

Buğday Depo Proteinlerinin Genetiği ve Ekmek Kalitesine Olan Etkileri

Birol TAŞ*

Halis Ruhi EKİNGEN**

ÖZET

Buğday depo proteinleri, bir kez sentezlendikten sonra değişime uğramadan endospermde depolanırlar ve bitkinin kalıtsal özelliklerini direkt olarak yansıtır. Bu özellikten dolayı, depo proteinlerinin incelenmesi sertifikasyon çalışmalarında, tohumluk üretiminde, akrabalıkların saptanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada buğday depo proteinlerinin özellikleri, kromozomal yerleri, gen haritaları ve bu protein grubunun ekmek yapım kalitesine olan etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buğday depo proteinleri, buğdayda kalite, kalite ıslahı.

SUMMARY

Genetics of Wheat Storage Proteins and Their Effects on Bread Making Quality

Wheat storage proteins are stored in endosperm without any change after being synthesised and display the inheritance characteristics of the plants, themselves. Studying storage proteins are important in certification studies, breeding of pure seeds and investigation of plant relationships. In this study characteristics of wheat storage proteins, chromosomal locations, gen mapping and the effects of these proteins on bread making quality were investigated.

Key words: Wheat storage proteins, wheat quality, improvement of quality.

* Araş. Gör.; U.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.

** Prof. Dr.; U.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.

GİRİŞ

Birçok ülkenin ekonomisinde ve tarımsal üretiminde temel rol oynayan tahıllar, insan beslenmesi bakımından da hayati önem taşımaktadırlar. Günümüzde dünya nüfusunun günlük enerji gereksiniminin % 35'inden fazlası tahıllardan ve özellikle de buğdaydan karşılanmaktadır. Bugün ülkemizde her yıl tahıl ekilen alanların % 68.8'inde buğdayın yer alması (Anonymous, 1993), buğdayın dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyük bir önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Gıda maddeleri tüketiminin kantitatif göstergesi günde kişi başına düşen kalori miktarı iken, yiyecek kalitesinin ilk göstergesi günde kişi başına gram olarak alınan protein miktarı olmaktadır. Özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde daha çok tahıllara (özellikle buğdaya) dayalı bir beslenme genellikle zorunlu olduğundan, protein oranı ve kalitesi yükseltilmiş olan tahıllara ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Tahıllar içerisinde sadece buğday unu, su katkısı ve yoğurma işlemi sonucunda, elastik bir hamur oluşturabilmektedir. Yaş gluten (yaş öz) olarak tanımlanan bu madde, hamurun kabarmasında ve ekmeğin kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır. Buğday en fazla ekmek şeklinde tüketildiğinden, araştırmalar daha çok buğdayın ekmeçlik değeriine etkili olan buğday unu bileşenleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

DEPO PROTEİNLERİNİN TANIMLANMASI VE ÖZELLİKLERİ

Tahıllarda bulunan depo proteinleri tanenin endospermde depolanmış olan proteinlerdir. Bunlara "Endosperm Proteinleri" adı da verilmektedir. Depo proteinleri, tanede mevcut olan proteinlerin % 75'i gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadırlar. Canlıların yapılarında bulunan proteinlerin çoğu sentezlendikten sonra çeşitli derecelerde modifikasyona uğrarlarken, buğday depo proteinleri sentezlendikten sonra değışime uğramadan endospermde depolanarak, bitkinin kalıtsal özelliklerini direkt olarak yansıtır. Yani depo proteinlerinin aminoasit diziliş sırası, DNA'nın baz diziliş sırasına direkt olarak bağlıdır. Genetik yönden farklı her hattın, çeşidin ve ırkın kendine özgü bir protein imzası (finger print) vardır. Bu özellikten dolayı, depo proteinlerinin incelenmesiyle ortaya çıkan bilgiler, o bireyin tanınmasında, sertifikasyon çalışmalarında, saf tohumluk üretiminde, akrabalıkların saptanmasında önemli bir rol oynamaktadır (Lawrance and Payne, 1983).

Buğday depo proteinlerinin araştırılması ve sınıflandırılması oldukça zor bir iştir. Buğday depo proteinlerinin biokimyası ve onların öteki tahıllar ile olan akrabalığı P.R. Shewry, B.J. Mifflin ve D.D. Kasarda tarafından yapılan araştırmalar ile daha detaylı olarak ortaya konmuştur (Payne 1987).

Depo proteinlerinin en önemlisi gluten'dir. Her buğday çeşidinin değeri bünyesinde bulunan gluten miktarı ile ölçülmektedir. Glutence zengin

buğdayların gıda değeri de yüksek sayılmaktadır. Gluten miktarı kalori açısından aranılan bir özellik olması yanında, gluten kalitesi de iyi hazmolabilirlik ve ekmeğin kabarmasında aranılan bir özelliktir.

Gluten, kimyasal yapı bakımından kolloidal bir kıvama sahiptir ve sıcaklık tesiriyle (70-100°C) karakterini kaybetmektedir.

Gluten, glutenin ve gliadin olmak üzere iki protein grubuna ayrılarak incelenir. Şimdiki çalışmalarda artık daha iyi bilinen gliadin grubu proteinler, % 70'lik alkolde erir ve glutenden ayrılırlar. Bu grup proteinler disülfid bağları (-S-S-) ihtiva etmektedirler. Ancak bu bağlar polipeptid zinciri üzerinde bulunan intramoleküler bağlardır (Tanju, 1981). Bazı araştırmacılar ise gliadin grubu proteinlerde disülfid bağları olmadığını bildirmektedirler (Wall, 1979). Yapışkan ve uzama kabiliyetine sahip olan gliadinde, iki boyutlu jel elektroforesis ile 45 gliadin komponenti tesbit edilmiştir (Wringley, Shephard, 1973).

Glutenin grubu proteinlerin ayrışma ortamı ise sulandırılmış asit + üre + iyon karışımıdır. Glutenin, ekmek hamurunun elastikiyetini oluşturur ve 2-mercaptoetanol ile muamele edildiği zaman, elastiki yapısını azaltarak düşük moleküler ağırlıklı (L.M.W.) glutenin altüniteleri (Jackson, Holt, Payne, 1983) ve yüksek moleküler ağırlıklı (H.M.W.) glutenin altünitelerine (Payne, Holt, Law, 1981) ayrılmaktadır. Glutenin'in yüksek moleküler ağırlığa sahip olması, düşük molekül ağırlığındaki peptid ünitelerinin sistein amino asitleri arasında bulunan disülfid bağlarıyla (-S-S-) bir arada tutulmasından kaynaklanmaktadır.

Bu iki protein grubunun sınıflandırılmasında onların erime ortamları yerine ayrışma ortamı içindeki toplanma yerleri dikkate alınmıştır (Jackson, Holt, Payne, 1983).

Ayrıca, glutenin ve gliadinlerin tane gelişimi sırasında depo proteinlerinde kalıcı olmadıklarını ve her ikisinin de prolaminlere dönüşebileceği belirtilmiştir (Miflin, Byers, Field and Faulkes, 1980).

Yapılan birçok araştırmada tanede bulunan glutenin ve gliadin kompozisyonlarının karşılıklı miktarları aşağıda gösterilmiştir (Dikerman, 1983):

% 25 Glutenin - % 75 Gliadin

% 34 Glutenin - % 66 Gliadin

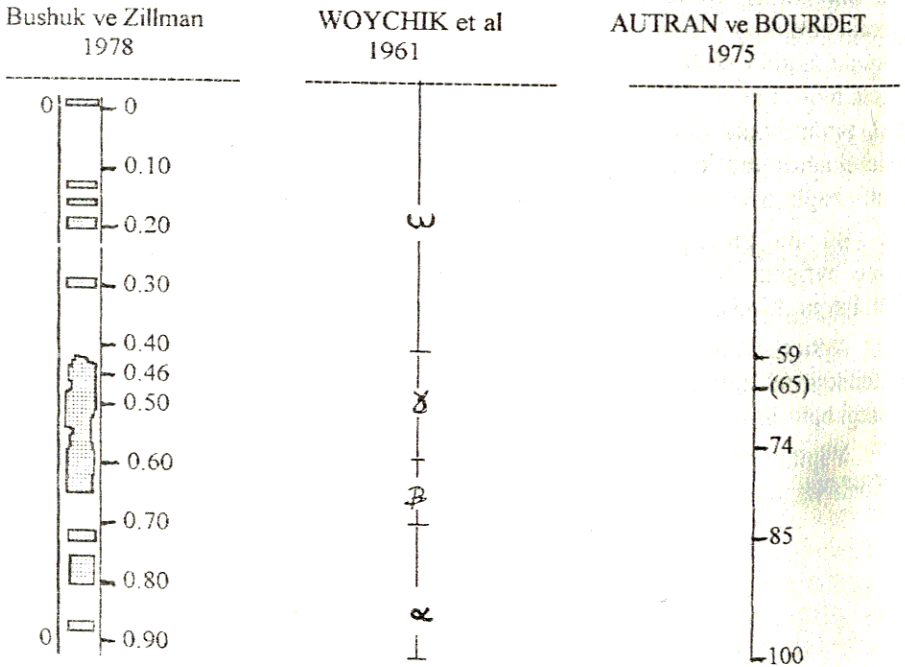
% 20 Glutenin - % 80 Gliadin

Buğday unundaki depo proteinleri tipik olarak % 50 gliadin, % 10 H.M.W. glutenin, % 40 L.M.W. glutenin altünitelerinden meydana gelmiştir (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).

DEPO PROTEİNLERİNİN KROMOZOMAL YERLERİ

Shephard (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984), ilk olarak pH'sı 3.2 olan alüminyum laktak çözeltisinde, nişasta jel elektroforesisi ile Chinese Spring buğdayının null-tetra ve ditelosentrik hatlarında 9 gliadin geninin 1AS, 1BS, 1DS, 6AS ve 6DS kromozomları üzerinde lokalize olduğunu belirtmiştir. Hatların elektroforetik bantlarında genetik olarak değişimin olmadığını belirlemiştir. Gliadin proteinleri asit pH derecelerinde artı (+) yüklüdürler ve bu nedenle uygun jel ortamlarında elektrik alanının etkisiyle katoda doğru hareket etmektedirler.

Jones ve arkadaşları tarafından gliadinler, α , β , γ ve ω olmak üzere 4 ayrı fraksiyona ayrılarak incelenmiştir (Bushuk, Zillman, 1978). α -gliadinler en hızlı, β -gliadinler α -gliadinlere göre daha yavaş, γ -gliadinler β -gliadinlere göre daha yavaş, ω -gliadinler ise en yavaş bantları ifade etmektedirler (Şekil: 1).



Şekil: 1

Gliadin bantlarının farklı şekillerde tanımlanması

İlk olarak iki boyutlu jel elektroforesis isoelektrik odak (i.e.f.) uygulaması ve ikinci olarak pH 3.2 nişasta jel elektroforesis uygulaması ile gliadinlerin çözünmesi büyük oranda başarılıdır (Wringley, Shephard, 1973). Bilim adamları gliadin protein genlerinin tümünün 1A, 1B, 1D, 6A, 6B veya 6D

kromozomlarının biri üzerinde olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, Payne ve arkadaşlarının iki boyutlu sistemden farklı olarak, denemenin ikinci kısmında soydumdodesilsülfat (S.D.S.) poliakriamid jel elektroforesis (p.a.g.e.) uygulanması ile kuvvetlendirilmiştir ve ω -gliadinler, γ -gliadinlerin çoğu ve β -gliadinlerin azı 1. kromozom grubu tarafından kontrol edilirken, tüm α -gliadinler ve birçok β -gliadin ve az sayıda γ -gliadin 6. kromozom grubu üzerinde kodlandığı görülmüştür.

Buna ek olarak grup 1 ve grup 6 homoelog genlerinin, kromozomların kısa kolu üzerinde olduğu gözlenmiştir (Payne, Holt, Lawrance and Law, 1982). Ayrıca, gliadin analizi için kullanılan benzer genler ile glutenin altünitelerinin, 1B ve 1D kromozomlarının uzun kolu üzerinde bulunan genler tarafından kontrol edildiği belirtilmiştir (Bietz and Burnauf, 1985) (Çizelge: 1).

Glutenin h.m.w. altüniteleri genellikle Glu-1 olarak belirtilirler ve Glu-A1, Glu-B1 ve Glu-D1'e kodludurlar. Bunlar 1A, 1B ve 1D kromozomlarının uzun kolu üzerinde taşınmaktadır (Payne, Holt, Lawrence and Law, 1982). Glu-B1 ve daha sonra Glu-D1, Glu-1 üzerinde kromozom kolunun merkezden uzak olan yarısı üzerinde bulunmaktadır.

3 ve 5 majör HMW altüniteleri arasında her bir buğday çeşidinde Glu-D1'e 2; Glu-B1'e 1 veya 2; Glu-A1'e 1 veya hiç gen kodlanmamıştır (Lawrence, Shephard, 1981).

Çizelge: 1
Depo Proteinlerinin Kromozomal Yerleri
(Payne, Holt, Jackson, Law, 1984)

Depo Protein Grupları	Kromozomlar	Kol
h.m.w. glutenin altüniteleri	1A, 1B, 1D	Uzun
l.m.w. glutenin altünitesi ω -gliadinler γ -gliadinler β -gliadinler (az)	1A, 1B, 1D	Kısa
α - gliadinler β - gliadinler γ - gliadinler (az)	6A, 6B, 6D	Kısa

Araştırmalarda Chinese spring buğdayının gliadin proteinlerinin iki boyutlu elektroforetik analizinde 6A kromozomu üzerinde 5,5 ve 10; 6B kromozomu üzerinde 6,6 ve 5;6D kromozomu üzerinde 5,5 ve 6 olarak 3 farklı kısımdan oluştuğu gözlenmiştir (Payne, Holt, Lawrence, Law, 1982).

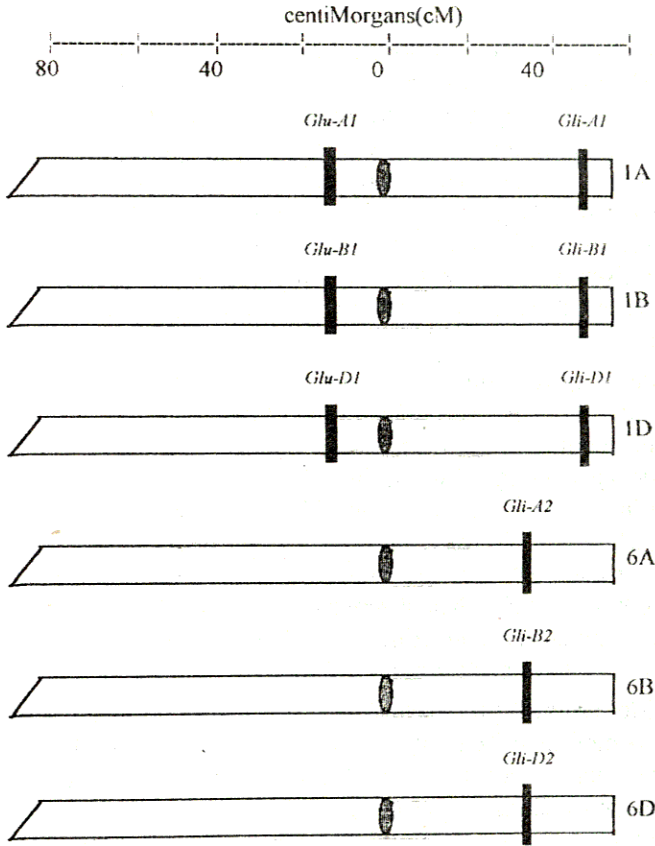
1A, 1B ve 1D kromozomlarının kısa kolu üzerinde yer alan Gli-A1, Gli-B1 ve Gli-D1 çok kompleks değildirler. Çünkü her ailya bir protein grubu

içermektedir ki bunlar; ω -gliadinler, γ -gliadinler ve l.m.w. glutenin altüniteleri'dir. Günümüzde gliadin kalıtımı daha kolay incelenmektedir (Lawrence, Shephard, 1981). Çünkü bu proteinler biokimyasal yapı olarak birbirlerinden ayrılırlar ve N-düzenleri birbirinden farklıdır. Gli-1'in Glu-1 ile linkage halinde bulunması ihtimali zayıftır (R: % 30-50) (Payne, Holt, Lawrence, Law, 1982). ω -gliadin gen dizilişi hakkında çok fazla çalışma yapılmamıştır. γ -gliadinler ve L.M.W. glutenin altüniteleri 9-15 gen içermektedirler (Payne, 1987). 6. kromozom grubunun kısa kolu üzerinde üç bölgede bulunan Gli-A2, Gli-B2 ve Gli-D2; Glu-1 ve Gli-1 arasında intermediyerdir. Onların α - ve β - gliadinler için gen kodları "N-terminal amino asit düzeni" olarak adlandırılır. 9 depo proteini içinde bulunan allelik genler farklı çeşitler için farklı olarak gözükmiştir (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).

DEPO PROTEİN GEN HARİTALARI

Lawrence ve Shephard (1981) benzer kombinasyonlar üzerinde Glu-1 ve Gli-1 genleri arasındaki rekombinasyonu ilk tahmin eden kişilerdir. Bu bilim adamları Glu-B1 ve Gli-B1 arasında % 48.8 rekombinasyon olduğunu tahmin etmişlerdir. Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada 4 farklı melezlemede Glu-B1 ve Gli-B1 arasında % 39-47, Glu-A1 ve Gli-A1 arasında % 42-47 rekombinasyon olduğu bulunmuştur (Payne, Holt, Lawrence, Law, 1982). Ancak yapılan X^2 analizinde bu değerler arasında farklılığın önemli olmadığı görülmüştür. F2 çalışmalarında ise Glu-D1 ve Gli-D1 arasında % 48.3 rekombinasyon bulunmuştur (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984). Payne ve arkadaşları (1982) tarafından çıkartılan "telosentrik harita" Glu-A1, Glu-B1 ve Glu-D1 arasında % 7.6, 9.2 ve 10.1 rekombinasyon olduğunu göstermiştir (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).

Glu-B1 ve Gli-B1 arasında rekombinasyon çalışmaları spontan mutantları ortaya çıkartmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Gli-B1'de depo proteinleri bulunmamaktadır. Feulgen boyamasından sonra kök hücrelerinin çekirdeklerinin incelen metafaz safhası ile 1B kromozomunda satellit parçasının eksik olduğu anlaşılmıştır. Işık mikroskobu ile plazmidlerin içinde radyoaktif ribozomal RNA gen klonu ile kromozomlarda "situ hibridizasyonu"ndan sonra ve mitotik çekirdeğin metafaz aşamasının bir kısmında düşük güçlü elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, bu mutantın birbirinden uzak iki tipi üzerinde çalışılmıştır (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984). Her iki görüşte de kayıp satellit ile kayıp nükleolar, bölge içerisinde mutant kromozomu kırmıştır ve gerisi kısa kol üzerinde kalmıştır. Bu yüzden Gli-B1 lokusu 1B kromozomunun satelliti ile meydana gelmelidir ki bu kolun 1/3'ü kadarıdır (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984). 6B kromozomu üzerinde eş genler arasında ve 1B kromozomu üzerinde Gli-B1 ve ribozomal RNA genleri arasında rekombinasyonların sıklığı belirlenmektedir (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).



Şekil: 2

Buğday endosperm depo proteinleri için kodlamış genlerin kromozomal yerleri (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984)

Yapılan incelemeler sonucunda genler arasındaki rekombinasyonlarda depo proteinlerinin daha ayrıntılı haritaları çıkartılmaya gayret edilmektedir (Şekil: 2). Örnek olarak Glu-B1 ve Gli-B1, 1B kromozomunun uzun kolu üzerinde lectin genleri ile linkage halindedir ve kısa kolda: Kırmızı glume (Rg-1) ribozomal RNA, erkek kısırılığı restore eden genler ve yeşil راستیغا dayanıklılık (Yr10) genleri bulunmaktadır (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).

DEPO PROTEİNLERİNİN EKMEK YAPIM KALİTESİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

Ekmek kalitesi iyileştirilmiş, yüksek verimli buğday çeşitlerinin geliştirilmesi tüm bitki ıslahçılarının en başta gelen uğraşısıdır. Ekmek yapımı için buğdayın protein yüzdesi ve protein kalitesinin mümkün olan yüzdesi

bilinmelidir (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984). Dünyada yetişen 14 buğday türünden yalnız üç türün ekonomik bir önemi vardır. Bunlar: *Tr. aestivum* (42 kromozomlu), *Tr. compactum* (42 kromozomlu) ve *Tr. durum* (28 kromozomlu)'dur. *Tr. aestivum*'un en önemli özelliği, bu türe ait unların ekmek yapımına diğer türlerden daha uygun olmasıdır. Bu türün içinde sert kırmızı yazlık, sert kırmızı kışlık ve sert beyaz buğday çeşitleri, dünyanın üstün kaliteli ekmeklik buğdayları olarak kabul edilmektedirler. *Tr. compactum* türü, bisküvi yapımı için elverişli olup, öz kaliteleri zayıftır. *Tr. durum* türü ise bulgur ve makarna üretiminde ve ayrıca irmik yapımında kullanılmaktadır (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).

Maalesef tahıl ürünleri içerisinde tane verimi ve tane protein bileşimi arasında genellikle ters bir ilişki belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, tanedeki protein oranı iklim, toprak ve çeşidin genotipik yapısına bağlı olarak % 6-20 arasında değişmektedir. Tane dolum periyodundaki sıcaklık değişimlerinin protein bileşimi üzerine olan etkilerini 27 yıldan fazla bir süre inceleyen bilim adamları (Blumental, Bakes, Batey, Wringley, Moss, Mares, Barlow, 1991), sıcaklığın artması ile verimin azaldığını, ancak protein oranının arttığını belirtmişlerdir. Tanenin büyüme devresindeki serin havalar karbonhidrat oranını arttırmakta, olgunlaşma müddetini uzatmakta ve bunun sonucu olarak tanede nişasta miktarı fazla ve protein miktarı düşük olan buğdaylar elde edilmektedir.

Tanede bulunan protein miktarına toprakta bulunan azot miktarı ile yağış rejimi ve mevsimlere dağılışı da etki etmektedir. Yağışı az olan topraklarda azot miktarı fazla olacağından bu topraklarda yetişen buğdayların protein miktarı fazla olmaktadır. Yağışlar verimi arttırmak yolu ile protein miktarını azaltmaktadırlar.

Wringley ve arkadaşları (1973) tarafından yapılan gliadin ve glutenin allel proteinleri arasında kalite ilişkileri bulunmasına rağmen, 2, 4, 14 ve 19 gliadin bantları kalite ile daha çok ilişkili bulunmuştur. Sonuç $Gli-1 > Glu-1 > Gli-2$ olarak verilmiştir. Sozinow ve Poperelya (1980) (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984), gliadin ve ekmek yapım kalitesi arasındaki ilişkiyi saptamak için birçok melezlemede elde ettikleri döllerini incelemişler ve *Gli-1* ve *Gli-2* için birliktelik bulmuşlardır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda *Gli-1A2* ve *1A4* komponent bloklarının yüksek sedimentasyon değeri ile ilgili olduğu, *Gli-1A1* bloğunun ise un kalitesi üzerine negatif etki yaptığı saptanmıştır. *Gli-1B1* komponent bloğuna sahip hatların teknolojik düzeyi ve ekmeklik kalitesi en iyi olan unu verdikleri, *Gli-1B3* bloğunun ise tohum kalitesinde belirgin bir azalmaya sahip olduğu bulunmuştur (Payne, Holt, Jackson, Law, 1984).

Ekmek yapım kalitesinde etkili olan kromozomların sıralanışı $1D > 1B > 1A$ ve $6A > 6B = 6D$ şeklinde bulunmuştur. Kalite için en iyi genotip, nullisomik $1A$ -tetrasomik $1D$ 'dir (Rogers, Rickatson, Sayers, Law, 1990).

Gliadin protein bant örnekleri ile makarnalık buğdayda gluten dayanıklılığı arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Gliadin fraksiyonu yüksek

derecede intraspesifik varyasyon gösteren heterojen bir protein sınıfı olduğundan, çeşit teşhisi ve buğdayın evaluasyonunda akrabalık ilişkilerinin saptanmasında yardımcı olmuştur.

Ayrıca ekmek yapım kalitesi sert kırmızı kışlık buğdayların yaklaşık % 62'sinde, sert kırmızı yazlık buğdayların % 91'inde 5+10 alleli ile güçlü bir ilişkide olduğu ve sert kırmızı yazlık buğdayların % 91'i ve sert kırmızı kışlık buğdayların % 53'ünün 9 veya 10 kalite değerine sahip olduğu bulunmuştur. Kırmızı kışlık ve yumuşak beyaz buğday çeşitlerinin pasta ve kek yapımını 2+12 allelleri % 40-90 oranında olumsuz etkilemektedir. Glu-1D1'de 3+10, 2+11 allelleri de iyi ekmek yapım kalitesi ile ilişkili bulunmuştur (Lookhart, Hagman, 1993).

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1993. Tarımsal Yapı ve Üretim-1990. D.İ.E. Yayınları No: 1594, D.İ.E. Basımevi, Ankara.
- BIETZ, J.A. and BURNAUF, T. 1985. "Chromosomal control of wheat gliadin analysis by reversed phase high performance liquid chromatography". *Theor. Appli. Genet.* 70; 599-609.
- BLUMENTAL, C.S., BAKES, F., BATEY, I.L., WRINGLEY, C.W., MOSS, H.J. MARES, D.J., BARLOW, E.W.R. 1991. "Interpretation of grain quality results from wheat variety trials with reference to high temperature stress". *Australian Jour. of Agricul. Research.* 42(3), 325-334.
- BUSHUK, W. ZILLMAN, R.R. 1978. "Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus Method and Nomenclature". *Can. Jour. Plant. Sci.*, 58: 505-515.
- DIKERMAN, E. 1983. "Minerals and protein contents in hard red winter flours". *Cereal Chem.* 60: 80-81.
- JACKSON, E.A., HOLT, L.M., PAYNE, P.I. 1983. "Characterization of high molecular weight gliadin and low molecular weight glutenin subunits of wheat endosperm by two dimensional electrophoresis and the chromosomal localization of their controlling genes". *Theor. Appli. Genet.* 66: 29-37.
- LAWRENCE, G.J., SHEPHERD, K.W. 1981. "Inheritance of glutenin protein subunits of wheat". *Theor. Appli.* 29, 133-147.
- LAWRENCE, G.J. and PAYNE, P.I. 1983. "Detection by electrophoresis of oligomers formed by the association of high molecular weight glutenin of protein subunits of wheat endosperm". *Journal of experimental botany.* Vol. 34, No: 140: 254-267.
- LOOKHART, G.L., HAGMAN, KAYLA and KASARDA, D.D. 1993. "Molecular weight glutenin subunits of the most commonly grown wheat cultivars in the U.S. in 1984" *Plant Breeding* 110, 48-62.

- MIFLIN, B.J., BYERS, M., FIELD, J.M. & FAULKES, J.A. 1980. "The isolation and characterization of proteins extracted from whole milled seed, gluten and developing protein bodies of wheat". *Ann. Technol. Agric.* 29: 133-147.
- PAYNE, P.I., HOLT, L.M.L., LAW, C.N. 1981. "Structural and genetical studies on the high molecular weight subunits of wheat glutenin. Part I: Allelic variation in subunits among varieties of wheat". *Theor. Appl. Genet.* 60: 229-236.
- PAYNE, P.I., HOLT, L.M., LAWRENCE, G.J. & LAW, C.N. 1982. "Structural and genetical studies on the high molecular weight subunits of wheat glutenin 3. telocentrik mapping of the subunit genes on the long arms of the homoelogenous group 1 chromosomes". *Theor. Appl. Genet.* 63, 129-138.
- PAYNE, P.I., HOLT, L.M., LAWRENCE, G.J., LAW, C.N. 1982. "The genetics of gliadin and glutenin the major storage proteins of the wheat endosperm". *Qual. Plant. Plant. Foods Hum. Nutr.*, 31: 229-241.
- PAYNE, P.I., HOLT, Linda, JACKSON, Elizabeth., LAW, C.N. 1984. "Wheat storage proteins their genetics and their potential for manipulation by plant breeding". *Phil. Trans. R. Soc. Land. B* 304, 259, 371.
- PAYNE, P.I. 1987. "Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread making quality". *Ann. Rev. Plant Physiology*, 38: 141-153.
- ROGERS, W.J., RICKATSON, J.M., SAYERS, E.J. & LAW, C.N. 1990. "Dosage effects of chromosomes of homoelogenous groups 1 and 6 upon bread making quality in hexaploid wheat". *Theor. Appl. Genet.* 80: 281-287.
- TANJU, A.Ş. 1981. "Türk ıslah çeşidi buğdaylarında protein (Gliadin) fraksiyonları ve amino asitleri ile bunların ekmeçlik değeri üzerinde araştırmalar". TUBİTAK Yayınları No: 54.
- WALL, J.S., 1979. "The role of wheat proteins in determining baking quality". In *Recent Advances in the biochemistry of cereal* ed. D.L. Laidman, R.G. Wyn Jones 275-311.
- WRINGLEY, C.W., SHEPHARD, K.W. 1973. "Electrofocusing of grain proteins from wheat genotypes". *Ann. NY. Acad. Sci.*, 209: 154-162.