMASI	3
2.1. Buğdayın Botanik olarak sınıflandırılması	4
3. BUĞDAY TANESİNİN BİLEŞİMİ	7
3.1. Karbonhidratlar	7
3.1.1. Nişasta	7
3.1.2. Selüloz	9
3.1.3. Diğer Karbonhidratlar	9
3.2. Proetinler	10
3.3. Lipitler	14
3.4. Mineral maddeler-Kül	14
4. BUĞDAYDA KALİTE TESTLERİ	14
4.1. Zeleny Sedimentasyon Testi	15
4.2. Un Testi	16
4.3. Yaş Öz Gluten testi	18
4.4. Gluten Indeks Değeri	18
4.5. Hamur Testi	18
4.6. Düşme sayısı Değeri	19
5. GİRİŞ	30
5.1. Hipotez	30
5.2. Amaç	30
6. MATERYAL VE METOD	30

6.1. Materyal 30
6.2. Metod 30
7. SONUÇLAR 34
7.1. Buğday nişastasının termal özellikleri 34
7.2. Ticari glutenin termal özellikleri 35
7.3. Buğday unu bileşimlerinin termal özellikleri 37
7.4. Buğday tanesinin termal özellikleri 39
8. TARTIŞMA 41
KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ 48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
1.1. En büyük 10 buğday üreticisi ülke	2
1.2. Buğdayın bilimsel sınıflandırılması	4
1.3. Buğdayın botanik olarak sınıflandırılması	5
1.4. Buğday proteinlerinin eriyebilirlik özelliklerine göre sınıflandırılması	12
1.5. Buğday unu proteinlerinin sınıflandırılması	13
1.6. Zedelenmiş nişasta miktarını etkileyen faktörler	25
6.1. Analizlerde kullanılan buğday, buğday unu, ticari gluten ve buğday nişastası numunelerinin protein ve rutubet oranları	33
7.1. Tam buğday taneleri, buğday unları, ticari gluten ve nişasta numunelerinin DSC analizinden elde edilen pik sıcaklıkları ve entalpileri	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Sedimentasyon metodu	16
2.2. Miksograph cihazından elde edilen zayıf ve kuvvetli unlara ait Grafikler	17
2.3. Miksograph cihazı	17
6.1. DSC analizinde kullanılan alüminyum kaplar	32
6.2. DSC cihazı	34
7.1. Buğday nişastası DSC grafiği	35
7.2. Ticari glutenin DSC grafiği	37
7.3. *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik buğday ununun DSC termogramları	38
7.4. *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi bisküvilik buğday ununun DSC termogramları	39
7.5. *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik tam buğday tanesinin DSC termogramları	40
7.6. *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday tanesinin DSC Termogramları	41

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Buğday

Buğday, insan beslenmesinde kullanılan kültür bitkileri arasında ekim alanı ve üretimi bakımından dünyada ve ülkemizde ilk sırada yer almakta ve Türkiye'de üretimi 2003 yılı verilerine göre 20 milyon tonu bulmaktadır. FAO 'nun 2005 verilerine göre Dünyadaki ilk on buğday üreticisi ülke ve üretim miktarları Çizelge 1.1. de verilmiştir. Günümüzde buğday ekim alanlarının yeryüzünde bölgesel dağılışı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1-Rusya Bölgesi
2-Avrupa bölgesi
- a) Macaristan ovası
- b) Tuna Ülkeleri
- c) Batı Avrupa
- d) Akdeniz ülkeleri

3-Kuzey Pakistan-Hindistan Bölgesi
4-Kuzey Merkezi-Çin
5-Güneydoğu Avustralya Bölgesi
6-Güney Amerika
- a) Arjantin yüksek Ovaları
- b) Güney Şili

7-Kuzey Amerika Bölgesi
- a) ABD'nin güney ovaları
- b) Kanada'nın kuzey büyük ovaları
- c) Kolombiya platosu

Buğdayın bu kadar geniş bölgelere yayılmasına karşın iyi kalite buğdayın yetiştiği bölgeler sınırlıdır. En iyi kalite buğday, Kanada ve ABD'de, Rusya'da sınırlı bir alanda, Afrika' nın kuzey kıyılarında ve Arjantin'de yetişir.

Çizelge 1.1. En büyük 10 buğday üreticisi — 2005 (milyon metrik ton)

Üretici	**Miktar**
Çin	96
Hindistan	72
Amerika Birleşik Devletleri	57
Rusya	46
Fransa	37
Kanada	26
Avustralya	24
Almanya	24
Pakistan	22
Türkiye	21
Dünya Toplamı	**626**
Kaynak: Birleşmiş Milletler Gıda & Tarım Organizasyonu (FAO)	

Türkiye, buğday üretimi bakımdan dünyada belli başlı ülkeler arasındadır. Ülkemizde üretilen buğdayın büyük bir kısmı ekmek yapımında kullanılmaktadır. Diğer unlu mamullerin üretiminde kullanılan kısmı ise yaklaşık 1 Milyon ton civarındadır. Ülkemizde son on yılda günlük olarak tüketilen gıda maddeleri arasına girmiştir. Bu yüzden yüksek tüketim potansiyeline sahiptir. Ortalama kişi başına bisküvi tüketimi ise yılda 5-6 kg civarındadır. Buğday kalitesi, son ürüne

uygunluğuna göre değerlendirilir. Dünyada ekonomik değeri olan buğday türlerinden T*riticum durum* buğdayının makarna, *triticum aestivum l. Em. Thell. Ssp. Compactum* buğdayının ise bisküvi yapımına uygun olduğu bilinmektedir. *Triticum aestivum l. Em. Thell. Ssp. Vulgare* türüne mensup buğdaylar daha çok ekmek yapımında kullanılmakta olup, zayıf olan çeşitleri bisküvi yapımında kullanılabilir. Buğdayın çeşidi, yetişme koşuları ve kullanılan öğütme teknolojisi elde edilecek unun özelliklerini belirler .

2. Buğdayın sınıflandırılması

Bisküvi yapımında kullanılan unun, yumuşak taneli, protein miktarı düşük, gluteni zayıf buğdaylardan elde edilmesi gerekir. Yumuşak buğdaylar ve kışlık kırmızı buğdaylar bisküvi üretimi için tercih edilir. Ancak, bütün yumuşak buğdayların bisküvilik kalitesinin iyi olduğu söylenemez. Değişik bisküvi çeşitlerinde farklı duyusal özelliklerin sağlanması için kaliteleri farklı un kullanılma zorunluluğu vardır. Ayrıca kalite formüle giren bileşenlerin çeşit ve miktarına, üretimde kullanılan yöntemlere bağlı olarak değişebilir. Bisküvi üretiminde kalitenin sağlanması ve çıkabilecek problemlerinin kısa sürede çözülebilmesi için hammadden başlayarak tüm proses aşamalarında kalitenin sürekliliğinin sağlanması zorunludur. Bu bakımdan bisküvi sanayisinde kullanılacak olan unun kalitesinin belirlenmesi gerekir. Bisküvi formülünde kullanılan şeker oranının fazla olması ve $NaHCO_3$ içeriğinin Ph'yı yükseltmesi nedeniyle glutenin hidrasyonu gecikmekte ve tam olarak gluten ağı oluşmamaktadır. Bu yüzden Hoseney (1994), gluten kalitesi ile bisküvi pişirme kalitesi arasındaki ilişkinin çok kuvvetli olmadığını bildirmektedir. Pişme esnasında bisküvinin yayılması kullanılan unun özelliklerinden etkilenir. Yayılma oranı kalite kriteri olarak kabul edilir. Yumuşak buğday unundan yapılan hamur, sert buğday unundan yapılan hamurla karşılaştırıldığında, pişme esnasında daha fazla kabarır ve yayılma daha uzun sürer. Sert buğdaylar, öğütülme sırasında daha fazla zedelendiği için, nişasta zedelenmesi ve unların partikül büyüklüğü fazladır. Sonuçta, yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle üretilecek bisküviler sert olur. Protein oranının yüksek olması da pişme sırasında bisküvilerin fazla miktarda kabarıp, daha az yayılmasına neden olur. Bisküvide standart tutturulamadığı için ambalajlama ve gramaj problemi ortaya çıkar. Bisküvi üretiminde su kaldırma oranı düşük olan

unların tercih edilmesi gerekir. Bisküvi yapımında tercih edilen yumuşak buğdayların protein oranı (% 8-10) düşük, nişasta oranı yüksektir. Sonuçta elde edilen bisküvilerin yapısı sert değildir. Çeşitler arasında yaş ve kuru gluten bakımından fark bulunmaktadır. Undaki gluten miktarı ve kalitesi unun hangi ürün için kullanılacağının bir göstergesi olduğundan önemli bir faktördür. Bisküvi yapımında genelde düşük gluten içerikli zayıf unlar tercih edilir.

2.1. Buğdayın Botanik olarak sınıflandırılması

Buğday bilimsel ve botanik olarak sınıflandırılmaktadır.Bu sınıflandırma Çizelge 1.2 ve 1.3' de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Buğdayın bilimsel olarak sınıflandırılması

Kingdom:	Plantae
(unranked):	Angiosperms
(unranked):	Monocots
(unranked):	Commelinids
Order:	Poales
Family:	Poaceae
Subfamily:	Pooideae
Tribe:	Triticeae
Genus:	***Triticum***

Çizelge.1.3. Buğdayın Botanik olarak sınıflandırılması

Grup	Yabani tipi	2n	Tür adı	Yaygın adı
Tetraploid	*Tr.aegiopoides*	14	*Tr.monococcum*	Einkorn
Tetraploid	*Tr.dicoccoides*	28	*Tr.dicoccum*	Emmer
			Tr.durum	Durum
			Tr.polanicum	Polish
			Tr.turgidum	Rivet-Poulard
			Tr.persicum	Persian
Hexaploid	*Tr.dicoccoides x*	42	*Tr.Vulgare (aestivum)*	Ekmeklik
	Aegilops avata		*Tr. Compactum*	Club
	veya		*Tr. Spelta*	Dinkel-spelt
	Aegilops		*Tr. Sphaerocuccum*	Shot (hint)
	cylindrica			
			Tr. Macha	Macha
			Tr. vavilovi	vavilovi

Triticum genusuna ait 30.000' den fazla çeşitin varolduğu kabul edilmektedir. Buğdayın değerlendirme teknolojisi ile alakalı olarak başvurulan sınıflandırma şekli tür adlarına göre olmaktadır.

a.*Tr. aestivum* (ekmeklik buğdaylar):

Tane rengi açık sarıdan, esmer kırmızıya kadar değişir. Sert, yarı sert ve yumuşak tane yapısında bulunabilirler. Protein miktarı orta, öz miktarı ve kalitesi yüksektir. Ekmek yapımına en uygun tür kalitesine sahiptirler.

b.*Tr. compactum* (bisküvilik buğdaylar):

Tane açık renkte, küçük ve unsu iç yapıda ve yumuşaktır. Protein ve özünün miktar ve kalitesi düşüktür. Bunun yanında nişastanın ayrılma kaabiliyeti ve teknolojik özellikleri yüksektir. Bisküvi, kek, börek ve pastaların yapımında ve

nişasta endüstrisinde kullanılır. Ülkemizde Topbaş buğdayı adı altında ekmeklik buğdaylar içinde sınıflandırılır.

c.*Tr. durum* (makarnalık buğdaylar):

Bu tip buğdaylarda tane kırmızı veya kehribar sarısı renkte, uzunca, çok sert olup ince kabukludurlar. Proteince zengin, öz miktarı yüksek fakat özün ekmekçilik kalitesi düşüktür. İrmik, makarna, bulgur üretimine uygundur.

Buğday piyasasında buğdaylar daha ziyade diğer karakterlerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Örneğin;

Tane sertliğine göre : Sert Buğday - Yumuşak Buğday

Tane rengine göre : Kırmızı Buğday - Beyaz Buğday

Ekilişlerine göre : Yazlık Buğday - Kışlık Buğday

3. Buğday Tanesinin Bileşimi :

Buğday tanesinde sudan ayrı olarak karbonhidratlar, protein, yağ, selüloz, madeni maddeler, enzim ve vitaminler vardır. Bu maddelerin buğday tanesindeki miktarları, çeşide ve yetiştiği bölgeye göre değişmektedir.

Ortalama olarak bu maddelerin miktarları şöyledir:

Bileşen		%
Su	:	12
Karbonhidrat	:	70
Protein	:	12
Yağlar	:	2
Selüloz	:	2.2
Kül (Madensel Maddeler)	:	1.8
Toplam	:	100

3.1. Karbonhidratlar

3.1.1. Nişasta

Buğdayda bulunan karbonhidratların ekseriyetini nişasta teşkil eder. Buğday nişastası yuvarlak hücreler halindedir. Tane içerisindeki nişasta proteinli maddelerle sıkı sıkıya sarılmış bir vaziyettedir. Bununla beraber mekanik yollarla, mesela yıkama ile proteinli maddelerden ayrılır. Nişasta D-glikozun polimeridir. Tanenin endosperm hücreleri içinde protein matriksi içinde gömülü nişasta tanecikleri şeklinde bulunurlar. Nişasta amiloz ve amilopektin kısımlarından meydana gelmiştir.

Amiloz düz zincir halinde olup 500-2000 glikoz ünitesinden oluşmuştur. Tamamen (1-4),α – D – glikozidik bağları ile zincir teşekkül etmiştir. Nişasta taneciği içinde yeralan diğer nişasta formu amilopektinde ise her dal 20-30 glikoz ünitesinden oluşmuş olup, düz zincirde (1-4), dallanma noktalarında ise (1-6),α – D –glikozidik bağları ile oluşmuş dallı nişasta molekülü yüzlerce daldan oluşur. Amiloza göre suda eriyebilirliği çok düşüktür. Amilozun toplam nişastaya oranı buğdayda yaklaşık % 23 dolaylarındadır. Buğdayda nişasta oranı % 66 dır.

Nişasta, bitkilerde granüler formda bulunan bir depo polisakkaritidir. Nişasta granülleri amiloplastlar olarak bilinen basit plastidlerden oluşurlar. Nişasta granülleri bulundukları bitki türüne ve dokusuna göre değişik şekil ve büyüklükte olabilirler (Evers ve Stevens1985). Mısır, sorgum ve darı her bir plastidin bir granül içerdiği basit küresel granüllere, pirinç ve yulaf ise her amiloplast içinde bir çok granülün bulunduğu bileşik granüllere sahiptirler. Buğday, çavdar, arpa ve tritikale ise hem küçük granüllere hem de büyük mercek şeklindeki granüllere sahiptir (Angold 1979, Evers 1979, Ronney *et al*. 1983). Buğday nişastasında büyük granüller toplam nişastanın % 50-70' ini oluşturmaktadır (Evers ve Lindley 1977). Nişasta, buğdayın yapısındaki esas bileşiktir ve tanenin yaklaşık % 53' ünü, tane endosperminin yaklaşık % 95'ini ve unun da (% 80 ekstraksiyon) yaklaşık % 65' ini teşkil eder (Fraser ve Holmes 1956, D'Appolonia *et al*. 1971). Tane içindeki protein ile kıyaslanacak olursa, proteinin yaklaşık 6 kat fazlasını oluşturur (Farrand 1964). Nişasta buğdayın ve unun esas bileşeni olduğundan ondan elde edilen ekmeğin ve diğer tahıl ürünlerinin hem besin değerinde hem de teknolojik kalitesinde büyük öneme sahiptir. Nişasta soğuk suda erimez, fakat su ile ısıtıldığında su alarak şişer ve belli bir sıcaklıktan sonra jel halini almaya başlar. Bu olaya jelatinizasyon ya da çirişlenme denir. Buğday tanesinde 60 ^{o}C de nişasta çirişlenmeye başlar. Nişasta oda sıcaklığının altındaki suda çözünmez hatta şişerek genişlemez. Bu durumda α- ve β-amilazlar (diastaslar) tarafından da hemen hemen hiç parçalanmazlar. Nişasta granülleri etrafındaki koruyucu katman tarafından amilazların etkisine karşı bir anlamda korunmuş durumdadırlar. Amilazların nişasta granüllerini etkileyebilmesi bu koruyucu katmanın ortadan kalkmasına bağlıdır. Yani nişasta granülünün ya sıcaklık etkisiyle jelatinize olması veya çirişlenmesi yada fiziksel bir etki ile parçalanması veya zedelenmesi sonucu amilazların etkisine karşı hassasiyeti artar.

Nişasta molekülüne kristal yapıyı veren amilopektindir (Bankes ve Greenwood, 1975). Doğal nişasta granülleri % 15-45 arasında kristaliteye sahiptirler. Mikroskop altında polarize ışıkta incelendiklerinde malta haçı (birefringence) görüntüsü verirler (Köksel, 1998).

3.1.2. Selüloz

D-glikozun polimeri olup, yalnız (1-4), β-D-glikozidik bağlarla oluşan düz zincir halindedir. Sözkonusu bağlar çok kuvvetli olup sindirilmeleri ve koparılmaları da güçtür. Buğday tanesinin kepek kısmında % 12-14, endosperminde ise % 0,1 civarında selüloz bulunmaktadır.

3.1.3. Şekerler

Tahıl tanesinde serbest şeker olarak en fazla bulunan sakkarozdur. Daha sonra bir trisakkarit olan rafinoz yeralır. Bunlardan başka maltoz, glikoz, fruktoz ve melibioz gibi şekerlerde bulunmaktadır. Tahıl tanesinde rastlanan diğer oligosakkaritler maltotrioz, tetraoz ve pentaoz olup hidrolizlerinde glikoz verirler. Ekmeklik buğdayda % 0,19-0,26, makarnalık buğdayda % 0,26-0,57 civarında sakkaroz bulunur. Diğer şekerlerin tamamı ise % 0,3 civarındadır. Tahıl tanesinde mevcut serbest şeker miktarı fonksiyonel olmaktan çok uzaktır.

3.1.4. Diğer karbonhidratlar

Dekstrinler şekerler gibi suda eriyebilir özellikte, şekerlerle nişasta arasında kalan ara ürünlerdir. Hemiselülozlar hücre duvarlarının yapısında bulunan polisakkaritlerdir. Yapısında heksoz, pentoz monosakkaritleri ile üronik asit bulunur. Pentozanlar kabuğa yakın kısımda fazla bulunurlar. Oranları % 69 civarındadır. Hidroliz olduklarında özellikle pentozanlardan D-ksiloz ve L-arabinozu verirler. Bütün tahıl çeşitlerinde bulunan pentozanlar, suda çözünen ve çözünmeyen formda bulunurlar. Ağırlıklarının 15 misli kadar su absorbe ederler.

1- Suda çözünenler, oksidasyon sonucu su ile jel haline gelirler. Su regülatörü ve iskelet görevindedirler.Yeterli glutene sahip olmayan çavdar unundan ekmek yapımında, ekmeğin iskeletinde pentozanlar önemli rol oynarlar.

2- Suda çözünmeyen pentozanlar nişasta tanesinin yüzeyinde absorbe edilmiş olup, nişastanın jelatinizasyonunu ve amilolitik enzimlerin etkisini geciktirici rol oynamaktadır.

3.2. Proteinler

Buğdaylarda protein miktarı ortalama olarak % 6 ile % 20 arasında değişmektedir. Bu kadar geniş bir aralık buğday çeşitlerinin ve yetiştiği toprak, iklim şartları gibi faktörlerin değişik olmasından ileri gelmektedir. Genellikle tanenin süt olum devresinde bol yağış olması, protein miktarını azaltmakta, aksine bu devrenin kurak geçmesi tanenin protein bakımından zenginleşmesine neden olmaktadır. Yetiştiği toprağın yüksek derecede azotlu gübre ile gübrelenmesi de tanenin protein nispetini yükseltmektedir. Genel olarak ekmeklik buğdayların protein nispetinin % 12'den az olmaması istenir. Proteinlerin yapıtaşları olan aminoasitler önce dipeptitleri, sonra polipeptitler, pepton ve en son proteinleri oluştururlar. Bu peptit bağlarının aslı hidrojen bağı olduğundan heliks şeklinde zincirler meydana gelir. Bu zincirler birbirlerine sarılarak protein liflerini, dolanarak protein yumaklarını oluştururlar. Protein yapısında molekül içi bağlantılarını hidrojen bağı sağlarken, molekül arası çapraz köprüleri disülfit bağları meydana getirmektedir. Hidrojen bağları proteolitik aktivite sonucu, disülfit bağları ise indirgenme reaksiyonları sonucu koparlar. Yumak oluşumunda disülfit köprüleri önemli rol oynamaktadır.

Proteinler yapılarında aminoasit ve daha başka bileşikleri bulundurmalarına göre basit ve bileşik konjuge proteinler diye sınıflandırılırlar.

Tahıl proteinleri tanede bütün dokulara dağılmış vaziyettedir. Embriyo, skutellum ve aleuron tabakalarında, unsu endosperm, perikarp ve etatadakinden daha yoğun protein bulunur. Endospermdeki protein konsantrasyonu merkezden çevreye artmaktadır. Beslenme açısından daha yüksek biyolojik değere sahip olan albumin ve globulin protein tipleri aleuron ve peliferal endospermde daha yoğundur.

Endosperm ağırlık olarak buğday tanesinin % 80-85'ini oluştururken, toplam proteininde % 70 'ini bünyesine almaktadır.

Teknolojik öneme sahip proteinler genellikle endospermde nişasta tanecikleri ile birarada bulunurlar. Proteinler konumlarına göre dolgu ve bağlı proteinler olarak sınıflandırılırlar.

Dolgu proteinleri: Serbest protein olarak da bilinirler. Nişasta taneciklerinin ara boşluklarını dolduran protein matriksidir. Buğdayda teknolojik önem taşıyan gluten bu kısımdadır. Ekmek yapımı için buğday unu kalitesi endospermdeki depo proteinlerinden glutenlerin miktar ve kalitesinin belirlerdiği hamurun viskoelastik özelliklerine bağlıdır. Bu proteinler 2 grubu içerirler. Monomerik gliadinler ve polimerik gluteninler. Gluteninlerdeki disülfit bağlarının kırılmasından sonra glutenin alt üniteleri 2 ana gruba ayrılır. Yüksek molekül ağrlıklı glutenin üniteleri (HMW-GS) ve düşük moleküler ağırlıklı glutenin üniteleri (LMW-GS). Glutenin kompozisyonu, özellikle HMW-GS fraksiyonu, gluten kuvvetini ve elastikiyetini belirler. Ekmeklik buğdayda hamur kohezyonu üzerinde belirgin etkisi olması nedeniyle HMW-GS üzerinde yoğunlaşmıştır. Payne et al. HM-GS ve gluten kuvveti arasında SDS- sedimentasyon testi ile ölçülebilen belirgin bir ilişki bulmuştur.

Bağlı proteinler: Nişasta tanecikleri üzerinde dallanarak yayılmış yapışık durumdadırlar. Normal proteinlerin yanında konjuge olanlara da rastlanır. Özellikle lipoproteinler bu kısımda birikmiştir.

1907 yılında Osborne, buğday proteinlerinin eriyebilirlik özelliklerine göre bir sınıflandırma yapmıştır (Çizelge.1.4.)

Çizelge.1.4. Buğday proteinlerinin eriyebilirlik özelliklerine göre sınıflandırlması

Protein Tipi	Toplam proteine oranı (%)	Taneye oranı (%)	Eridiği solvent
Albumin	2,5	0,3	su
Globulin	5,0	0,6 - 0,7	Tuzlu su
Proteose	2,5	0,3	
Gliadin	40 - 50	4,0	%70'lik alkolde
Glutenin	40 - 50	4,0	Seyreltik asit

Başka bir araştırmaya göre unda mevcut % 6-14'lük proteinin; albumin % 6-12, globulin % 5-11, gluten (gliadin+ glutenin) ise % 78-85'lik kısmını teşkil eder.

Buğday proteinlerinden albumin ve globulin tuzlu suda eriyebilen proteinler olarak bilinirler. Az da olsa ekmeğin pişme özellikleri üzerinde etkili oldukları bildirilmektedir.

Buğdayda mevcut tuzlu suda erimeyen proteinler ise gluten (gliadin+glutenin) diye bilinir. Öz olarak adlandırılan gluten fraksiyonu buğdaydan başka çavdarda bulunur. Çavdar gluteni buğdaydan farklı olup, tuzlu su çözeltisi ile yıkanıp ayrılamaz. Bu da buğday gliadininin pozitif, gluteninin ise negatif yüklü olduğuna ve elektrostatik güçlerin çekimi sonucu gluten kitlesinin yumaklanıp yıkanabildiğine atfedilir. Çavdar gluten proteinleri ise bu güce sahip değildir.

Buğday proteinleri üzerinde eriyebilirlik, çökeltme, denaturasyon, moleküler ve diğer fiziksel özellik çalışmaları, onların fonksiyonel yönden sınıflandırılmasını sağlamıştır.

Tanede protein miktarı ve kalite herşeyden önce çeşit özelliğidir. Çevre faktörleri ise özellikle miktar üzerine etkili olmaktadır. Genetik ve yetişme şartlarına bağlı olarak normal şartlarda protein miktarı % 7-14 dolaylarındadır. Buğdayın ekmekçilik kalitesi ile protein miktarı arasında her çeşit için farklı eğimde doğrusal bir ilişki vardır. Son ürüne işlenme kalitesi açısından buğdaylar kabaca

sınıflandırılabilirler. Böylece protein miktarı % 10'un altındaki yumuşak buğdaylar bisküvi, kek yapımında, % 10-12 arasındakiler ekmeklik, % 12'den fazla proteinli olanlar makarnalık olarak değerlendirilirler. Buğday proteinleri hamur oluşturan ve hamur oluşturmayan proteinler olarak da sınıflandırılır (Çizelge 1.5.).

Protein kalitesi ise özellikle ekmeklik gruba giren buğdaylar için önem arzeder. Proteinlerden özellikle gluten (öz) fraksiyonunun miktar ve kalitesi kalite takdirinde yaygın olarak kullanılır. Gluten ekmek hamurunun yoğurulma, işlenme ve gaz tutma kapasitesine bağlı olarak viskoelastik yapının oluşmasında hakim rol oynar.Yaş ve kuru öz tayini, Zeleny Sedimantasyon Testi, farinograf ve Miksograf deneyleri ile hamurun fiziksel özellikleri ile son ürün kalitesi tayin edilir.

Çizelge 1.5. Buğday Proteinlerinin Sınıflandırılması

BUĞDAYDA UN PROTEİNLERİ

GLUTEN OLMAYAN (%15)	GLUTEN (%85)	
Hamur oluşturmayan	Hamur oluşturan	
Albuminler (%60)	Düşük molekül ağırlıklı	Yüksek molekül ağırlıklı
globulinler(%40)	25000-100000)	(>100000)
Peptitler		
Aminoasitler	gliadin (+)	glutenin (-)
	gliadin türevleri	glutenin türevleri

3.3. Lipitler

Buğday ununda minör bileşenler içinde yer alan lipitlerin, unlu mamullerin üretimindeki rolleri oldukça önemlidir. Undaki lipit materyali hamurun işlenmesini kolaylaştırıp, kaliteli ve geç bayatlayan ekmek vererek shortening etkisinde bulunur. Ayrıca ekmek yapımı esnasında doymamış yağ asitlesinin oksitlenmesi sonucu meydana gelen ara ürün "Peroksitler", hamur oluşumunda glutenin SH bağlarının SS bağlarına okside olmasında oksijen taşıyıcı, katalizör görevinde bulunurlar. Hamurun olgunlaşması ve güçlenmesine yardımcı olurlar.

3.4. Mineral Maddeler – Kül

Buğday tanesinde bulunan madensel maddelere kül adı verilmektedir. Tanede kül miktarı topraktan alınan gıda maddeleri ile alakalı olduğu gibi çeşide göre de değişmektedir. Genellikle makarnalık buğdaylarda kül oranı diğer çeşit buğdaylara göre daha fazladır. Ülkemizde yetişen buğdaylarda ortalama olarak kül oranı % 1.6 civarındadır. Tanede mevcut mineral maddeler, bulundukları miktar ve öneme göre major, minör ve iz elementler olarak 3 şekilde incelenirler. Tanenin karyopsis kısmın majör mineral maddeler açısından incelendiğinde külün yaklaşık % 95'ini K (potasyum), Mg (magnezyum) ve Ca (kalsiyum)'un fosfat ve sülfat tuzları teşkil etmektedir. Özellikle fosforlu bileşiklerden KH_2PO_4, $KHPO_4$ ve fitik asit önemli yer işgal etmektedir. Majör elementlerden Na (sodyum), Cl (klor) ve S (kükürt) de önemli miktarlarda tenenin yapısında yeralmaktadır.

4. Buğday Kalite Testleri

Buğday kalite kriterlerinin çoğu çevre koşullarından etkilenmektedir. Bu çevre koşulları yükseklik, lokasyon, yağış miktarı ve dağılımı, toprak verimliliği, sıcaklık ile yetiştirme tekniği gibi faktörleri kapsamaktadır. Buğday kalitesini belirlemek için buğday kırması, un ve irmiğin örnek olarak kullanıldığı birçok test geliştirilmiştir.

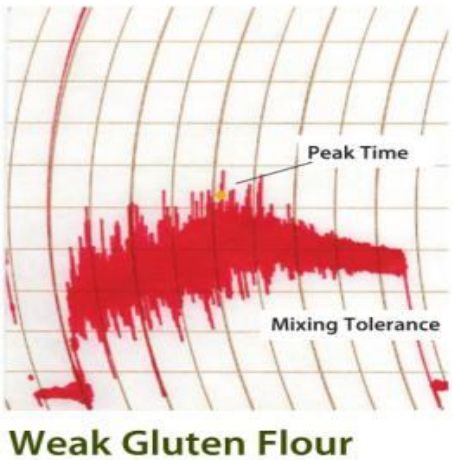
4.1. Zeleny Sedimentasyon Testi

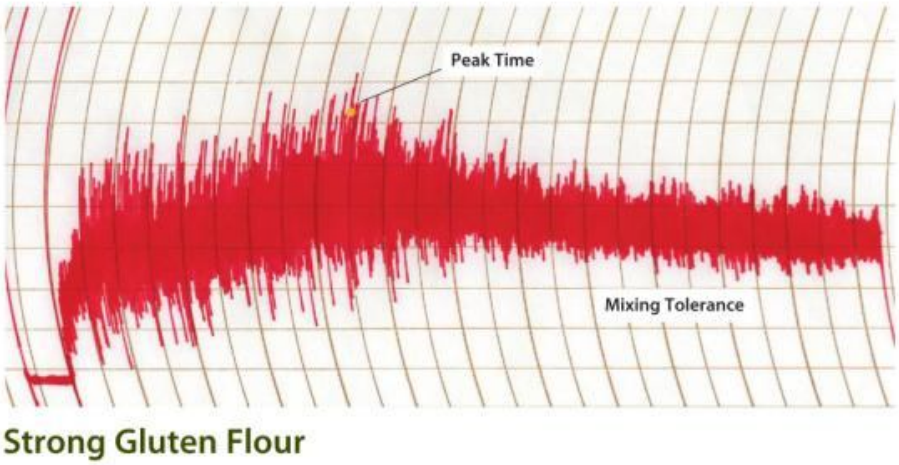
Sedimentasyon testi buğday ve un kalitesini tahmin etmek amacı ile kullanılan bir testtir. Un analizlerinde Zeleny sedimentasyon testi, kırma analizlerinde ise SDS sedimentasyon testi yaygın olarak kullanılmaktadır. Zeleny sedimentasyon değeri, özellikle un analizlerinde ülkemizde yaygın olarak kullanım alanı bulmuştur. Protein ve gluten miktarı gibi kriterler daha çok çevreden etkilenirken Zeleny sedimentasyon değeri kalıtım etkisi altında olup, daha çok çeşitten etkilenmektedir (Atlı,1987; Grausgruber *ve ark.* 2000). Avusturya buğdaylarında yapılan çalışmalarda Zeleny sedimentasyon değeri ile ekmek hacimi arasında yüksek korelatif ilişki bulunmuştur (Oberforster *ve ark.*1994; Gröger *ve ark.*1997). Türkiye de yapılan bir araştırmada, ekmeklik buğdayda Zeleny sedimentasyon değeri ile ekmek hacmi ve alveogram W değeri arasında önemli pozitif korelasyon değerleri elde edilmiştir (Atlı, 1987). Bu ilişki iyi kaliteli çeşitlerde (Bezostaya *vb.*) yüksek iken düşük kaliteli çeşitlerde (Gerek 79 *vb.*) daha az bulunmuştur. Başka bir araştırma da ise Zeleny sedimentasyon değeri ile alveogram W, farinogram yoğurma süresi, miksogram alanı ve maksimum konsistens arasında yüksek pozitif korelatif ilişki saptanmıştır (Demir, 1994). Zeleny sedimentasyon testinin prensibi, un ve laktik asit çözeltisi ile hazırlanmış süspansiyondaki un partiküllerinin gluten kalitesine göre şişmesi ve bu partiküllerin belirli bir zamanda çöken miktarının ölçülmesidir. Gluten miktarı fazla ve kalitesi yüksek olan buğday unlarında, partiküller daha fazla şişeceğinden yoğunlukları az olmakta ve çözelti içerisinde dibe daha yavaş çökmektedirler (Şekil.2.1). Bu nedenle kaliteli buğday unlarının Zeleny sedimentasyon değerleri daha yüksek çıkmaktadır (Özkaya ve Kahveci, 1990; Köksel *ve ark.*, 2000). Sedimentasyon hacmi ve gluten kuvveti arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Sedimentasyon değeri zayıf glutenli ve düşük proteinli unlarda <20 iken, gluten yapısı güçlü, yüksek proteinli unlarda >70 olarak değişmektedir.

Şekil.2.1. Sedimentasyon metodu

4.2. Un Testi

Mixograph, unun hamur ve gluten özelliklerini, hamurun karıştırmaya karşı gösterdiği direnci ölçerek belirler (Şekil.2.2). % 14 neme getirilmiş buğday unu, mixographda su ve un hamur formu alana dek karıştırılır. Hamur karıştıkça cihaz bir grafik çizer. (Şekil.2.3)





Şekil.2.2. Miksograph cihazından elde edilen zayıf ve kuvvetli unlara ait grafikler

Eğrinin analizi ile unun su tutma özelliği, pik zamanı ve yoğurma toleransı belirlenir. Böylece unun gluten gücü, optimum yoğurma süresi, fazla yoğurmaya karşı olan tolerans ve diğer hamur karakteristikleri hakkında bilgi sahibi olunur.

Buğday üreticisi, erken jenerasyon buğdayların gluten gücünü belirlemek amacıyla mixograph sonuçlarını yorumlar. Eğrideki pik zamanı, yoğurmanın başladığı zamandan hamurun maksimum konsistense ulaştığı zamana dek olan süredir. Optimum yoğurma zamanını belirleyen bu süre dakika ile ifade edilir. Zayıf glutenli un, kuvvetli una göre kısa pik zamanı verir ve daha düşük yoğurma toleransı gösterir.

Şekil.2.3. Miksograph cihazı

4.3. Yaş öz Gluten Testi

Buğday unu su ile hamur haline getirildiğinde, unun bileşiminde sabit proteinlerden gliadin ve glutenin suyu emerek şişer. Hamur % 2 lik tuzlu su ile yıkandığında önce azotlu maddelerle kenetlenmiş durumda bulunan nişasta ile azotlu maddelerden albümin ve globülin su ile ortamdan ayrılırlar. Geriye yaş öz (gluten) dediğimiz elastik ve plastik bir madde kalır. Hamurda yoğurma sırasında ağ gibi bir yapı oluşturan gluten, fermentasyon sırasında maya tarafından üretilen karbondioksit gazının tutulmasını ve büyük hacimli ekmek oluşmasını sağlar. Yaş öz miktarı, gluten yıkama cihazı ile buğday kırmasından veya undan yıkanarak elde edilir. Sonuç % olarak belirtilir. Buğdaylarda yaş öz miktarının fazla olması istenir. Yaş özün kurutulması ile kuru öz elde edilir. Buğdaylarda proteinin % 80-85' inin kuru özü oluşturduğu ve protein miktarı ile ilişkili olduğu kabul edilir.

4.4. Gluten Indeks Değeri

Son yıllarda İsevçli araştırıcı Perten tarafından geliştirilen gluten indeks metodu, gluten proteinlerinin kalitesinin saptanmasında kullanılmaktadır (Özer ve Ünal, 1998). Curic ve ark (2001) yaptıkları çalışmada protein oranı ile yaş gluten oranı arasında önemli pozitif ilişki bulurken, gluten indeks değeri ve yaş gluten arasında ise negatif ilişki bulmuşlardır. Gluten indeks değeri 95'den fazla olduğunda unun çok kuvvetli ve 60 'dan düşük olduğunda ise çok zayıf olduğu bildirilmiştir. (Grootenbeer,1989). Yapılan bir çalışmada gluten indeks ve yaş gluten / protein oranının daha çok çeşitten etkilendiği saptanmıştır (Simic ve ark, 2006).

4.5. Hamur Testi

Unların belirli konsistens derecesinde (500 kons.) hamur haline getirildikten sonra bekletilip çekme ve uzamaya karşı direncinin grafik olarak belirlenmesi amacıyla üretilmiştir. Un (300 g.) ve % 2 tuz ile 5 dakika içinde 500 konsistensi

ortalayacak miktarda su ile yoğurulan hamurdan 150 gramlık iki parçaya yuvarlak ve silindir şekli verildikten sonra 45 r11; 90 r11; 135 dakika 30 ^{o}C de dinlendirilip, aletin özel çengeli ile çekilerek hamurun çekmeye ve uzamaya karşı gösterdiği direnç eğri şeklinde çizilir. Bu eğri üzerinde;

1.hamurun çekmeye ve uzamaya karşı gösterdiği direnci, konsistens olarak (max. veya 5 cm.)

2.uzama yeteneği mm. olarak,

3.Eğrinin oluşturduğu alan planimetre ile ölçülerek cm^2 cinsinden belirtilir. Genelde ekmeklik unlarda alanın fazla, eğri yüksekliğinin orta (400r11; 600 kons.) ve cihazın bilgisayara bağlanması ile eğrinin değerlendirilmesine ait hesaplar otomatik olarak yapılıp, grafik olarak çizilebilmektedir.

4.6. Düşme Sayısı Değeri (Falling number- Fallzahl)

Buğday kırması veya unlarda distatik aktiviteyi belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Özellikle ekmek yapımında oluşacak gaz miktarı ve ekmek hacminin büyümesi açısından önemlidir. Buğday nişastasının, unda bulunan alfa ve beta amilaz enzimlerinin etkinliği ile viskozitesini kaybetme süresi saniye olarak düşme sayısını verir. Tüp içine 7 g. un veya kırma tartılır. Üzerine 25 ml. su ilave edilip ağzı kapatılarak kuvvetlice çalkalanır. Tıpa çıkarılıp viskometre karıştırıcısı konulur ve cihaz çalıştırılır. 5 sn. sonra otomatik olarak tüp ve içerisindeki un-su karışımı 55 sn. karıştırılır. Viskometre karıştırıcısı üst seviyede kalır. Çirişlenmiş nişasta içindeki alfa amilaz enzimlerinin çalışması sonucu tüp içindeki karışım sıvılaşmaya başlar ve viskometre karıştırıcısı yavaş yavaş aşağıya düşer. Aşağıya indiği anda cihaz durur ve ekranda okunan değer saniye olarak düşme sayısını verir.. Ekmeklik unlarda istenen düşme sayısı 250+25 saniyedir. Bu değer 150' den küçükse buğday ve unun kötü şartlarda depolandığı ve enzim aktivitesinin çok arttığı anlaşılır. 300 saniyeden fazla düşme sayılı unlarda enzim katkısı ilave edilmezse ekmek hacminde ve kalitesinde düşme meydana gelir. Hamur yeterince gaz oluşturmaz, ekmek içi sıkı olur. Düşme sayısı uygun olmayan unlar paçal yapılarak iyileştirilebilir.

α-amilaz nişasta polimerini rasgele noktalardan α-1,4 bağlantısını hidroliz ederek kısa zincirli dekstrinlere parçalamaktadır. α-amilazın nişastaya etkisi sonucu

viskozitede ve nişastanın iyotla vermiş olduğu mavi renkte bir azalma olmaktadır. α-amilazlar nişastanın amiloz ve amilopektin fraksiyonlarını parçalamakta ancak dallı bir fraksiyon olan amilopektin molekülündeki α 1,6 bağlarını hidroliz edemediği gibi α-1,6 bağlarına birkaç glukoz molekülü kala durmaktadır (Pyler 1973, Elgün ve Ertugay 1992). β-amilazlar ise nişasta molekülünü α-1,4 glikozidik bağlantılarına su vererek zincirin indirgen olmayan ucundan itibaren maltoza parçalamaktadır. α-amilazın yeterli düzeyde çalışması ile β-amilaza uygun substrat hazırlanmakta, α- ve β- amilazların birlikte çalışması ile nişasta daha mükemmel bir şekilde parçalanmaktadır. Nişasta molekülündeki α-1,6 bağlantısını glikoamilaz (amiloglukozidaz) gibi hem α-1,4 hem de α-1,6 bağlarına etki edebilen enzimler parçalayabilmektedir (Kent-Jones ve Amos 1967, Pyler 1973). Yukarıda da değinildiği gibi tüm bu olayların olabilmesi için undaki nişasta granüllerinin bir kısmının mekanik olarak parçalanması veya zedelenmesi gerekir. Nişastanın fiziksel olarak zedelenmesi ise ancak öğütme sırasında meydana gelir (Evers ve Stevens 1985, Gibson *et al*. 1992). Nişasta granüllerinin az da olsa bir kısmı tahribata uğramışsa bunun bazı özellikleri değişir. Özellikle de enzimlere karşı hassasiyeti artar. İşte öğütme sırasında fiziksel tahribata uğramış, normal veya polarizan mikroskopta normal granüllerden farklı görülen, boya çözeltilerinde farklı boyanma özellikleri gösteren, amilazlara karşı hassas nişasta granüllerinin meydana gelmesine 'nişastanın zedelenmesi' denir (Özkaya ve Özkaya 1994). Mekaniksel olarak zedelenmiş granüller mikroskop altında incelendiğinde sağlam granüllerden farklı bir görüntü sergilerler. Sağlam nişasta granülleri belirgin hatlı parlak granüller halinde görülürken zedelenmiş granüller yassı, genişlemiş, belli belirsiz hatlar sergilerler. Jones (1940) bu granüllerin çapının % 50 oranında arttığını göstermiş ve böyle granüllere 'ghost' adını vermiştir. Sandstedt ve Schroeder (1960) sağlam granüllerin ıslatıldıklarında çaplarının sadece % 10 oranında arttığını göstermişlerdir. 'Ghost'lar unda farklı boyama teknikleri ile sağlam granüllerden kolayca ayrılabilmektedir. Un % 0,1' lik kongo kırmızısı boya çözeltisi ile muamele edilirse zedelenmiş granüller boyanırken zedelenmemiş granüller değişmeden kalmaktadır. Ayrıca un 0,03 g I ve 0,07 g. KI içeren 100 ml su ile muamele edildiğinde ise 'ghost' lar parlak mavi renge boyanırken sağlam granüller soluk erguvan renge boyanmaktadır (Jones 1940). Sandstedt ve Schroeder (1960), granülleri incelemek için boyamaya ek olarak

polarize ışık altındaki özelliklerini kullanmışlardır. Boya ve su absorbe eden granül ya da granül parçaları 'birefringence' özelliklerini kaybetmişlerdir. X ışını modeli doğal nişastadaki kristal yapıyı göstermektedir. Zedelenmiş nişasta granüllerinin bir çok özelliği sulu süspansiyonda yüksek derecede jelatinize olmuş nişasta ile benzerdir. Jelatinize olmuş nişasta 'birefringence' özelliğini kaybetmiştir. Ayrıca jelatinizasyon nişastanın X ışınları paterni üzerine etkili olmaktadır (Evers ve Stevens 1985). Meuser *et al*. (1978) aynı durumun zedelenmiş nişasta için de geçerli olduğunu göstermiştir. Granüllerin zedelenmesi genellikle granülün her tarafında olmayıp sınırlı bir alanda yada granülün büyük çoğunluğunda olabilmektedir. Zedelenmenin şiddeti, granülün şişme oranı ve iyotla boyanma yoğunluğu ile anlaşılabilmektedir. Bazen şişmede ve parçalanmada belli belirsiz artışa neden olacak kadar birkaç intermoleküler bağın kopması tüm granülü kaplamış gibi görünebilir. Ancak nişastanın amilazlar tarafından kolayca parçalanabilmesi için yeterince bağ kopmalıdır. Sonuç olarak zedelenmiş ve zedelenmemiş nişastanın özelliklerindeki farklılıklar hem zedelenmenin şiddetine hem de yayılımına bağlıdır (Sandstedt ve Mattern 1960). Yukarıda da belirtildiği gibi granüller zedelendiklerinde özelliklerinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Zedelenmiş granüller sağlam granüllerden iki önemli özellik bakımından farklıdır. Bunlardan biri α-amilazlara karşı hassasiyetlerinin diğeri de su tutma kapasitelerinin artmasıdır (Tipples 1969, Evers ve Stevens 1985, Bloksma ve Bushuk 1988, Hoseney *et al*. 1988, Pomeranz 1988, Faridi 1990). Değişen bu iki özellik hamur özelliklerini ve ekmek içi yapısını etkiler. Undaki zedelenmiş nişasta miktarının ekmek yapım proseslerine göre bazen daha düşük bazen de biraz daha yüksek olması istenir (Tipples 1969).

Amilazların nişasta granülüne etki edebilmesi için granülün içine girmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun granülün 55–60 °C de jelatinize olmasıyla veya granülün zedelenmesiyle mümkün olabileceği ifade edilmiştir. Bu iki faktör amilazlar tarafından nişastanın parçalanmasını artırmaktadır (Farrand 1964, Saygın 1975). Sandstedt ve Schroeder (1960) ghostların parçalanma sürelerini incelemişlerdir. Ghost granülleri 1:20 oranında sulu malt ekstraktında süspanse

edildiklerinde 1 saatte parçalanmışlardır. Sağlam granüller ise 24 saat sonra çok az etkilenirken, 48 saat sonra bile tamamen parçalanamamışlardır.

Ülkemizde yetiştirilen ekmeklik buğdayların diastatik aktivitesinin düşüklüğü dikkate alınacak olursa, mayaların etki edebileceği indirgen şekerlerin oluşması için nişasta zedelenmesinin önemli olduğu görülmektedir (Saygın 1975, Ünal 1989). Ekmek yapımında kullanılacak unlarda zedelenmiş nişastanın belirlenmesinin temel nedenlerinden biri de su kaldırma kapasitesine olan etkileridir (Evers *et al*. 1984). Çünkü ekmek yapımında, kullanılan su miktarı önemlidir. Suyun gerekenden az veyaçok kullanılması hem hamurun elle işlenmesini hem de ekmek kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir (Evers ve Stevens 1985).

Nişasta granülleri zedelendiğinde su tutma kapasitesi artmaktadır. Zedelenmemiş nişasta 30 ^{o}C de yaklaşık % 30 oranında su absorbe ederken, zedelenmiş nişasta aynı sıcaklıkta kendi ağırlığı kadar su absorbe etmektedir (Farrand 1972, Mao 2000). Nişasta molekülü kısmen kristal yapıdadır ve kristal bölgelerde zincirler arasındaki bağlar çok güçlüdür. Bu yüzden sağlam granüllerde su sadece amorf bölgelerden girer. Kristal bölgenin bozulmasıyla nişasta molekülündeki serbest hidroksil grupları ve su arasındaki hidrojen bağlarıyla suyun tüm granüle geçişi mümkün olur (Multon *et al*. 1980). Tortilla yapısına nişasta zedelenmesinin etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada iki sert kırmızı kışlık buğday örneği, vals açıklıkları azaltılarak 0, 1, 2, 3 ve 4 kez öğütülmüştür. Örneklerdeki zedelenmiş nişasta miktarı bir çeşitte % 13,90-16,50 arasında diğerinde ise % 10,79-13,06 arasında bulunmuştur. Çalışmada örneklerin geometrik çaplarının da birbirinden önemli ölçüde farklı olduğu ve 750 B.U.' deki farinograf çalışmalarında nişasta zedelenmesi arttıkça unun su absorpsiyonunun da arttığı tespit edilmiştir (Mao ve Flores 2001). Unun su absorpsiyonu, hamur ve ekmeklerin su oranları, gaz oluşturma gücü, hamurların elle işlenme özellikleri, somun hacmi, ekmek içi yumuşaklığı gibi birçok özellik zedelenmiş nişasta miktarıyla ilişkilidir (Greer ve Stewart 1959).

Ponte *et al*. (1961) zedelenmiş nişastanın gaz oluşturma gücünü ve su absorpsiyonunu artırdığını, ancak yoğurma toleransını azalttığını göstermişlerdir.

Schlesinger (1964)' in yaptığı bir çalışmada toplu Buhler değirmeninde öğütülen unda öğütmenin etkisi ile maltoz değeri ve su absorpsiyonu artmış, partikül iriliği, ekmek hacmi ve ekmek puanı azalmıştır. Nem, sedimentasyon ve proteinde ise önemli bir değişiklik olmamıştır. Yine yapılan başka bir çalışmada sürekli yoğurucularla yoğrulan örneklerde zedelenmiş nişastanın hamurun yoğurma hızını artırdığı, ancak yoğurma toleransını azalttığı, yapıyı sertleştirdiği ve ekmek içi gözenek yapısını irileştirdiği ifade edilmiştir (Lorenz ve Johnson 1970). Farrand (1964), zedelenmiş nişasta oranı farklı olan iki unda yaptığı bir çalışmada zedelenmiş nişasta miktarı yüksek olan örnekte su absorpsiyonunun daha yüksek, ekstensogramlarında ise maksimum direnç ve enerji değerinin daha düşük iken uzama kabiliyetinin daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Zeleny sedimentasyon değerleri de iki farklı zedelenmiş nişasta düzeyinde farklı çıkmıştır. Zedelenmiş nişasta içeriği yüksek olan örnekler düşük olanlara göre daha yüksek değerler vermiştir. Zedelenmiş nişastanın, hamur yoğurmadaki önemi dışında fermentasyonda, özellikle de uzun fermentasyon yöntemlerinde hidrolitik enzimlere karşı hassasiyeti açısından önemi vardır (Evers ve Stevens 1985).

Fermentasyon aşamasındaki ekmeğin kalitesini etkileyen faktörler başlıca iki esasa dayanmaktadır. Bunlardan ilki hamurun fermantasyonu sırasında yeterli oranda CO_2 gazının oluşmasını sağlayan (hamurun gaz üretimini artırıcı) faktörler, ikincisi ise oluşan CO_2 gazının hamurda tutulmasını sağlayan (hamurun gaz tutma kapasitesini artırıcı) faktörlerdir. Hamurun gaz üretimini artırıcı faktörler içerisinde de sabit koşullar sağlandığı takdirde maya, enzim ve zedelenmiş nişasta en önemlileridir. Aynı buğday farklı sistemlerde öğütülüp eşit şartlarda gaz üretim gücü test edildiğinde farklı sonuçlar alınabilmektedir. O halde maya ve enzim faktörü başta olmak üzere diğer koşullar eşitlendiğinde gaz üretimindeki fark doğrudan doğruya zedelenmiş nişasta miktarı ile ilgilidir (Özkaya ve Özkaya 1994).

Unda doğal olarak bir miktar şeker bulunur. Maya fermentasyon sırasında bu şekerleri kullanır. Ancak bunların miktarı çoğu zaman yeterli değildir. Bazı ülkelerde bu durum formüle şeker ilave edilerek telafi edilmeye çalışılır. Ama uzun fermentasyon süreli yöntemler kullanıldığında yada fazla maya kullanıldığında

fermentasyonun sonlarına doğru ortamda yeterli şeker kalmaz. Oysa ekmek kalitesi açısından son fermentasyon aşaması 'kritik periyot' olarak kabul edilir ve bu evrede mayanın rahat çalışması istenir. İşte fermentasyonun bu aşamasında maya, diastasların (α- ve β- amilazlar) nişastayı parçalayarak meydana getirdiği şekerleri kullanmaktadır (Özkaya ve Özkaya 1994). Yapılan araştırmalar normal fermentasyon süresi içinde β-amilazın normal nişasta granüllerini hiç etkilemediğini, α-amilazın ise çok az etkileyebildiğini fakat bunun da pratik bir öneminin olmadığını ortaya koymuştur (Walden 1955). Halbuki hem α-amilaz hem de β-amilaz zedelenmiş nişasta granüllerini veya jelatinize olmuş nişastayı kolayca parçalayıp ortama şeker sağlayabilmektedir (Kerr ve Cleveland 1951). Bir unun özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olan zedelenmiş nişasta miktarı ve bunu etkileyen faktörler ekmek kalitesinde önem taşımaktadır. Zedelenmiş nişasta miktarını etkileyen faktörler Çizelge 1.6.' de verilmiştir (Evers ve Stevens 1985).

Çizelge 1.6. Zedelenmiş nişasta miktarını etkileyen faktörler

Faktör	Etkisi
Buğday türü	Endosperm yapısı sertleştikçe nişasta zedelenmesi artar.
Vals besleme oranı	Besleme oranı düştükçe nişasta zedelenmesi artar.
Vals hızı	Vals hızı arttıkça nişasta zedelenmesi artar.
Vals diferansiyeli	Artan diferansiyel özellikle kalın materyalde nişasta zedelenmesini artırır.
Vals basıncı	Artan basınç özellikle ince besleme materyalinde nişasta zedelenmesini artırır.
Vals yüzeyi	Mat yüzeyler düz yüzeylerden daha fazla zedelenmiş nişasta oluşturur.

Undaki zedelenmiş nişasta miktarı, buğday özellikleri ve öğütme koşullarına göre çok değişmektedir. Özellikle tane sertliği nişasta zedelenmesini önemli derecede etkilediğinden değirmenlerdeki tavlama ve öğütme koşulları tane sertliğine göre ayarlanır (Ziegler ve Greer 1971). Undaki zedelenmiş nişasta miktarı öğütme koşullarına ve buğdayın özelliklerine göre % 5,5-9,5 arasında (undaki total nişastanın % 7-12' si) değişir (Kent-Jones ve Amos 1967). Sert buğdayların endosperm hücreleri içindeki protein ve nişasta molekülleri arasındaki bağ çok kuvvetlidir. Ayrıca sert buğdaylarda proteinlerin nişasta granüllerinin yüzeyini kapladığı ve ona sıkıca yapıştığı ifade edilmektedir. Bunun sonucu olarak taneye bir kuvvet uygulandığında sert buğdaylarda kırılma ilk olarak hücre duvarında yumuşak buğdaylarda ise hücre içinde meydana gelmektedir. Yani sert buğdayların endosperm hücreleri içindeki nişasta ve proteinler birbirine sıkıca bağlanmıştır ve bir kuvvetin etkisiyle parçalanmazlar. Öğütme sırasında hücreler parçalanmaya zorlanırsa o zaman nişasta granülleri ile proteinler birbirinden ayrılacağına nişasta granüllerinde

kopmalar ve zedelenmeler meydana gelir. Yumuşak buğdaylarda ise protein ve nişasta arasındaki bağ zayıf olduğundan öğütme kuvvetinin etkisiyle bunlar birbirinden ayrılır ve nişasta granülleri zedelenmeden serbest hale geçer, böylece aynı koşullarda öğütme yapılsa bile sert taneli buğdaylarda nişasta zedelenmesi daha fazla olur (Hoseney 1990). Yapılan çalışmalarda da sert buğday unlarının yumuşak buğday unlarına göre daha fazla zedelenmiş nişasta içerdiği bulunmuştur (Sullivan *et al*. 1962, Kitterman ve Barmore 1969, Pomeranz 1988). Undaki zedelenmiş nişasta miktarı belli düzeyde olmalıdır, aksi takdirde ekmek kalitesini olumsuz yönde etkiler (Farrand 1972, Özkaya ve Özkaya 1994, Rogers *et al*. 1994). Çok fazla nişasta zedelenmesi gevşek hamur yapısına neden olur. Çünkü zedelenmiş granüllere α-amilazlar etki ettiğinde su bırakırlar ve yapışkan ekmek içi yapısına neden olurlar. Bununla birlikte çok az nişasta zedelenmesi ekmekte düşük hacim ve ağır yapıya neden olur (Evers ve Stevens 1985). Kulp (1972) nişasta zedelenmesinin olmayıp formülde fermente olabilen şekerler bulunduğunda daha iyi ekmeğin elde edilebileceğini ileri sürmüştür.

Undaki zedelenmiş nişasta miktarı ile gluten miktarı arasında performans açısından bir ilişki vardır. Gluten miktarı fazla ve kalitesi iyi olan unların aşırı nişasta zedelenmesine karşı toleransı vardır. Fakat gluten miktarı eşit olan iki unda zedelenme ince öğütmeye bağlı olarak meydana gelmişse ince unda yüzey artacağından hamurdaki nişasta granüllerini kaplayan gluten ağının etkinliği azalmakta, böylece hamurun gaz tutma gücü de zayıflamaktadır (Farrand 1969, Özkaya ve Özkaya 1994). Kaliteli bir ekmek üretimi için hidrasyona uğramış un proteinlerinin nişasta granüllerini kaplayabilecek bir gluten filmi oluşturması gereklidir. Şişmiş ve zedelenmiş granüller geniş yüzey alanlarından dolayı yüksek protein oranı gerektirir. Farrand (1969) undaki zedelenmiş nişasta seviyesini 2/6 olarak hesaplamıştır. Zedelenmiş nişastanın hamurun fiziksel özelliklerine ve ekmek kalitesine etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada unlar ticari değirmende kontrollü olarak 3 farklı zedelenmiş nişasta oranında öğütülmüştür. Farinografta stabilite değeri zedelenmiş nişasta miktarının azalması ile artarken, su absorpsiyonu ve sedimentasyon oranı ise zedelenmiş nişastanın artması ile artmıştır. Zedelenmiş nişasta içerikleri düşük olan un örnekleri yüksek ekmek hacmi vermiş, zedelenmiş

nişasta oranı yüksek olan unların ekmek hacmi ise düşük çıkmıştır (Farrand 1972). Kaliteli ekmek için hamur yoğurmada kullanılan su miktarı, unun protein içeriği, zedelenmiş nişasta miktarı ve α-amilaz aktivitesi arasında bir denge olmalıdır. Farklı ekmek yapım yöntemlerinde bu değerler de farklıdır. Hızlı ekmek proseslerinde substrat sağlamada zedelenmiş nişastanın etkisi minimumdur. Oysa uzun fermentasyon süreli yöntemlerde bu önemlidir (Collings 1971).

Pomeranz *et al*. (1984), nişasta zedelenme düzeyinin tam buğday ekmeğinde beyaz ekmeğe kıyasla daha az önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bisküvi ve bazı kek çeşitleri hariç, kek yapımında zedelenmiş nişasta miktarı düşük olan buğday unları tercih edilmektedir (Evers ve Stevens 1985).

Nişasta granülleri öğütme sırasında iki şekilde zedelenmektedir. Bunlardan biri vals yüzeyi tarafından materyalin kazınması ve kesilmesi yoluyla olur (buna yüzey faktörü denir). Bu tip zedelenmeye daha çok vals yüzeyinin özellikleri (diş şekli, valslerin dönüş pozisyonları, vals hızı, drall, diş sayısı vs.) ve iki vals arasındaki dönüş hızı farkı (diferansiyel) etkilidir. İkinci zedelenme şekli ise iri partiküllerin yassıtılması yoluyla meydana gelir (buna da dış faktör denir). Bu zedelenmeye de vals basıncı (valslerin sıklığı, valse gelen ürün miktarı vs.) etki eder (Jones 1940, Özkaya ve Özkaya 1994). Öğütme sırasında nişasta zedelenmesine tavlama işleminin de etkisi vardır. Uygun tavlanmamış ve endospermi yeterli gevreklik ve yumuşaklığı almamış buğdaylarda öğütme sırasında nişasta daha fazla tahrip olmaktadır. Sert taneli buğdaylarda da fazla zedelenme olduğundan öğütmede kırma valslerinde dönüş hızları ve hız farkları daha düşük tutulmalı ve diş pozisyonlarında da dikkatli olunmalıdır (Özkaya ve Özkaya 1994).

Nişasta zedelenmesinin önemi ortaya çıktıktan sonra, unlardaki zedelenmiş nişasta miktarının belirlenmesi için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Yöntemler nişastanın amilolitik enzimlerle parçalanmaya karşı hassasiyetine yada amilozun soğuk suda nişastadan ekstrakte edilebilmesi özelliklerine dayanmaktadır (Evers ve Stevens 1985). Greer ve Stewart (1959), enzimatik bir yöntem geliştirmiş, sonradan bu yöntem Stewart (1966) tarafından modifiye edilmiştir. Yöntemde ‘ghost’ ların hiç

olmadığı nişastaya ‘0’ değeri, toplu değirmende sağlam granül kalmayacak şekilde öğütülen nişastaya ise ‘100’ değeri verilmiştir. Farrand (1969) ise zedelenmenin en az olduğu undaki zedelenmeyi ‘0’, kendi ağırlığı kadar su absorbe eden undaki zedelenmeyi ise ‘100’ kabul eden bir skala kullanmıştır. Resmi AACC metodu olarak kabul edilen Donelson ve Yamazaki (1962)’ nin nişastanın enzimatik hidrolizine dayanan yönteminde ‘0’ değeri maltoz üretiminin olmadığını yani zedelenmenin olmadığını gösterirken ‘100’ değeri de 100 mg nişastadan 61 mg maltoz üretildiğini göstermektedir. % 12’ lik zedelenmiş nişasta içeriğine göre standardize edilen yöntemde 1 g örnek kullanılmaktadır. Zedelenmiş nişasta miktarı daha yüksek olan unlarda örnek miktarının azaltılabildiği ve bu durumun sonuçları etkilemediği ortaya konmuştur (Donelson ve Yamazaki 1969).

Proses koşulları, su tutma ve gluten kuvveti ile ilişkili olan tanenin protein içeriği, buğday ve buğday unu tedarikçileri için ana spesifikasyondur. Buğdayın protein içeriği ayrıca yapı, görünüm gibi nihai ürünün kalite özelliklerini de etkiler. Düşük protein içeriği, snack, bisküvü gibi çıtır ve gevrek ürünlerde tercih edilirken, yüksek protein içeriği olan buğdaylar çiğnenebilen yapıya sahip ekmek, pasta vb. ürünlerde tercih edilir. Fırıncılar, protein içeriği bilgisini ürünün su tutması ve hamur gelişimi zamanını tahmin edebilmek amacıyla kullanırlır. Yüksek protein içeriğine sahip olan buğdaydan elde edilen un, optimum hamur konsistensini elde edebilmek için, fazla suya ve daha uzun süreli yoğurmaya ihtiyaç duyar.

Tanenin makromolekülleri proteinlerde meydana gelen konformasyonel değişiklikler hakkındaki bilgi, fonksiyonelliklerini anlayabilmek açısından önemlidir. Proteinler, non-kovalent bağlarla stabilize olan 3 boyutlu yapılardır. Gluten proteinleri (gliadin+glutenin), tanenin major depo proteinleridir. Buğdayın diğer tahıl çeşitleri içinde en önemli fonksiyonu viskoelastik özellikler gösteren protein ağı ve pişirme sonrası istenen yapıyı veren gluten formudur. Bu fonksiyonları çözünmeyen depo proteinleri meydana getirir. Glutenin polimerleri, elastik bir ağ oluşturup, non-kovalent hidrojen bağları ile gliadin proteiniyle etkilişime girerek hamuru kuvvetlendirir. Birçok araştırma glutenin proteininin ekmek kalitesi üzerine etkisinin gliadinden daha fazla olduğını göstermektedir.

Leon, Roselt ve Barber (2003), düşük su içeriğine sahip protein numunesinde buğday proteinin termal özellikleri incelendiğinde pik endotermlerinin 55 ve 85 ^{o}C'de değiştiğini bildirdiler. Albumin ve Globulin ısıya en hassas proteinler olup daha sonra gliadin en son ise glutenin gelmektedir.

Proteinlerde meydana gelen geçişler birçok gıdanın fiziksel ve tekstürel özelliklerini etkiler. Hamurun iki önemli olay sonucu oluşan termal davranışı son ürünün kalitesi üzerine etkilidir. Bu iki olay nişasta jeletinizasyonu ve protein denatürasyonudur. Pişme esnasında proteinlerde meydana gelen en önemli olay denatürasyondur. Protein denatürasyonu, protein molekülündeki polipeptit zincirinin uzaydaki dizilişinin tipik protein formundan düzensiz hale gelmesine neden olan proses ya da prosesler serisidir. Birçok protein, geçiş sıcaklıklarına bağlı olarak 50-80 ^{o}C'de denatüre olur. Protein denatürasyonu, denatürasyonun endotermik pik verdiği DSC cihazı ile çalışıldı. Gıdalarda bulunan protein fraksiyonları birçok farklı protein içermesi nedeniyle DSC'de farklı endotermik pikler vermektedir. Buğday proteini geçişi, ekmek yapısını belirleyen ana unsurlardandır. Diğer önemli fonksiyonu hamur oluşumu esnasında hidrasyona uğraması ve pişme esnasında suyu glutenden nişastaya transfer ederek nişasta granüllerinin şişmesini sağlamasıdır.
Buğday kalitesini tahmin etmede birçok analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler analizin hızı, maliyeti ve güvenirliği bakımından farklı özellikler taşımaktadır. Analizi yapılan örneğin çok fazla olduğu durumlarda ucuz, hızlı ve ürün kalitesini doğru tahmin edebilen basit yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çeşit ıslahında kalite yönünden yapılan seleksiyonlara erken jenerasyonda başlanmaktadır. Örnek sayısının fazla, miktarının az olması sözkonusudur. Ayrıca analiz sonucu elde edilen kalite kriterlerinin genotipin kalıtsal potansiyelini ortaya koyması ve elde edilen son ürün (ekmek, makarna vb.) kalitesinin tahmininde güvenilir olması dikkate alınmalıdır. (Menderes ve ark, 2008). Islah programlarının erken jenerasyonunda örnek miktarı az olduğundan, basit ve hızlı değirmenlerle elde edilen un ve kırma örnekleri kullanan test arayışları sürmektedir.

5. GİRİŞ

Buğday kalitesini tahmin etmede birçok analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler analizin hızı, maliyeti ve güvenirliği bakımından farklı özellikler taşımaktadır. Analizi yapılan örneğin çok fazla olduğu durumlarda ucuz, hızlı ve ürün kalitesini doğru tahmin edebilen basit yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çeşit ıslahında kalite yönünden yapılan seleksiyonlara erken generasyonda başlanmaktadır. Örnek sayısının fazla, miktarının az olması sözkonusudur. Ayrıca analiz sonucu elde edilen kalite kriterlerinin genotipin kalıtsal potansiyelini ortaya koyması ve elde edilen son ürün (ekmek, makarna vb.) kalitesinin tahmininde güvenilir olması dikkate alınmalıdır.

5.1. Hipotez

Endüstride sedimentasyon, miksograph vb. metodlarla ticari kalitesi ayırt edilen buğday türlerinden *Tr. Aestivum* ekmeklik buğdayı *ve Tr. Compactum* türüne ait bisküvilik buğday, farklı protein miktarlarına sahip olduğundan DSC cihazında protein denatürasyon pikleri farklı olabilir.

5.2. Amaç

Buğday proteini glutenin termal davranışları incelenerek DSC metodu ile farklı buğday türlerine ait farklı protein içeriklerindeki, farklı ticari kalitelere sahip buğday tanelerinin daha kolay şekilde ayırt edilebilirliklerinin sağlanmasıdır.

6. Materyal ve Metod

6.1. Materyal

Deneylerde kullanılan *Tr. Aestivum L.* kırmızı, yumuşak, Topaz cinsi ekmeklik buğday ve buğday unu , *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday ve buğday unu Ülker Bisküvi-Birlik Un Sanayi (Ankara, Türkiye)'nden temin edilmiştir.

6.2. Metod

Analiz edilen buğday ve buğday unu numunelerinin protein miktarları Gerhardt-Kjeldahl cihazı ile ölçüldü. Nem içerikleri TS 1135 ISO 712, Ocak 2001 Tahıl ve Tahıl ürünlerinde rutubet miktarı tayini standardına uygun olarak ölçüldü. Rutubet ve protein miktarları Çizelge.6.1.'de verilmiştir.

DSC analizi Perkin-Elmer Termal analyzer kullanılarak yapıldı. Azot purge gaz olarak kullanıldı ve yaklaşık 25 ml min^{-1} olarak sisteme verildi. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre standart prosedüre uygun olarak kalibre edildi. Numuneler 2-4 mg $^{+}$.0,1 mg alümünyum kaplara hassas olarak tartıldı ve kaplar hermetikli olarak kapatıldı. Hermetikli olarak kapatılmış boş alüminyum kap referans olarak kullanıldı (Şekil.6.1.).

Şekil.6.1. DSC cihazı alüminyum kaplar

Buğday unları 20 ^{o}C'den 150 ^{o}C'ye 10 ^{o}C min^{-1} hızında ısıtıldı. Termal geçiş sıcaklığı bulundu. Geçiş ısısı veya entalpi ΔH (J g^{-1}) pik alanından hesaplandı ve sonuçlar protein gram ağırlığı şeklinde ifade edildi. Üretici firmanın software programı Pyris termal verileri analiz etmek ve grafik elde etmek için kullanıldı.

Çizelge.6.1. Analizlerde kullanılan buğday, buğday unu, ticari gluten ve buğday nişastası numunelerinin protein ve rutubet miktarları.

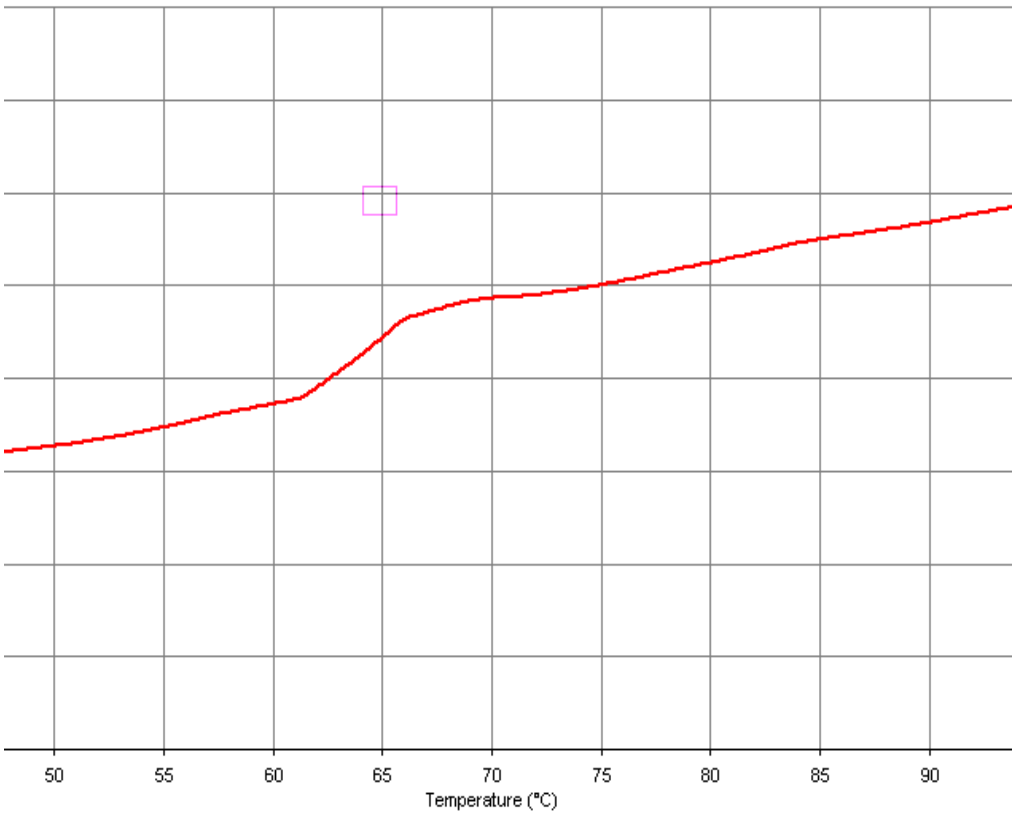
Ürün	Rutubet (%)	Protein (%)
Triticum aestivum, Kırmızı Topaz ekmeklik tam Buğday tanesi	13,14	12,97
Triticum compactum, Beyaz, Topbaş bisküvilik tam Buğday tanesi	11,84	8,53
Triticum aestivum, Kırmızı, Topaz ekmeklik Buğday unu	12,04	10,59
Triticum compactum, Beyaz, Topbaş bisküvilik Buğday unu	13,88	7,49
Ticari Buğday gluteni	4	98
Ticari Buğday nişastası	6	-

Şekil.6.2. DSC cihazı

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

7.1. Buğday Nişastanın termal özelliklerinin tayini

Şekil.7.1.'de, rutubet oranı % 6 olan saf buğday nişastasının DSC termogramları görülmektedir. 63 ^{o}C de entalpisi sırasıyla 1,4720 J/g olan bir adet endotermik pik görülmektedir.



Şekil.7.1. Buğday nişastasının DSC diagramı

K. Addo, Y.L. Xiong ve S.P. Blanchard' ın yüksek proteinli ticari buğday ununu bileşenlerine ayırarak, bu bileşenlerin DSC analizlerini yaptıkları çalışmada nişasta için 61,2 ^{o}C'de pik elde edilmiştir.

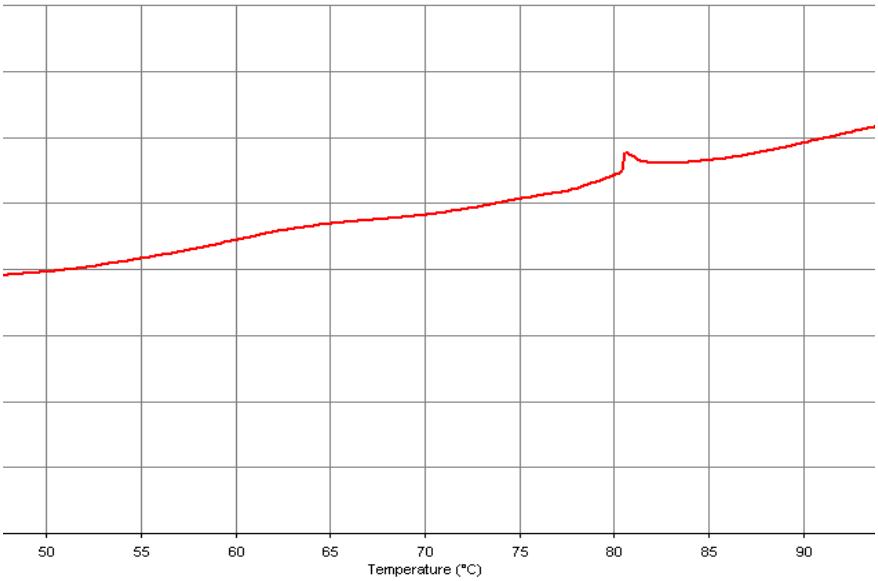
7.2. Ticari glutenin termal özelliklerinin tayini

Buğday proteinlerinin, 50 ile 85 ^{o}C arasında değişen sıcaklıklarda bir tepe noktası endotermisi vardır, albüminler ve globülinler ısıya en duyarlı olanlardır, onları gliadin ve nihayet gluteninler takip eder. İkinci kısım, ayrıca yüksek entalpi değerlerinde temellenen en düzenli yapı proteinleridir. Proteinlerin su içeriği, endotermiyi daha düşük sıcaklıklara kaydırarak termal davranışı belirler.

Ticari gluten numunesinin DSC diagramı su ilave edilmeden ölçüldü. 80,85 C'de entalpisi 2,6580 j/g olan pik elde edildi. Şekil 7. 2' de Ticari glutene ait DSC termogramı bulunmaktadır.

Daha önceki araştırmalarda en çok görülen pikler gluteninin kırılmasında ortaya çıkmıştır. Albüminler ve globülinler, 1 J/g ile 2 J/g arasındaki entalpilerle 50-55 ^{o}C'de tepe noktaları vermişlerdir. Harwalkar and Ma buğday globülinleri ısıtılırken, hiçbir pik tespit etmemişlerdir. Bu bulgulardaki uyuşmazlık, su içeriğinin mevcut olmasına atfedilebilir. Harwalkar ve Ma 1 mg globülini 10 *m*L su içerisinde inceltmişlerdir. Bu durum denatürasyon endotermisini daha düşük bir sıcaklığa kaydırmış olabilir. DSC cihazındaki stabilizasyon hatası nedeniyle de maskelenmiş olabilir.

Stapley ve Gladden (1997), Gliadinin endotermik tepe noktasını, 0,9 J/g DH'li olarak 58 ^{o}C'de gözlemlemiştir. Gluteninler, birincisi 64,3 ^{o}C'de ve ikincisi ise 84,2 ^{o}C'de olmak üzere iki tepe noktası göstermişlerdir. Globülinlerin ve gliadinlerin termogramları da, 80 ^{o}C'ye yakın bir tepe noktası göstermişlerdir. Ticari glutenin DSC ölçümlerinde Staley ve Gladden (1997) 'in bulgularından farklı olarak 80 ^{o}C yakınlarında sadece bir adet pik elde edilmiştir. Bu farklılık analzi edilen numunelerin rutubet içeriklerinin farklı olmasından veya ticari glutenin üretim prosesinde meydana gelebilecek denatürasyonlardan meydana gelmiş olabilir.



Şekil .7.2. Ticari glutenin DSC termogramı

Bu çalışma ve daha öncekiler arasındaki temel fark numunelerin su içerikleridir. Stadley ve Gladden, su içeriğinin artması ile denatürasyon sıcaklığında istikrarlı bir düşüş ve buğday gluteninlerindeki denatürasyon entalpisinde bir artış gözlemlemiştir. Numunelerin, su içeriği % 4'ten daha yüksek olduğunda, sadece bir endotermik tepe noktası gözlenmiştir ve % 63'lük bir su içeriğinin üzerinde hiçbir endotermi kaydedilememiştir. Analizi yapılan ticari gluten numunesinin nem içeriği ise % 4' dür.

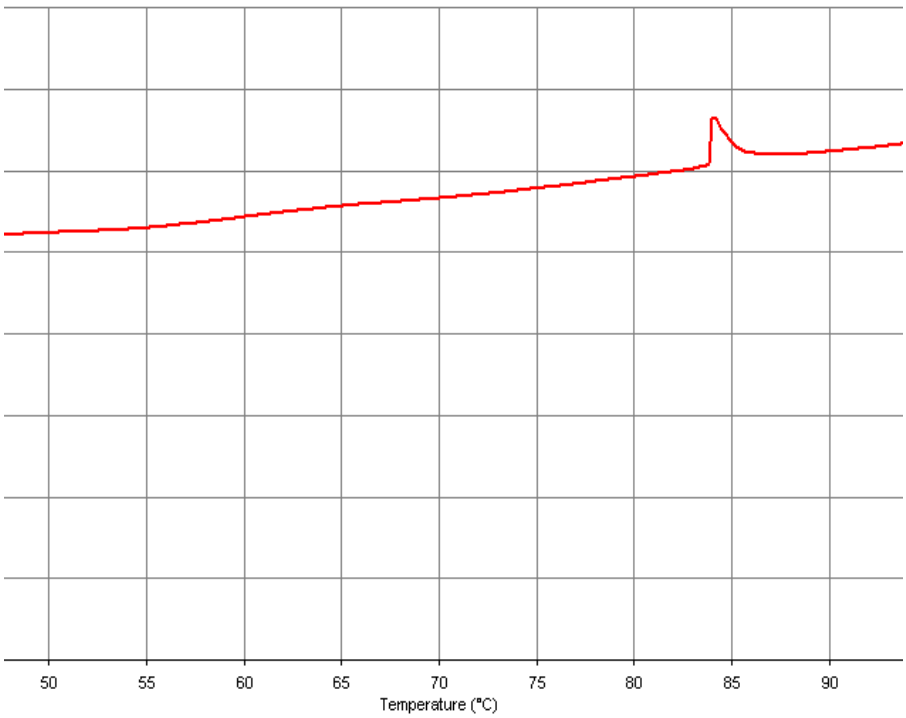
Eliasson ve Hegg, gluteni % 63 su içeriğinde kullanmıştır, buna karşın Artnfield ve Murray, % 80-85 su içerikli protein numunelerini ısıtmışlardır. Leon, A, Rosell, C.M, ve Barber, C. tarama çalışmalarının başladığı sıcaklığın kalorimetrenin stabilizasyon periyodunu etkilemesi nedeniyle piklerin maskelenmesine neden olabileceğini bildirmiştir.

Daha önceki çalışmalarda buğday proteinlerinin denatürasyon prosesinin belirlenmesi için birkaç ilave çalışma yapılmıştır. Gluteninler başarılı bir şekilde ısıtılmış ve soğutulmuş ve termogram kayıtları alınmıştır. Numuneler art arda ısıtıldığında, endotermi tepe noktası daha yüksek sıcaklıklara kaymıştır ve DSC soğutması esnasında termogramlarda bir ekzotermi gözlenmiştir. Bu tepe noktaları

da her bir yeni soğutmada daha yüksek sıcaklıklara kaymıştır. Ekzotermi ve endoterminin her ikisinin de görünmesi ve kayması, daha yüksek termal kararlılık gösteren protein moleküllerinin yeni bir düzenini göstermektedir. Bu sonuçlar, ısıtmanın neden olduğu uyum değişimlerinin özellikle de glutenin proteinlerindeki uyum değişimlerinin, geniş disülfür bağlı glüten protein kümeleri oluşmasına neden olarak, yeni moleküller arası disülfür bağlarının oluşması nedeniyle harekete geçtiğini öngören önceki çalışmalarla uyuşmaktadır. Bu yeni bağlar proteini denatüre durumda stabilize edebilmektedir.

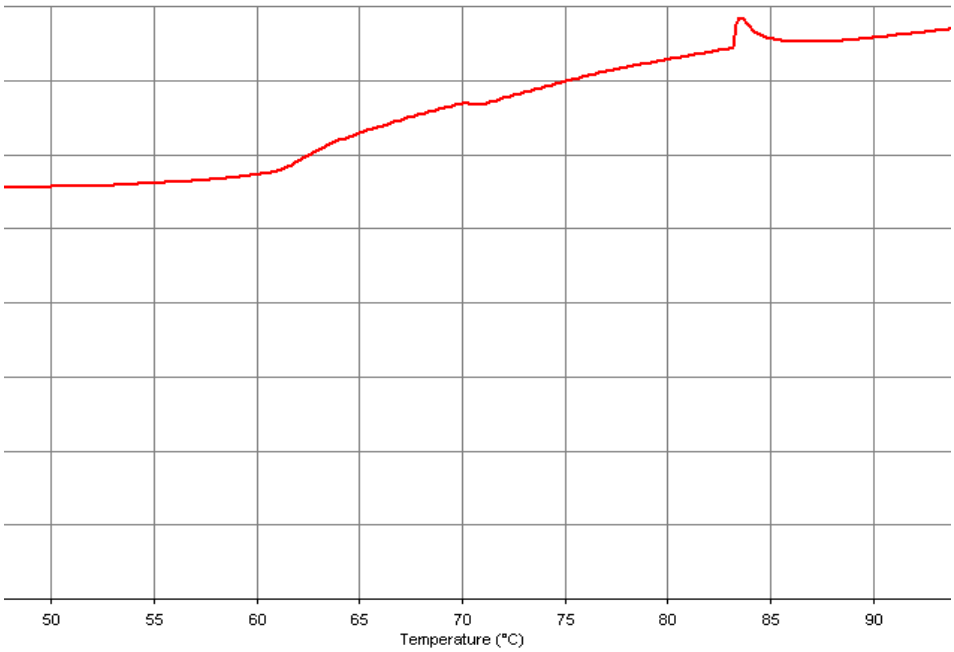
7. 3. Buğday unu bileşimlerinin termal özellikleri

Isıtma, düşük nem şartları altında yapıldığında, glutenin termal özelliklerinin değişebilme olasılığı nedeniyle, buğday unu su ilave edilmeden ısıtılmıştır. Şekil 7.3'de, *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik Buğday ununun DSC termogramları 65,77 ^{o}C ve 84,02 ^{o}C'de entalpileri sırasıyla 0.6519 J/g ve 1.0105 J/g olan iki adet endotermik tepe noktası göstermektedir.



Şekil.7.3.*Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik Buğday ununun DSC termogramları

Protein miktarı ve kalitesi, *Triticum aestivum*, Kırmızı, Topaz ekmeklik Buğday ununa göre daha düşük olan *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi bisküvilik buğday unununun DSC termogramı su ilave edilmemiş numunede ölçüldü. Şekil. 7.4 'de, *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday unununun DSC termogramlarında 62,71 ^{o}C ve 83,17 ^{o}C'de entalpileri sırasıyla 0.6927 J/g ve 0,9359 J/g olan iki adet endotermik tepe noktası görülmektedir.



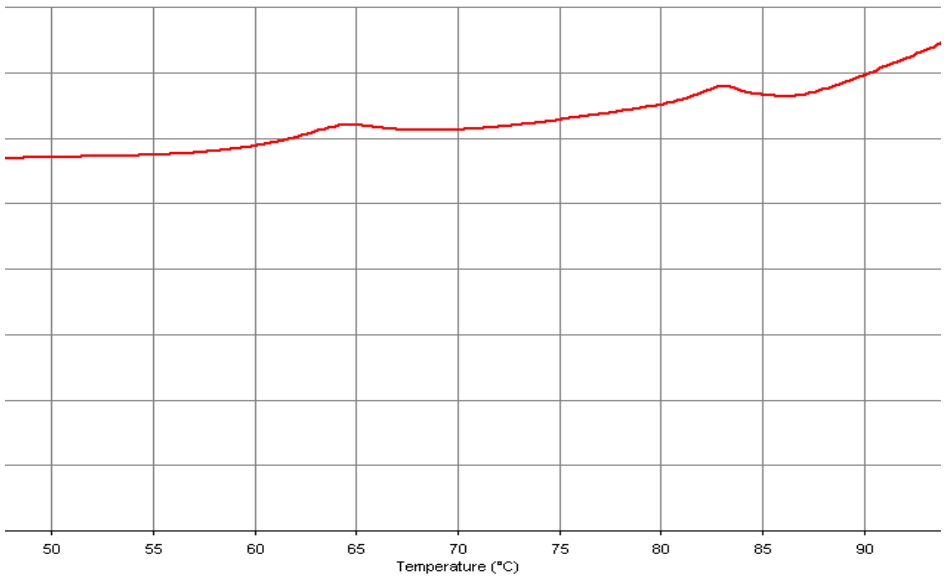
Şekil.7.4. *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi bisküvilik Buğday unununun DSC termogramları

Tr. Compactum buğdayından elde edilen unda nişasta oranının yüksek olması nedeniyle 62,71 ^{o}C'deki nişasta jeletinizasyonu nedeniyle 62 ^{o}C'de daha belirgin pik gözlemlenmiş olabilir. Tr. Aestivum buğdayından elde edilen unda bu durum gözlemlenememiştir. Un eldesi sırasında nişasta moleküllerinin mekanik zarar görmesi veya nişastanın diğer bileşenlerle interaksiyona girmesi bu durumda etkili olabilir (Stapley, A.G.F, Gladden, L.F.,1997).

Rutubet oranları birbirinden az miktarda farklı olan bu iki un numunesinde, rutubet oranı yüksek olan Topbaş cinsi bisküvilik buğday unu daha düşük sıcaklıkta pik vermiştir. Leon, A., Rosell, C ve Barber, C., su içeriği arttıkça tepe noktasının daha düşük sıcaklıklara kaydığını bildirmiştir.

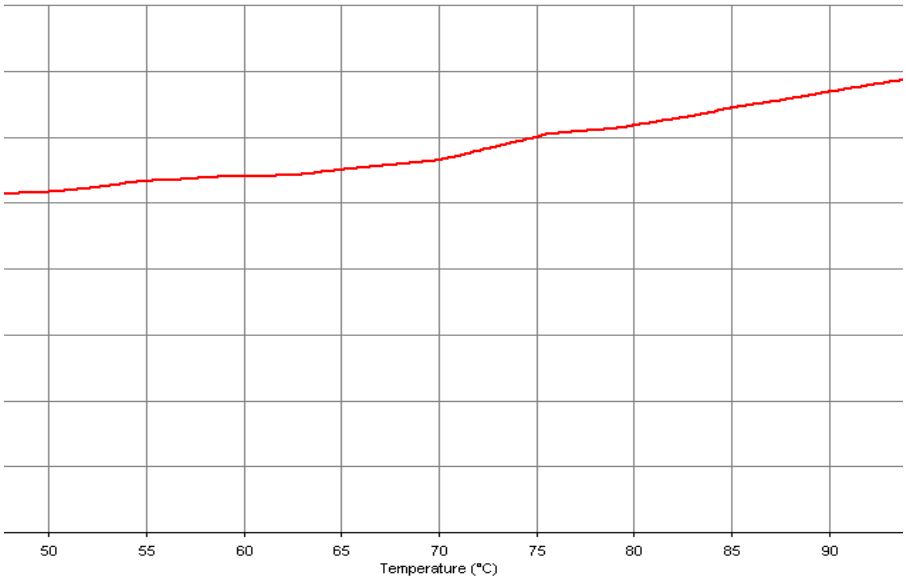
7.4. Buğday tanelerinin termal özelliklerinin tayini

Şekil.7.5.'de, *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik tam Buğday tanesinin DSC termogramları 64 ^{o}C ve 83 ^{o}C'de entalpileri sırasıyla 0.6519 J/g ve 1.0105 J/g olan iki adet endotermik tepe noktası göstermektedir.



Şekil.7.5. *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik tam Buğday tanesinin DSC termogramları

Şekil. 7.6'da *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday tanesinin DSC termogramları 54,55 ^{o}C ve 74,15 ^{o}C'de entalpileri sırasıyla 0.3540 J/g ve 0,7072 J/g olan iki adet endotermik tepe noktası göstermektedir.



Şekil.7.6. *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday tanesinin DSC termogramları

Çizelge.7.1. Tam buğday taneleri , Buğday unu , Ticari gluten ve ticari nişasta numunelerinin DSC analizlerinden elde edilen pik sıcaklıkları ve entalpileri

Numune	Tg_1(°C)	ΔH_1 (j /g)	Tg_2(°C)	ΔH_2 (j /g)
Triticum aestivum, Buğday tanesi	65,77	0,6519	84,02	1,0105
Triticum compactum, Buğday tanesi	54,55	0,3540	74,15	0,7072
Triticum aestivum, Buğday unu	66,32	3,6084	82,11	0,2297
Triticum compactum, Buğday unu	52,99	0,1811	74,75	0,0328
Ticari Buğday gluteni	80,85	2,6580	-	-
Ticari Buğday nişastası	63	1,4720	-	-

8. TARTIŞMA

Tam buğday taneleri, buğday unu, ticari gluten ve ticari nişasta numunelerinin DSC analizlerinden elde edilen pik sıcaklıkları ve entalpileri Çizelge. 7.1'de verilmiştir. Protein değerleri bilinen tane ve un numuneleri benzer sıcaklıklarda denatürasyon piki vermiştir. Pik entalpi değerleri incelendiğinde, protein değeri yüksek, ticari olarak ekmek, pasta vb. ürünlerin yapımına uygun, gluten yapısı güçlü un ve buğday tanelerininin denatürasyon sıcaklıklarında vermiş oldukları pik entalpi değerinin, ticari olarak gluten yapısı zayıf, protein değeri düşük,

bisküvi yapımına uygun buğday entalpisine göre farklı olduğu görülmüştür. *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik tam Buğday tanesinin DSC termogramlarında bulunan denatürasyon entalpileri *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday tanesinin DSC termogramlarındaki denatürasyon entalpilerinden daha yüksek bulunmuştur. *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik tam Buğday tanesinin proteinin *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday tanesinin proteininden yüksek olması *Triticum aestivum*, Kırmızı Topaz ekmeklik tam Buğday tanesinin DSC termogramlarında bulunan denatürasyon entalpilerinin *Tr. Compactum* beyaz, yumuşak Topbaş cinsi buğday tanesinin DSC termogramlarındaki denatürasyon entalpilerinden daha yüksek olmasına bağlanabilir.

Hasadı yapılan buğday, miksograph cihazı ve sedimentasyon yöntemi ile protein kalitesi ve buğdayların ekmeklik veya bisküvilik olduğu belirlenir. Protein kalitesine göre ticari kalitesi belirlenen buğdayın miksograph ya da sedimentasyon analizi uygulanabilmesi için un haline getirilmesi gerekmektedir. Öğütme prosesi , değirmenlerin kapasitesi nedeniyle fazla miktarda numune ihtiyacı oluşturmaktadır. Bu analiz unu kullanılmasını gerektirdiğinden ve unun üretimi zaman aldığından DSC ile buğday unundan ziyade buğday tanelerin analizi ile buğday tanelerinin ekmeklik veya bisküvilik olduğunu kısa sürede belirlemek mümkün olur. Protein değerleri farklı iki buğday danesi, DSC diagramı pik alanları açısından karşılaştırılabilir. DSC analizi, tam tahıl tanesine uygulanabilmesi, tanenin un haline getirilmesinin zorunlu olmaması gibi nedenlerden dolayı diğer metodlardan ayrılmaktadır.

Ekmeklik buğday tanesinin DSC'deki piki deneylerin her bir tekrarında net olarak belirmemiştir. Bu piklerin belirgin görünmesi için yeni deneyler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR:

1. Eliasson, A.C. (1980). Effect of water content on the geletinization of wheat starch. Starch / Starke, 32: 270-272.

2. Kazarian, E.A. and Hall, C.W. (1965). Thermal properties of grains. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 8: 33-35.

3. Berland, S. and Eklin, P. (2003). Calorimetric and Rhelogical properties of wheat Flour Suspensions and Doughs Effects of Wheat types and Milling procedure. Journal of thermal Analyses and Calorimetry, 71: 311-320.

4. Fan, L.T., Chung, D.S. and Shellenberger, J.A. (1961). Diffusion coefficients of water in wheat kernels. Cereal chemistry, 38: 540-548.

5. Münzing, K. (1991). DSC studies of starch in cereal and cereal products. Termochimica Acta, 193: 441-448.

6. Stapley, A.G.F. and Gladden, L.F. (1997). A differential scanning calorimetry study of wheat grain cooking. International Journal of Food Science and technology, 32: 473-486.

7. Street, C.A. (1991). Flour Confectionery Manufacture. Blackie VCH Publishers Inc., Newyork.

8. Matz, S.A. (1968). Cookie and Cracker Technology. The AVI Publishing company, Inc, USA.

9. Fujita, S., Yamamoto, H. and Suginato, Y. (1998). Thermal and Crystalline properties of Waxy Wheat (Triticum aestivum L.) Starch. Journal of Cereal Science, 27: 1-5.

10. Falcao-Rodrigez, M.M., Moldao-Martins, M. and Beirao-da Costa, M.L.(2004). Thermal properties of Gluten proteins of two soft wheat varieties. Foundation for Science and Technology.

11. Icard-Verniere,C. and Cuq, B. (2000). Characterisation of Glass Transition of durum Wheat Semolina using Modulated Differential Scanning Calorimetry. Journal of Cereal Science, 33: 213-221.

12. Hayakawa, K., Tonaka, K., Nakamura,T., Endo, S., and Hoshino, T. (1997). Quality characteristics of waxy heaxploid wheat (Triticum aestivum L.):Properties of starch geletinization and Redrogradation. Journal of Cereal Science, 74: 576-580.

13. Addo, K., Xiong, Y.L. and Blanchard, S.P. (2000). Thermal and Dynamic rhelogical properties of wheat flour fractions. Food Research International. 34: 329-335.

14. Leon, A. And M. Rosell., and Barber, C.B. (2003). A differential Scanning Calorimetry study of wheat proteins. Eur Food Res Technol. 217: 13-16.

15. Mohamed, A., Royas-Duarte,P., H.Gordon, S., and Xu, J. (2003). Estimation of HRW wheat heat damage by DSC, capillary zone electropheresis, photoacustic spectroscopy and rheometry. Cereal Products and Food Science.

16. Mohamed, A.A. and Royos-Duarte, P. (2002). The effect of mixing and wheat protein/ gluten on the geletinization of wheat starch. Oklohoma State University, USA.

17. Micard, V and Guilbert, S. (2000). Thermal behavior of native and hydrophobized wheat gluten, gliadin and glutenin-rich fractions by modulated DSC. International Journal of Biological Macromolecules, 27: 229-236.

18. Menderes M., Atlı,A., Köten,M. and Kılıç,H. (2008). Gluten Indeks Değeri ve Yaş Gluten / Protein oranı ile ekmeklik Buğday kalite Değerlendirmesi. H.R.Ü.Z.F. Dergisi, 12: 57-64.

19. Cocero, A.M. and Kokini, J.L. (1990). The study of the glass transition of glutenin using small omblitude ascillatory rheological measurements and differential scanning calorimetry. Rutges,The State University of New Jersey,USA.

20. Brent., J.L., Mulvaneyt, S.J., Cohen, C., and Bertsch, J.A. (1996). Thermomechinical glass transition of extruded cereal melts. Journal of Cereal Science, 26: 301-312.

21. Doğan, İ.S. and Uğur, T. (2008) Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştıma. Yüzüncü Yıl üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi,15: 139-148.

22. Kan, A. ve Sade, B. (2002). Ekmeklik buğdaylarda (Triticum aestivum L.) Kalite özelliklerinin kombinasyon yeteneği, melez gücü ve kalıtımı. S.Ü.Z. Fakültesi Dergisi, 16: 12-18.

23. Champson, D., Meste, M. and Simatos, D. (2000). Towards an improved understanding of glass transition and relaxitions in foods:molecular mobility in the glass transition range.Trends in Food Science & Technology, 11: 41-55.

24. Boyacıoğlu, H., Boyacıoğlu, D., Nilüfer, D and Çapanoğlu, E. Buğdayda ısıl şok ile meydana gelen değişimler ve tespit yöntemleri.İstanbul Teknik üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye 7.Gıda Kongresi.

25. Aydın, N., Mut, Z., Bayramoğlu, H. O. and Özcan, H. (2005). Samsun ve Amasya koşullarında ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. OMU Z.F. Dergisi, 20: 45-51.

26. Fast, R. B and Caldwell, F.C. (1993). Breakfast Cereals and How They are Made. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesote, USA.

27. Grootenbeer, D. (1989) . Le Gluten Index: Report de stage. L'ınstitut Technique des Cereales et des Fourrges, Paris, Fransa.

28. Simic, G., Horvat, D., Jurkovic, Z., Drezner, G., Novaselovic, D. and Dvojkovic, K. (2006). The genotype effect on the ratio of wheat gluten content to total wheat grain protein. Journal of Central European Agriculture, 7(1), 13-18, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İstanbul'da doğan Zeynep Uca Koç, lise eğitimini Küçükyalı Kadir Has Lisesi'nde tamamladı. 1998 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde Gıda Mühendisliği eğitimine başladı. 2002 yılında mezun oldu. 2006 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü Gıda Teknolojisi Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Doğa Bitkisel Ürünler San.Tic.A.Ş.'de 2002 yılından itibaren çalışmaktadır.