

## MAKARNALIK BUĞDAYLARDA LİPOKSİGENAZ ENZİM AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ<sup>1</sup>

### DETERMINATION OF LIPOXYGENASE ACTIVITY IN DURUM WHEATS

Eser COŞKUN<sup>2</sup>, Recal ERCAN<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

**ÖZET:** Lipoksigenazlar normal substratları olan doymamış yağ asitlerini peroksidasyona uğrattırken aynı anda ksantofil ve lütein başta olmak üzere karotenoidlerin de dolaylı oksidasyonuna (ko-oksidasyon) neden olarak rengin açılmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde üretilen başlıca makarnalık buğday çeşitlerinin ve bunlardan elde edilen irmiklerin lipoksigenaz aktiviteleri belirlenmiştir.

İrmik örneklerinde pigment miktarı 5,54 – 8,81 ppm, makarna örneklerinde ise 4,27 – 8,06 ppm arasında değişmiştir. Buğday ve irmikte enzim aktivitesi 0,099 – 0,381 ve 0,060 – 0,250 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> dak<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> arasında gözlenmiştir. Makarnada pigment kayıp oranı % 7,60 – % 22,90 olarak saptanmıştır. Durum buğdayında lipoksigenaz enzim aktivitesi arttıkça genelde makarnanın pigment miktarındaki kayıp da artmıştır.

**ABSTRACT:** Lipoxygenase catalyzes the oxidation polyunsaturated fats and also the bleaching of carotenoid pigments especially lütein and xanthophylls resulting in the discoloration. In this study the amount of lipoxygenase enzyme activity in durum wheat varieties grown in our country and also their semolina, were determined.

Pigment content varied 5,54 – 8,81 ppm in semolina samples and 4,27 – 8,06 ppm in macaroni samples. Lipoxygenase activity of durum wheats and semolina were observed between 0,099 – 0,381 and 0,060 – 0,250 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>g<sup>-1</sup> pigment loss in macaroni samples were determined to be between 7,60 % and 22,90 %.

The amount of pigment loss in macaroni increased as the lipoxygenase activity in durum wheats increased.

### GİRİŞ

Makarnalık buğdayı diğer buğday türlerinden ayıran en önemli karakteristik özelliği ihtiva ettiği yüksek sarı pigment miktarıdır. Makarnalık buğday endospermünde bulunan bu pigmentler, ekmeçlik buğday ile kıyaslandığında iki katına kadar ulaşan miktarlara sahiptirler. Bu nedenle kaliteli makarnayı da tanımlayan en önemli özelliklerinden birisi pişmemiş makarnanın rengidir. Makarnada kalite kriteri olarak aranan nitelikler; sarı parlak renk, kırılmaya dayanıklı bir yapı, pişirmede fazla su emme, dağılmama ve pişme suyunu bulandırmamadır. Bunlar içinde renk makarnanın satın alınmasında önemli bir etken olmaktadır (IRVINE 1971). Makarnalarda rengi buğdayda bulunan ksantofil, lütein ve taraksantin gibi karotenoid grubu bileşikler oluşturmaktadır.

Ancak makarna üretiminde pigment miktarında azalma olmakta ve renk ağarmaktadır. Bu duruma etken olan faktörler, irmiğin içerdiği pigment miktarı, lipoksigenaz enzim aktivitesi, irmik değirmencililiği ve makarna imalat koşullarıdır (MATSUO ve ark 1982). Makarna rengini etkileyen en önemli faktörün irmik pigmenti ve lipoksigenaz enzim aktivitesi olduğu belirtilmektedir (POLLINI 1996). Lipoksigenazlar oksidoredüktazlardan oksidazlar alt grubuna girmektedir. Lipoksidadz olarak da adlandırılan bu enzimin sistematik ismi, linoleat oksijen oksidoredüktaz olup E.C. numarası 1.13.11.12'dir (LEE 1983).

Lipoksigenaz enzimi, linoleik ve linolenik asit gibi cis cis 1,4 pentadien ünitelerini ihtiva eden yağ asitlerinin veya lipitlerinin moleküler oksijen ile oksidasyonunu sağlayan spesifik enzim grubudur. Oksidasyon sonucunda hidroperoksitler meydana gelmektedir (SHIIBA ve ark. 1991). Buğday lipidleri doymamış yağ asitleri ba-

<sup>1</sup>Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen (TOGTAG-1711) Eser COŞKUN'un Yüksek Lisans Tezinden alınmıştır.

kımından zengindir. Bu nedenle bu asitler lipoksigenaz aktivitesi için substrat oluştururlar (BHIRUD ve SO-SULSKI 1993, BHIRUD ve ark 1993). Lipoksigenazlar kendi normal substratları olan doymamış yağ asitlerini peroksidasyona uğratarken aynı anda ksantofil ve lütein başta olmak üzere karotenoidlerin de doyalı oksidasyonuna (ko-oksidasyon) neden olarak rengin açılmasına yol açmaktadır (FABRIANI ve LINTAS 1988).

Buğdayda lipoksigenaz aktivitesi; tanenin değişik kısımlarına, üretim koşullarına ve olgunluk derecesine bağlı olarak önemli oranda değişmektedir (FOX ve MULVIHILL 1982). Germ ve kepek, endosperme kıyasla sırasıyla 17 kat ve 4 kat daha fazla lipoksigenaz ihtiva etmektedir. Ayrıca lipoksigenaz aktivitesinin buğday çeşitlerinde yetiştirme koşullarına bağlı olarak 10 kat farklı olabileceği bildirilmektedir (NICOLAS ve ark 1982). Sert kırmızı buğdaylarda lipoksigenaz aktivitesi beyaz ve durum buğdaylarına kıyasla 2 kat fazladır (HOSENEY 1990).

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Araştırmada materyal olarak Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) tarafından değişik bölgelerde üretilen 1996 yılı ürünü makarnalık buğdaylar (Çizelge 1) ile buğdayların Bühler marka pnömatik taşıma sistemli otomatik laboratuvar tipi irmik değirmeninde öğütülmesi ile elde edilen irmikler kullanılmıştır.

### Yöntem

Buğday örneklerinde; hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı, tane iriliği ve camsılık tayini ULUÖZ (1965)'e göre yapılmıştır. İrmik verimi tayini ise AACC Standard No: 26-30 (ANONYMOUS 1969)'a göre belirlenmiştir. Buğday, irmik ve makarna örneklerinde; rutubet ve kül miktarı ICC Standartları No: 110-1 ve 104 (ANONYMOUS 1976 ve ANONYMOUS 1960), protein miktarı AACC Standart No: 46-10 (ANONYMOUS 1969)'a göre belirlenmiştir Pigment miktarı AACC metod No: 14-50 (ANONYMOUS 1969)'a göre, renk tayini AACC standart metod (ANONYMOUS 1982)'a göre yapılmıştır. Lipoksigenaz enzim aktivitesi, RACKIS ve ark (1972) tarafından önerilen yöntemlerin modifiye edilmesi ile belirlenmiştir. Sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesi DÜZGÜNEŞ ve ark (1987)'na göre yapılmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### Makarnalık Buğdaylar ile İrmik ve Makarnalarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Makarnalık buğdayların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı (deskriptiv) değerler ve varyans analiz sonuçları Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.

Çizelge 1. Makarnalık Buğday Örnekleri ve Lokasyonları

Buğday Çeşidi	Lokasyon
Cosmidur	Ceylanpınar
Çakmak 79	Konuklar, Altınova
Çeşit 1252	Konuklar
Diyarbakır 81	Ceylanpınar
Ege 88	Reyhanlı
Gediz 75	Reyhanlı
Kızıltan	Altınova
Kunduru-1149	Sultansuyu, Polatlı, Altınova
Salihtli-92	Ceylanpınar

Çizelge 2. Makarnalık Buğdayların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Tanımlayıcı Değerler (N=24)

Özellik	Salınım aralığı		Ortalama (X)	Standart hata (SX)
	Min	Max		
Pigment miktarı	6,11	9,98	7,53	0,24
Kül miktarı	1,25	2,11	1,64	0,05
Protein miktarı	12,40	17,90	14,23	0,30
Rutubet miktarı	9,80	11,40	10,83	0,09
1000 tane ağırlığı	28,80	53,60	40,60	1,32
Hektolitre ağırlığı	68,40	82,80	76,98	0,69
Camsı tane	34,00	92,00	70,33	3,19
Unsu tane	0,00	34,00	12,33	2,38
Dönmeli tane	8,00	32,00	17,33	1,55
2,2 mm elek üstü	1,30	33,90	14,81	2,26
2,5 mm elek üstü	10,10	37,60	26,38	1,73
2,8 mm elek üstü	9,50	86,80	50,20	5,18
Elek altı	0,30	20,60	8,24	1,40
LOX <sup>X</sup>	0,09	0,39	0,24	0,02

X Lipoksigenaz enzim aktivitesi

Çizelge 2 ve 3'den de izleneceği gibi buğdaylarda;

1. Pigment miktarı bakımından çeşitler arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli ve aynı çeşit farklı bölgede denendiği zaman farklılık önemsiz,
2. Lipoksigenaz enzim aktivitesi (LOX) bakımından çeşitler arasındaki fark % 1 düzeyinde önemli ve aynı çeşit farklı bölgede denendiği zaman da farklılık önemli bulunmuştur.
3. Kül miktarı, protein miktarı, 1000 tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı ve camsı tane bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Makarnalık buğdaylardan elde edilen irmiğin bazı kimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı (deskriptif) değerler ve varyans analizi sonuçları çizelge 4 ve 5'de verilmiştir.

Çizelge 3. Makarnalık Buğdayların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Varyans Analizi Sonuçları (Karaler Ortalaması)

Varyasyon kaynakları	Pigment miktarı	Kül miktarı	Protein miktarı	Rutubet miktarı	1000 tane ağırlığı	Hektolitreye ağırlığı	Camsu tane	Unsu tane	Dönmeli tane	2.2 mm üstü	2.5 mm üstü	2.8 mm	Elek altı	LOX <sup>x</sup>
Çeşitler arası	2.7270 <sup>xx</sup>	0,0985 <sup>xx</sup>	4,4885 <sup>xx</sup>	0,4630 <sup>xx</sup>	85,675 <sup>xx</sup>	23,753 <sup>xx</sup>	504,48 <sup>xx</sup>	284,91 <sup>xx</sup>	115,39 <sup>xx</sup>	321,72 <sup>xx</sup>	186,63 <sup>xx</sup>	1700,00 <sup>xx</sup>	122,16 <sup>xx</sup>	0,055 <sup>xx</sup>
Hata	0,0439	0,0036	0,0200	0,0017	1,012	0,068	5,33	2,67	5,33	2,46	2,8			

<sup>x</sup>Lipoksigenaz enzim aktivitesi

<sup>xx</sup>Çeşitler arası farklılık istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4 ve 5'den de izleneceği gibi makarnalık buğdaylardan elde edilen irmiklerde;

1. Pigment miktarı ve lipoksigenaz enzim aktivitesi bakımından çeşitler arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.
2. L (parlaklık, matlık), a (kırmızılık, yeşillik) ve b (sarılık, mavilik) değerleri bakımından çeşitler arası farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Makarnalık buğdaylardan elde edilen makarnaların bazı kimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı (deskriptif) değerler ve varyans analiz sonuçları çizelge 6 ve 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. İrmiklerin Bazı Kimyasal Özelliklerine İlişkin Tanımlayıcı Değerler (N=18)

Özellik	Salınım aralığı		Ortalama ( $\bar{X}$ )	Standart hata (S $\bar{X}$ )
	Min	Max		
L	83,10	87,30	85,74	0,26
a	0,90	2,20	1,38	0,09
b	18,30	25,20	21,36	0,53
Renk skoru	7,30	11,00	8,92	0,28
Pigment miktarı	5,54	8,81	7,01	0,26
LOX <sup>x</sup>	0,06	0,25	0,14	0,01
Kül miktarı	0,60	0,99	0,78	0,03
İrmik verimi	56,07	68,37	63,52	0,87
Protein miktarı	11,60	16,80	13,29	0,37
Rutubet miktarı	12,10	14,10	12,98	0,17

<sup>x</sup>Lipoksigenaz enzim aktivitesi

Çizelge 5. İrmiklerin Bazı Kimyasal Özelliklerinin Varyans Analizi Sonuçları (Kareler ortalaması)

Varyasyon Kaynakları	Pigment miktarı	Kül miktarı	İrmik verimi	Protein miktarı	Rutubet miktarı	L	a	b	Renk	LOX <sup>x</sup>
Çeşitler arası	2,583 <sup>xx</sup>	0,026 <sup>xx</sup>	28,999 <sup>xx</sup>	5,207 <sup>xx</sup>	1,119 <sup>xx</sup>	2,2391 <sup>xx</sup>	0,269 <sup>xx</sup>	10,771 <sup>xx</sup>	3,064 <sup>xx</sup>	0,006 <sup>xx</sup>
Hata	0,081	0,001	0,027	0,004	0,002	0,207	0,020	0,120	0,027	0,000

<sup>x</sup>Lipoksigenaz enzim aktivitesi

<sup>xx</sup>Çeşitler arası farklılık istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 6. Makarnaların Bazı Kimyasal Özelliklerine İlişkin Tanımlayıcı Değerler (N=18)

Özellik	Salmım aralığı		Ortalama X	Standart hata (S X)
	Min	Max		
Pigment miktarı	4,27	8,06	5,99	0,29
LOX <sup>x</sup>	0,00	0,09	0,03	0,05
Kül miktarı	0,61	0,98	0,77	0,02
Protein miktarı	11,70	16,50	13,03	0,36
Rutubet miktarı	9,80	10,70	10,01	0,03

<sup>x</sup>Lipoksigenaz enzim aktivitesi

Çizelge 7. Makarnaları Bazı Kimyasal Özelliklerinin Varyans Analizi Sonuçları (Kareler Ortalaması)

Varyasyon kaynakları	Pigment miktarı	Kül miktarı	Protein miktarı	Rutubet miktarı	LOX <sup>x</sup>
Çeşitler arası	3,2406xx	0,20672xx	4,9500xx	0,023472xx	0,06100
Hata	0,0035	0,000689	0,0022	0,001111	0,04371

<sup>x</sup> Lipoksigenaz enzim aktivitesi

<sup>xx</sup> Çeşitler arası farklılık istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli

Çizelge 6 ve 7'den de izleneceği gibi makarnalarda;

1. Pigment miktarı bakımından çeşitler arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli,
2. Lipoksigenaz enzim aktivitesi (LOX) bakımından çeşitler arasındaki farklılık önemsiz,
3. Kül ve protein miktarları bakımından çeşitler arasındaki farklılık % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Makarnalık Buğdaylar İle Bunlardan Elde Edilen İrmik ve Makarnaların Lipoksigenaz Enzim Aktivitesi**  
Makarnalık buğdaylarda lipoksigenaz aktivitesi ile irmik ve makarna üretimi sırasında değişimi Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8'den de izleneceği gibi makarnada önemli bir kalite faktörü olan ve rengi olumsuz yönde etkileyen lipoksigenaz enzimi makarnalık buğdaylarda 0,099 – 0,381 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> dak<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Ülkemizde bu konuda hiçbir çalışma yapılmadığı için mukayese olanağı bulunamamıştır. Buna karşın durum buğdaylarında lipoksigenaz enzim aktivitesinin 50-250 µl O<sub>2</sub>/dak/g arasında değiştiği ve aktivite düzeyinin ka-

Çizelge 8. Makarnalık Buğdaylar İle Bunlardan Elde Edilen İrmik ve Makarnaların Lipoksigenaz Enzim Aktivitesi

Buğday çeşidi	Lokasyon	Lipoksigenaz enzim aktivitesi (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )		
		Buğday	İrmik	Makarna
Cosmidur	Ceylanpınar	0,153	0,143 (7) <sup>x</sup>	0,06000 (100) <sup>x</sup>
Çakmak 79	Konuklar	0,381	-	-
	Altunova	0,237	0,172 (27) <sup>x</sup>	0,0989 (58) <sup>x</sup>
Çeşit 1252	Konuklar	0,260	0,162 (38) <sup>x</sup>	0,0335 (87) <sup>x</sup>
Diyarbakır 81	Ceylanpınar	0,125	0,111 (11) <sup>x</sup>	0 (100) <sup>x</sup>
Ege-88	Reyhanlı	0,306	0,139 (55) <sup>x</sup>	0,0365 (88) <sup>x</sup>
Gediz 75	Reyhanlı	0,099	0,060 (31) <sup>x</sup>	0 (100) <sup>x</sup>
Kızıltan	Altunova	0,167	0,079 (79) <sup>x</sup>	0 (100) <sup>x</sup>
Kundurdu 1149	Sultansuyu	0,260	0,250 (4) <sup>x</sup>	0,0740 (72) <sup>x</sup>
	Polatlı	0,260	-	-
	Altunova	0,357	-	-
Salihli 92	Ceylanpınar	0,250	0,153 (39) <sup>x</sup>	0 (100) <sup>x</sup>

<sup>x</sup>İrmik ve makarna üretimi sırasında % olarak lipoksigenaz enzim aktivitesindeki değişimi göstermektedir.

lıtsal olabileceği gibi çevresel faktörlerden de etkilendiği aktarılmaktadır (GARDNER 1988). Ayrıca lipoksigenaz aktivitesinin buğday çeşitlerinde yetiştirme koşullarına bağlı olarak 10 kat farklı olabileceği bildirilmektedir (NICOLAS ve ark 1982). Nitekim Çakmak-79 buğdayının Altınova lokasyonunda üretilen çeşidinde lipoksigenaz enzim aktivitesi  $0,237 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$  olmasına karşılık, Konuklar lokasyonunda üretilen çeşidinde  $0,381 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde Kunduru 1149 buğdayının Altınova lokasyonunda üretilen çeşidinde lipoksigenaz enzim aktivitesi  $0,357 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$  olmasına karşılık Sultansuyu lokasyonunda üretilen çeşidinde ise  $0,260 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 8). İrmiklerde lipoksigenaz enzim aktivitesi  $0,060 - 250 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$  arasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar durum irmiklerinde  $10 - 200 \mu\text{L O}_2/\text{dak/g}$  arasında lipoksigenaz aktivitesi belirlendiği açıklanan literatür bilgisi ile uyum içerisindedir (GARDNER 1988). Buğdaydan irmik elde edilmesi sırasında lipoksigenaz enzim aktivitesindeki azalma % 4-79 arasında değişim göstermiştir. İrmikteki bu değişim irmik randımanı ve öğütülen üründe lipoksigenaz enzimce zengin olan embriyonun uzaklaştırılma derecesinin yol açtığı açıklanmıştır (HOSENEY 1990).

Ülkemizde özellikle irmik ve makarna sanayiinde daha fazla kullanılan Kunduru-1149 ve Çakmak-79 gibi durum çeşitlerinin lipoksigenaz enzim aktivitelerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Yüksek lipoksigenaz aktiviteli buğdayların makarna renginin optimize edilmesinde proses parametrelerine bağlı olarak sorunlar yaratabileceği açıklanmıştır (GARDNER 1988). Nitekim lipoksigenaz enzim aktivitesi en düşük Gediz-75 çeşidinde ( $0,099 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) irmik ve makarna elde edilmesi sırasında pigmentte belirlenen tahribatın minimum seviyede (irmikte % 4,8, makarna % 7,6) olduğu gözlenmektedir (Çizelge 9). Buna karşılık lipoksigenaz enzim aktivitesinin yüksek olduğu Ege-88 ( $0,360 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ), Çeşit-1252 ( $0,260 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) ve Sultansuyu lokasyonunda üretilen Kunduru-1149 ( $0,260 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1} \text{ dak}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ) çeşitlerinde pigment miktarında meydana gelen tahribat yüksek olup, sırasıyla % 22,9, % 21,8 ve % 17,5 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Makarnalık Buğday ve Bunlardan Elde Edilen İrmik ve Makarnalarının Pigment Miktarları

Buğday çeşidi	Lokasyon	Pigment miktarı (ppm) <sup>x</sup>		
		Buğday	İrmik	Makarna
Cosmidur	Ceylanpınar	9,97	8,81 (11,6)**	8,06 (8,5)**
Çakmak 79	Konuklar	7,32	-	-
	Altınova	7,32	6,70 (8,46)**	5,58 (16,7)**
Çeşit 1252	Konuklar	7,08	6,80 (4,0)**	5,32 (21,8)**
Diyarbakır 81	Ceylanpınar	6,11	5,75 (5,9)**	5,15 (10,4)**
Ege-88	Reyhanlı	6,31	5,54 (12,2)**	4,27 (22,9)**
Gediz 75	Reyhanlı	9,12	8,68 (4,8)**	8,02 (7,6)**
Kızıltan	Altınova	7,11	6,66 (11,9)**	5,80 (12,9)**
Kunduru 1149	Sultansuyu	7,24	6,70 (7,7)**	5,53 (17,5)**
	Polatlı	6,93	-	-
	Altınova	6,98	-	-
Salihli 92	Ceylanpınar	8,88	7,47 (15,9)**	6,18 (17,3)**

\* Değerleri kuru madde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

\*\* İrmik ve makarna üretimi sırasında % olarak pigment miktarındaki değişimi göstermektedir.

## TEŞEKKÜR

Materyal teminindeki yardımlarından dolayı Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) yetkililerine teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- ANONYMOUS, 1960. International Association for Cereal Chemistry. ICC Standart No: 104.
- ANONYMOUS, 1969. American Association of Cereal Chemists (AACC) Approved Methods, No: 26-30, 46-10, 14-50.
- ANONYMOUS, 1976. International Association for Cereal Chemistry ICC Standard No: 110-1
- ANONYMOUS, 1982. American Association of Cereal Chemists (AACC). Approved Methods. No: 14-22.
- BHIRUD, P. R. , SOSULSKI, F. W. and SOSULSKI, K., 1983. Optimizing assay and extraction of lipoxygenase in wheat germ. J. Food Sci. 5: 1090-1094.
- BHIRUD, R. P., and SOSULSKI, F. W. 1993. Thermal inactivation kinetics of wheat germ lipoxygenase. J. Food Sci. 5: 1095-1098
- DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T., KAVUNCU, O. ve GÜRBÜZ, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metodları. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1021 Ankara.
- FABRIANI, G., and LINTAS, C., 1988. Durum Wheat Chemistry and Technology. AACC Inc. St. Paul MN. USA
- FOX, P. E., and MULVIHILL, D.M., 1982. Enzymes in wheat flour and bread in: Advances in Cereal Sciences and Technology. (Ed) Pomeranz, Y., AACC, Inc. St. Paul MN. USA
- GARDNER, H. W., 1988. Lipoxygenase pathway in cereals. In: Advances in Cereal Sciences and Technology (Ed) Pomeranz, Y., AACC. Inc. St. Paul MN. USA
- HOSENEY, R. C., 1990. Principles of Cereal Science and Technology. AACC Inc. St. Paul, MN. USA
- IRVINE, G. N., 1971. Durum wheat and pasta products. In: Wheat Chemistry and Technology, (Ed) Pomeranz, Y., AACC. Inc. St. Paul MN. USA.
- LEE, F. A., 1983. Basic Food Chemistry. AVI Inc. Westport Connecticut USA
- MATSUO, R. R., DEXTER, J. E., KOSMOLAK, F. G., LEISLE, D., 1982. Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. Cereal Chem. 59: 222-228
- NICOLAS, J., AUTRAN, M., DRAPRON, R., 1982. Purification and some properties of wheat germ lipoxygenase. J. Sci. Food Agric. 33: 365-369.
- POLLINI, C. M. 1996. THT technology in modern industrial pasta drying process In: Pasta and Noodle Technology (Ed). Kuruger, J.E., Matsuo, R.B., Dick, J.W. AACC Inc St. Paul MN. USA
- RACKIS, J. J., HONIG, D. H., SESSA, D.J., and MOSER, H. A., 1972. Lipoxygenase and peroxidase activities soybeans as related to the flavor profile during maturation. Cereal Chem. 49: 586-597.
- SHIIBA, K., NEGISHI, Y., OKADA, K., NAGAO, S., 1991. Purification and characterization of lipoxygenase isoenzymes from wheat germ. Cereal Chem. 68: 115-122
- ULUÖZ, M., 1965. Buğday, Un ve Ekmek Analizleri. E. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 57. İzmir.