İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKMEĞİN AMİNOASİT ŞELATLI DEMİR VE ÇİNKO BİLEŞİKLERİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Müh. Dilek ERCİLİ

Anabilim Dalı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ
Programı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU

TEMMUZ 2004

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKMEĞİN AMİNOASİT ŞELATLI DEMİR VE ÇİNKO BİLEŞİKLERİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Dilek ERCİLİ
506011267

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 Haziran 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Temmuz 2004

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri Yrd. Doç. Dr. Beraat ÖZÇELİK

Prof. Dr. Güldem ÜSTÜN

TEMMUZ 2004

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın tamamlanmasında büyük emeği geçen, ihtiyaç duyduğum un ve diğer katkıları temin ederek tüm ekmek denemeleri ve un analizlerini yapabilme imkanını sağlayan ve çalışmamın her aşamasında yardım ve desteklerini benden esirgemeyen başta Pakmaya - FAGEM Müdürü Sayın Sefer Sunar olmak üzere, Sayın Serhat Helvacı, Sayın Ruziye Ozan, Sayın Funda Özpınar, Sayın Melda Sürücü ve diğer tüm Fırıncılık Araştırma ve Geliştirme Merkezi (FAGEM) çalışanlarına sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca, kullandığım demir ve çinko bileşiklerini temin ettiğim Trend Gıda Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'ne, mineral analizleri sırasında sonsuz yardım ve desteğini gördüğüm Sayın Müberra Aslan'a ve diğer laboratuar çalışmalarım boyunca her soruma sabırla yanıt veren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Nalan Demir'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma süresince beni yalnız bırakmayan, manevi desteklerini her an yanımda hissettiğim çalışma arkadaşlarım ve dostlarım Esra Çapanoğlu, Funda Karbancıoğlu, Aslı Can, Dilara Nilüfer, Gözde Dalkılıç, Erkin Cura'ya ve yanımda olamasalar da tüm sıkıntıları benimle birlikte yaşayan ve paylaşan, sonsuz anlayışlarını ve şefkatlerini daima hissettiren sevgili babam Mehmet Ercili, annem Fikriye Ercili, kardeşim Serhat Ercili ve sabırla beni destekleyen sevgili halam Gülten Ercili'ye sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak, çalışmam esnasında ihtiyacım olan kaynaklara ve malzemelere kolaylıkla erişmemi sağlayan, en önemlisi, bana Pakmaya - FAGEM'de çalışma imkanını tanıyan ve değerli fikirleriyle çalışmama yön veren sayın tez hocam Prof. Dr. M. Hikmet Boyacıoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

HAZİRAN, 2004 **Dilek ERCİLİ**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **viii**
ÖZET **iv**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
2.1. Gıdaların Zenginleştirilmesi 5
2.2. Zenginleştirme İçin Uygun Gıda Maddesinin Belirlenmesi 7
2.2.1. Zenginleştirme için buğday ununun seçilmesinin nedenleri 8
2.2.2. Buğday ununun zenginleştirilmesi - Dünyadaki uygulamalar 9
2.3. Türkiye'de Besin Öğesi Eksiklikleri 10
2.4. Ekmeğin Beslenmemizdeki Yeri 12
2.5. Buğday Ununun Demir ile Zenginleştirilmesi 13
2.5.1. Demirin beslenmemizdeki yeri 13
2.5.2. Gıda zenginleştirilmesinde kullanılan demir bileşikleri 13
2.5.3. Un zenginleştirmesinde yaygın olarak kullanılan demir bileşikleri 14
2.5.3.1. Biyoyararlılıkları ve duyusal özelliklere etkilere 15
2.5.3.2. Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri 17
2.5.3.3. Toksisite 18
2.6. Buğday Ununun Çinko ile Zenginleştirilmesi 19
2.6.1. Çinkonun beslenmemizdeki yeri 19
2.6.2. Gıda zenginleştirmesinde kullanılan kullanılan çinko bileşikleri 19
2.6.2.1. Gıdanın duyusal özelliklerine etkileri 21
2.6.2.2. Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri 22
2.6.2.3. Toksisite 22
2.7 Aminoasit Şelatlarının Yapısı 22
2.7.1. Demir bisglisinat molekülü 23
2.8. Zenginleştirme İçin Gerekli Dozların Belirlenmesi 23
2.9. Buğday Ununun Depolanması Sırasında Yapısında Meydana Gelen Değişiklikler 25
2.9.1. Buğday tanesinin yapısı 25
2.9.2. Unun depolanması 25
2.9.3. İşleme ve depolama sırasında mineral miktarlarındaki değişim 26

3. MATERYAL VE METOT **27**
3.1. Materyal 27
3.2. Metotlar 28
3.2.1. Demir ve çinko bileşiklerinin una katılması 28
3.2.2. Unların depolanması 29

3.2.3. Nem Tayinleri 29
3.2.4. Hamur Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi (Fiziksel Hamur Testleri) 29
3.2.4.1. Farinogram Özellikleri 29
3.2.4.2. Ekstensogram Özellikleri 30
3.2.5. Ekmek Yapma Denemesi 30
3.2.6. Duyusal Analiz 32
3.2.7. Demir ve Çinko Analizleri 32
3.2.7.1. Numune hazırlanması 33
3.2.7.2. Hesaplamalar 33

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 34
4.1. Nem Tayinleri 34
4.2. Hamurun Reolojik Özellikleri (Fiziksel Hamur Testleri) 35
4.2.1. Demir ve çinko eklenmesinin unun farinogram özelliklerine etkisi 35
4.2.2. Demir ve çinko eklenmesinin unun ekstensogram özelliklerine etkisi 41
4.3. Demir ve Çinko Eklenmesinin Ekmek Özelliklerine Etkisi 45
4.3.1. Ekmek Hacimleri 45
4.3.2. Duyusal Analiz 48
4.4. Un ve Ekmeklerde Demir ve Çinko Miktarlarının Belirlenmesi 51

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 55

KAYNAKLAR 58

EKLER 63

ÖZGEÇMİŞ 73

KISALTMALAR

AACC	: American Association of Cereal Chemists
AAS	: Atomic Absorption Spectrophotometry
ADB/UNICEF/KAN	: Asia Development Bank/UNICEF/Kazakhstan Academy of Nutrition guidelines for Central Asia
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EC RDA	: European Commission Recommended Daily Allowence
FAGEM	: Fırıncılık Araştırma Geliştirme Merkezi
FAO	: Food and Agriculture Organization
FDA	: Food and Drug Administration
GRAS	: Generally Recognized as Safe
RDA	: Recommended Daily Allowence
UL	: Upper Limit
UNICEF	: United Nations Children's Fund
WHO	: World Health Organization
WHO/EMRO	: World Health Organization Regional Office for Eastern Mediterranean

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Bazı ülkelerde kişi başına düşen buğday tüketimi ve günlük enerjinin buğdaydan karşılanma oranları	9
Tablo 2.2.	Buğday ve farklı randımanlarda ki buğday unlarında besin öğesi miktarları	9
Tablo 2.3.	Çeşitli ülkelerde zorunlu olan buğday unu zenginleştirme standartları	11
Tablo 2.4.	Gıda zenginleştirmesinde kullanılan demir kaynaklarının çözünürlüklerine göre sınıflandırılması ve hububat ürünleri zenginleştirilmesine uygunlukları	14
Tablo 2.5.	Buğday unu zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan demir bileşikleri ve özellikleri	15
Tablo 2.6.	Gıda zenginleştirmesinde kullanılan çinko bileşikleri	19
Tablo 2.7.	Yaygın olarak kullanılan çinko bileşiklerinin nispi maliyetleri	20
Tablo 2.8.	Demir ve çinko için Avrupa Birliği tarafından belirlenen Günlük Alım Miktarları (EC RDA), günlük alınabilecek üst sınır (UL) miktarları ve diyette zenginleştirilmiş diğer gıda maddelerinin oranına bağlı olarak belirlenen güvenli %EC RDA zenginleştirme miktarları	25
Tablo 3.1.	Çalışmada kullanılan demir ve çinko bileşiklerinin fiziksel özellikleri	27
Tablo 3.2.	Demir ve çinko Günlük Önerilen Alım (EC RDA) miktarları ve zenginleştirme oranları (Kullanılan Ferrochel® ve Chelazome® miktarlarını gösterir).	28
Tablo 3.3.	Ekmek yapma denemesi koşulları	31
Tablo 4.1.	Un ve ekmeklerde nem tayini sonuçları	34
Tablo 4.2.	Un örneklerinde 12 haftalık depolama süresince elde edilen farinogram değerleri	36
Tablo 4.3.	Depolamanın unların farinogram değerleri üzerindeki genel etkilerinin varyans analiz sonuçları	39
Tablo 4.4.	Un örneklerinde 12 haftalık depolama süresince alınan ekstensogram değerleri	42
Tablo 4.5	Oniki haftalık depolamanın unların ekstensogram değerleri üzerindeki genel etkilerinin varyans analiz sonuçları	45
Tablo 4.6	Demir ve çinko eklenmesinin ekmek hacimlerine etkisi	45
Tablo 4.7	Demir ve çinko eklenmesinin ekmeğin tadına etkisinin değerlendirilmesi	49
Tablo 4.8	Demir ve çinko analiz sonuçları (kuru maddede)	51
Tablo 4.9	Demir ve çinko analiz sonuçları (yaş maddede, mg/100g)	53
Tablo A.1	Kullanılan demir ve çinko miktarlarının hesaplanması	63
Tablo C.1	Farinograf su kaldırma verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu	65
Tablo C.2	Farinograf stabilite verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu	65
Tablo C.3	Farinograf yumuşama derecesi verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu	65

Tablo C.4 Farinograf valorimetre verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu 65
Tablo C.5 Ekstensograf uzamaya direnç verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu 66
Tablo C.6 Ekstensograf uzayabilirlik verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu 66
Tablo C.7 Ekstensograf oran verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu 66
Tablo C.8 İkinci haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu 66
Tablo C.9 Dördüncü haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuclarinin değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu 66
Tablo C.10 Altıncı haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu 67
Tablo C.11 Sekizinci haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu 67
Tablo C.12 Onuncu haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu 67
Tablo C.13 Onikinci haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu 67
Tablo C.14 Demir ve Çinko eklenmesinin ve 12 haftalık depolamanın ekmek hacim değerlerine etkilerini gösteren iki yollu varyans analiz tablosu 67

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	: Aminoasit şelatlarının genel yapısı	25
Şekil 2.2	: Demir bisglisinat (Ferrochel®) molekül yapısı	25
Şekil 4.1	: Farinogram değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 için haftalara göre değişimi (a) Su kaldırma değerleri (b) Stabilite değerleri (c) Yumuşama derecesi değerleri (c) Valorimetre değerleri	38
Şekil 4.2	: Ekstensogram değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 için haftalara göre değişimi (a) Uzamaya karşı direnç (b) Uzayabilirlik (c) Oran	44
Şekil 4.3	: Kontrol, E40, E50 ve E60 kodlu ekmelerin ölçülen hacim değerlerinin haftalara göre değişimi	47
Şekil 4.4	: Demir ve çinko analiz sonuçları (a) 2. hafta (b) 12. hafta	52
Şekil B.1	: Duyusal Panel Formu	64
Şekil D.1	: İkinci haftaya ait farinogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60	68
Şekil D.2	: İkinci haftaya ait ekstensogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60	69
Şekil D.3	: Onikinci haftaya ait farinogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60	70
Şekil D.4	: Onikinci haftaya ait ekstensogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60	71
Şekil E.1	: Ekmek içi gözenek yapıları	72

EKMEĞİN AMİNOASİT ŞELATLI DEMİR VE ÇİNKO BİLEŞİKLERİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Vitamin ve mineral eksiklikleri az gelişmiş ülkelerde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Özellikle demir, A vitamini ve iyot bu konuda en öne çıkan besin öğeleri olmakla beraber, günümüzde, folik asit, B12 vitamini ve çinko eksiklikleri de hızla önem kazanmaya başlamıştır. Birçok Avrupa ülkesinde alt toplum birimlerinde (çocuklar, emzikli kadınlar vb.) de gerekli vitamin ve minerallerin belirlenen standartlardan düşük seviyelerde alındığı saptanmıştır. Temel gıda maddelerinin zenginleştirilmesi (çoğu ülke için buğday unu) toplumda eksikliği görülen besin öğelerinin tüm toplum alt gruplarına ulaştırılmasında en etkin ve ekonomik yol olarak kabul edilmektedir. Zenginleştirme, gıdada normal olarak bulunan veya bulunmayan bir veya daha fazla besin öğesinin nüfusun genelinde veya belirli grubunda kanıtlanmış olan yetersizliğin önlenmesi için gıdaya eklenmesi olarak tanımlanmaktadır.

Demir ve çinko önemli anahtar besin öğeleri olup toplumsal eksiklikleri iş performansı ve verimliliği olumsuz etkileyerek ülkelerin ekonomisini sarsan, önüne geçilmesi önem teşkil eden ciddi bir toplum sağlığı problemidir. Ülkemizde yapılan ulusal ve yöresel araştırmalar toplumumuzda beslenmeye bağlı sağlık sorunlarının halen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Özellikle bebekler, büyüme çağındaki çocuklar, gebe ve emzikli anneler besin öğesi eksikliklerinden en çok zarar gören gruplardır. Ülkemizde ağırlaşan yaşam şartları sosyo-ekonomik düzeyi düşük grupların demir ve çinkonun en önemli kaynağı olan et tüketiminin azalması ve temel besin maddesi olan ekmeğin günlük diyette yerinin artması göz önüne alınarak Türkiye'de ekmeğin zenginleştirilmesinin toplumun yaşam kalitesinin yükselmesinde olumlu etkisinin olacağı düşünülmektedir.

Buğday tanesi besin öğeleri açısından oldukça zengin olmakla birlikte vitamin ve minerallerin önemli bir kısmı öğütme sırasında buğdaydan ayrılan kepek ve embriyo kısımlarında bulunmaktadır. Bu nedenle, un randımanına bağlı olarak vitamin ve mineral içeriği önemli düzeyde değişmektedir. Gelişmiş ülkelerde 1940'lardan beri uygulanmakta olan zenginleştirme işlemiyle bu kayıplar yerine konularak toplumdaki ihtiyaç doğrultusunda artan oranlarda una eklenmektedir.

Unun zenginleştirilmesinde kullanılan çok çeşitli demir ve çinko bileşikleri vardır. Buğday ununun zenginleştirilmesinde en yaygın kullanılan demir kaynakları demir sülfat ve elementel demir tozlarıdır. Bunun yanında biyoyararlılıkları nispeten daha yüksek olan NaFeEDTA bileşikleri ve aminoasit şelatları da kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan çinko bileşikleri ise asetat, klorid, oksit ve sülfat tuzlarıdır. Çinko aminoasit şelatlarının da diğer çinko bileşiklerine göre biyoyararlılıklarının daha yüksek olduğu yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında demir bisglisinat aminoasit şelatı ve çinko aminoasit şelatının normal beyaz Türk ekmek tipinde günlük ihtiyacın %40, %50 ve %60'ının

ekmekten karşılanacağı oranlarda kullanımının ekmeğin ve unun yapısal ve duyusal özelliklerine etkisinin ve 3 aylık depolama süresince eklenen minerallerin ekmekte kalma oranlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden temin edilen tip 650 buğday ununun demir ve çinko için RDA (Günlük Önerilen Alım)'ların %40, %50 ve %60'ının ekmekten karşılanacağı oranlarda üç farklı dozda demir ve çinko ile zenginleştirilerek 3 ay depolanmasının unun su kaldırma değerini arttırdığı gözlenmiştir. Zenginleştirme oranı en yüksek olan unda su kaldırma değeri %59,3'ten %59,7'ye yükselirken çalışılan dozlarda demir ve çinko ilavesinin unun farinogram ve ekstensogram değerlerini etkilemediği görülmüştür. Üç ay boyunca 15 günde bir yapılan ekmek denemelerinde ise RDA'in %60'ının ekmekten karşılandığı (92.80 ppm demir bisglisinat aminoasit şelatı + 160,14 ppm çinko aminoasit şelatı) oranda zenginleştirmenin ekmek hacimlerinde belirgin bir düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Demir ve çinko ilavesi ekmek içi gözenek yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmazken, yapılan duyusal panellerde 3 aylık depolama süresi sonunda ekmeğin tat özelliklerini de etkilemediği ortaya konmuştur. Un ve ekmeklerde yapılan demir ve çinko analizlerinde, ekmek yapımı sırasında demir ve çinko miktarlarında kayıp olmadığı, tersine yüksek miktarların elde edildiği gözlenmiştir. Buna göre, çalışmanın çıkış noktası olan günde 350 g ekmekten alınabilecek demir miktarlarının 2. hafta sonuçlarına göre RDA'in %40'ı %50'si ve %60'ı baz alınarak zenginleştirilen ekmekler için sırasıyla 4.98 mg, 5.58 mg ve 7.21 mg ve çinko miktarlarının 3.175 mg, 2.860 mg ve 5.012 mg olduğu, 12. hafta sonuçlarına göre ise yine aynı sırayla demir miktarlarının 8.967 mg, 11,701 mg ve 11.000 mg, çinko miktarlarının ise 4.074 mg, 5.786 mg ve 5.289 mg olduğu tespit edilmiştir. İki durumda da hedeflenen günlük alım miktarları karşılanabilmektedir.

FORTIFICATION OF BREAD WITH AMINOACID CHELATED IRON AND ZINC COMPOUNDS

SUMMARY

Vitamin and mineral deficiencies constitute an important problem in all over the world especially in under-developed countries. Iron, vitamin A and iodine are the micronutrients of which the populations are mostly deficient. Furthermore, folic acid, vitamin B12 and zinc deficiencies are rapidly becoming widespread all over the world. Besides underdeveloped regions, today, many of the European countries are facing micronutrient deficiencies in population subgroups. Fortification of food staples, it is flour at most, has been shown to be the most cost-effective and simple way to deliver micronutrients to all sections of the population. Fortification is defined as addition of micronutrients to foods that may or may not be present in the food to levels which will meet the demonstrated need within the general population for those micronutrients.

Iron and zinc are important for many body reactions and the health consequences of their deficiencies include learning disabilities, illness, premature deaths and reduced working capacity. Profound effects on working performance and productivity effects the economical statues of the countries, so fortification of food staples must be considered as a high priority by the nations. National and local researches have revealed that in Turkey, disorders related to nutritional inadequencies are still important health consequences.

Wheat as a whole is rich in certain vitamins and minerals but most of the micronutrients exist in the bran and germ of the kernel which are the parts that are separated from wheat during milling. As a result, with decreasing extraction yield, micronutrient content of flour also decreases. In developed countries, flour is being fortified considering those losses and needs in the nutritional status of the population for more than 40 years.

There are various iron and zinc compounds used in wheat flour fortification. Most commonly used iron fortificants for wheat flour are ferrous sulphate, and elemental iron powders. Besides, NaFeEDTA and iron aminoacid chelates which have relatively high bioavailabilities are also used. Commonly used zinc compounds are acetate, chloride, oxide and sulphate salts of zinc. Zinc aminoasit chelates are the new zinc compounds which are proved to have relatively high bioavailability.

The scope of this study is to determine the sensory and textural effects of iron and zinc fortification on Turkish white bread. Iron bisglycinate aminoacid chelate and zinc aminoacid chelate are added to flour in 3 different ratios determined aiming to meet 40%, 50% and 60% of daily requirements from bread consumption. Fortified flours are stored for 3 months and breads are made every 2 weeks. Flours and breads are analyzed for structural chages, retention ratios for iron and zinc, and also sensory characteristics.

Addition of iron and zinc in three different ratios that would meet the 40%, 50% and 60% of the RDA's of the minerals to Type 650 wheat flour obtained from various districts of Turkey has been found to cause an increase in the water absorption of the flour. Water absorption value has been found to increase from 59.3% to 59.7% in the flour with the highest fortification level (92,80 ppm iron bisglycinate aminoacid chelate + 160.14 ppm zinc aminoacid chelate). On the other hand, addition of iron and zinc at the studied levels has been found to cause no significant effects in the farinograph and extensigraph values of the flour during 3 months storage. Breads made every two weeks were analyzed for volumes and sensory changes. Volumes of the breads made from the flour with the highest fortification levels were found to be significantly lower from the control breads. Determination of iron and zinc amounts in flours and breads have showed that there were no mineral losses during bread making. On the contrary,mineral amounts were found to be higher in breads than expected. It was found that 350 g bread/day would supply 498 mg, 5.80 mg, and 7.21 mg's of iron and 3.175 mg, 2.86 mg, and 5.01 mg of zinc at the end of second weeks analysis and 8.79 mg, 11.70 mg, and 11.00 mg of iron and 4.07 mg, 5.79 mg, and 5.29 mg of zinc at the end of the twelfth weeks analysis for the three respective fortification levels. Both are adequate to meet the expected daily iron and zinc intake from the bread.

1. GİRİŞ

Vitamin ve mineral eksiklikleri az gelişmiş ülkelerde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Özellikle demir, A vitamini ve iyot bu konuda en öne çıkan besin öğeleri olmakla beraber, günümüzde, folik asit, B12 vitamini ve çinko eksiklikleri de hızla önem kazanmaya başlamıştır.

Birçok Avrupa ülkesinde, bazı toplum alt gruplarında da (çocuklar, hamileler, vs.) gerekli vitamin ve minerallerin belirlenen standartlardan düşük seviyelerde alındığı saptanmıştır (Flynn, 2003).

Gelişmiş ülkelerde sosyo-ekonomik düzeyin yükseltilmesi, çevre faktörlerinin iyileştirilmesi, tıp ve sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi sayesinde beslenme bozukluğu ve enfeksiyon hastalıkları daha az rastlanır hale gelmiştir. Buna karşın, sosyo-ekonomik koşulların çağdaş düzeye erişemediği ülkemizde, özellikle gecekondu bölgelerinde ve kırsal kesimlerde, yetersiz beslenme önde gelen sorunlardandır. Bu bölgelerde protein-enerji yetersizliklerinin yanında vitamin-mineral eksikliği de göz ardı edilemeyecek kadar önem taşımaktadır (Wetherilt ve diğ., 1992).

Temel gıda maddelerinin zenginleştirilmesi (çoğu ülke için buğday unu) toplumda eksikliği görülen besin öğelerinin tüm toplum alt gruplarına ulaştırılmasında en etkin ve ekonomik yol olarak belirlenmiştir (Johnson, 2000). Zenginleştirme, gıdada normal olarak bulunan veya bulunmayan bir veya daha fazla besin öğesinin nüfusun genelinde veya belirli grubunda kanıtlanmış olan yetersizliğin önlenmesi için gıdaya eklenmesi olarak tanımlanmaktadır (Ekşi ve diğ., 1996).

Demir eksikliği, Afrika, Asya ve Latin Amerika'da bebekler, çocuklar ve doğurganlık dönemindeki kadınların %50'sini etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. Bu toplumlarda nüfusun yaklaşık yarısı demir eksikliğinin en ciddi tipi olan demir eksikliği anemisiyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Anemi bebek ve çocuklarda büyümeyi, entellektüel ve psikomotor gelişmeyi etkilemekte ve enfeksiyonlara direnci azaltmakta, yetişkinlerde ise

kronik yorgunluk, isteksizlik ve konsantrasyon eksikliğine neden olmaktadır. Annede anemi ise bebekte büyüme geriliğine, düşük doğum ağırlığına, anne ve bebek ölümlerine yol açmaktadır. Demir eksikliği anemisi, iş performansı ve verimliliği olumsuz etkileyerek ülkelerin ekonomisini sarsan, önüne geçilmesi önem teşkil eden ciddi bir toplum sağlığı problemidir (DPT, 2001; Hurrel ve diğ., 2002; Salgueiro ve diğ., 2002). Wetherilt ve diğ. (1992) tarafından 7 – 17 yaşlarında 960 çocuk arasında yapılan bir araştırma Türkiye'de aneminin önemli bir beslenme problemi olduğunu ortaya koymuş, araştırma sonuçları bireylerin %54.3'ünün kan hematokrit seviyelerinin düşük olduğunu göstermiştir. Doğum öncesi ve doğum sonrası dönemlerdeki kadınlardan alınan kan örneklerinin ferritin, demir konsantrasyonları bakımından incelendiği diğer bir araştırmada ise hamileliğin geç dönemlerinde %52.3, hamilelik sonrası dönemde de %39.0 oranlarında ferritin eksiklikleri görülmüştür (Açkurt ve diğ., 1995).

Çinko da önemli anahtar besin öğelerinden birisi olup iyot ve demir gibi, eksikliğinin giderilmesi için tüm dünyada acil önlemler alınması gereken bir mineraldir (Ranum, 2001; Reilly, 2002). Dünyada çinko eksikliği oranı gelişmiş ülkelerde %10 iken az gelişmiş ülkelerde bu oran %61'lere kadar çıkmaktadır.

Çinko vücutta birçok enzim ve protein zincirinin yapısında yer almaktadır (Reilly, 2002). Özellikle beyin gelişimi süresinde demir ve çinkodan yetersiz diyetle beslenen hayvanlarda norepinefrin ve dopamin sistemlerinde dengesizlik saptanmış ve aynı hayvanlarda kontrollere göre davranış bozuklukları ve hafıza yetersizliği izlenmiştir. Hamilelik süresince yeterli çinko alamayan farelerin yavrularında da ileri düzeyde beyin hasarı gözlenmiştir (Wetherilt, 1987).

Türkiye'de çinko yetersizliğinin önemli boyutlarda olduğu belirtilmektedir. Açkurt ve diğ. (1987, 1995) tarafından yapılan beslenme düzeyi araştırmalarında okul çağı çocuklarının %15.7'sinin (Marmara Bölgesi %18.1, İç Anadolu Bölgesi %8.4, Doğu Anadolu Bölgesi %20.6), hamileliklerinin 28 – 32. haftalarındaki gebe kadınların %72'sinin, emzikli kadınların %33'ünün çinko yetersizliği ile karşı karşıya olduğu ortaya konmuştur.

Bilindiği üzere ülkemizde temel gıda maddesi ekmek olup kişi başına tüketimi 100 – 800 g/gün arasında değişmekte (ortalama 350 – 400 g) ve günlük enerjinin yaklaşık

%40'ı ekmekten sağlanmaktadır. Bu değer, düşük sosyo – ekonomik düzeydeki gruplarda ise %60 – 70'e yükselmektedir. T.S.K.'da günlük ekmek tüketimi 900 g'a kadar çıkmaktadır (Açkurt, 2004). Buna göre ekmek, zenginleştirme için en uygun araç olarak kabul edilmektedir.

Dünyada gıda maddelerinin zenginleştirilmesinde çok çeşitli demir ve çinko bileşikleri kullanılmaktadır. A.B.D. Gıda ve İlaç İdaresi, FDA tarafından "Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen", GRAS statüsünde listelenen demir bileşikleri; elementel demir, demir (ferrus) askorbat, demir karbonat, demir sitrat, demir fumerat, demir glukonat, demir laktat, demir sülfat, demir (3) amonyum sitrat, demir (3) klorid, demir (3) sitrat, demir (3) pirofosfat ve demir (3) sülfattır (Salgueiro, 2002). Yakın zamanda FDA demir bisglisinat aminoasit şelatı Ferrochel'i de GRAS statüsüne almıştır (Anon., 2003a).

Gıdaların zenginleştirilmesinde kullanılacak demir bileşiğinin seçimi öncelikle biyoyararlılığına (gastrik suda çözünürlüğü), gıdada demir emilimini destekleyen veya engelleyen maddelerin varlığına ve bireylerin beslenme durumlarına bağlı olmaktadır (Salgueiro, 2002). Uygulama dozu da oldukça önemli olup yüksek dozlarda kullanım renk değişikliği, topaklanma, istenmeyen tat oluşumu ve yağ oksidasyonu gibi teknolojik problemlere yol açabilmektedir (Hurrel, 1999).

Dünyada buğday ununun demir ile zenginleştirilmesinde en yaygın olarak kullanılan bileşikler demir sülfat ve elementel demir tozlarıdır. Bu bileşiklerin en büyük dezavantajları, sırasıyla, yağ oksidasyonunu tetiklemeleri ve düşük biyoyararlılıklarıdır. Bu bileşiklerin seçiminde maliyet de önemli bir tercih sebebi olmaktadır. Bunun yanında EDTA ve aminoasit şelatları nispeten yüksek biyoyararlılıkları ve duyusal özellikler üzerindeki az etkileri nedeniyle giderek önem kazanmaktadır. Demir bisglisinat aminoasit şelatı olan Ferrochel, yapısal özellikleri nedeniyle hububat unlarında bulunan ve çeşitli minerallerin emiliminde inhibitör görevi gören fitik asidin demiri bağlamasını engelleyerek en yüksek biyoyararlılığı sağlamaktadır (SUSTAIN, 2000; 2001; Hurrel ve diğ., 2002; Salgueiro ve diğ., 2002).

Farklı çinko bileşiklerinin insanda biyoyararlılıkları üzerine cok fazla kaynak bulunmamaktadır. Gıdaların zenginleştirmesinde kullanılan çinko tuzları çözünürlüklerine göre; çok çözünür (sülfat ve klorid), serbest çözünür (asetat) ve çok az

çözünür (karbonat ve oksit) şeklinde farklılıklar göstermektedirler. Diğer alternatif çinko bileşikleri ise Zn-glukonat ve Zn-amino asit kompleksleridir. Yapılan çalışmalarda Zn-glukonat ve Zn-histidin'in biyoyararlılıklarının Zn-sülfata göre daha fazla olduğu görülmüş ancak çalışma sayısının azlığı nedeniyle kesin sonuclara ulaşılamamıştır (Davidsson, 1999). Kılıç ve diğ. (1998) tarafından son yıllarda yapılan çalışmada Türkiye'de okul çağı çocuklarına (düşük serum-çinko konsantrasyonuna sahip çocuklar seçilmiş) çinko ile zenginleştirilmiş ekmek yedirilmiş ve çinko seviyelerinin önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Ancak kullanılan doz yüksek (2 mg Zn/kg vücut ağırlığı/gün, Zn-asetat) olduğundan sonuçlardan zenginleştirmeye yönelik yargılara varılamamıştır. Çinko bileşiklerinin gıdanın yapısal özellikleri üzerinde olumsuz etkilerine rastlanmamıştır. (Davidsson, 1999).

Bir zenginleştirme programının başarısı bir çok faktöre bağlı olup bunlardan birisi kullanılan besin öğelerinin stabilitesidir. Stabiliteyi etkileyen fiziksel ve kimyasal faktörlerden bazıları sıcaklık, nem, hava veya ışığa maruz kalmak ve asidik veya alkalin ortamlardır. Gıdanın işlenmesi, taşınması veya depolanması sırasında bu faktörlerden herhangi birine maruz kalması stabiliteyi olumsuz etkileyebilmektedir. Mineraller üretim koşullarına vitaminlere oranla daha dayanıklı olmakla birlikte ısı, hava ve ışık ile temas ettiklerinde yapılarında değişiklik meydana gelebilmektedir. Bakır, demir ve çinko gibi mineraller gıdanın nem içeriğinden de etkilenebilmekte veya protein ve karbonhidrat gibi diğer gıda bileşenleriyle reaksiyona girebilmektedirler (Pomeranz, 1992; Anon., 2003b).

Bu çalışmanın amacı demir bisglisinat amino asit şelatı (Ferrochel®) ve çinko amino asit şelatının (Zinc Chelazome®) normal beyaz Türk ekmek tipinde günlük ihtiyacın %40, %50 ve %60'ının ekmekten karşılanacağı oranlarda kullanımının unun ve ekmeğin yapısal ve duyusal özelliklerine etkisinin ve 3 aylık depolama süresince eklenen minerallerin korunumunun ve ekmekte kalma oranlarının belirlenmesidir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Gıdaların Zenginleştirilmesi

Vitamin ve mineral eksiklikleri dünya nüfusunun üçte birinden daha büyük bir bölümünü etkileyen ve öğrenme güçlüğü, zeka geriliği, bağışıklık sistemi sorunları, düşük çalışma kapasitesi, körlük, prematüre ölümler, depresyon ve daha birçok sağlık sorununa yol açtığı bilinen önemli bir toplumsal sorundur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Çocuk Fonu UNICEF'in çalışmaları, tüm dünyada besin öğesi eksikliklerinin en sık görüldüğü grupların çocuklar ve doğurganlık dönemindeki kadınlar olduğunu ortaya koymaktadır (Johnson, 2000).

Günlük besin öğesi alımlarını toplumsal bazda arttırmanın birçok yolu bulunmaktadır. Vitamin ve mineral tabletlerinin kullanılması, tarımsal faaliyetlerin bu yönde geliştirilmesi, gıda işleme ve depolama uygulamalarında farklı teknolojiler geliştirilmesi bunlardan bazıları olmakla birlikte temel gıda maddelerinin toplumda eksikliği görülen besin öğelerince zenginleştirilmesi en ekonomik yol olarak görülmektedir. A vitamini, iyot ve demir eksikliklerinin Gayri Safi Milli Hasıla'da %5'lere varabilen üretim kapasitesi düşmelerine neden olabildiği, toplumda, besin öğesi eksikliklerinin önlenmesine yönelik önlemler alınmasının ise Gayri Safi Milli Hasıla'nın %0.3'ünden daha az tutarlarla mümkün olabildiği bildirilmektedir. Dünya Bankası'nın yayınladığı Dünya Gelişim Raporu (1993)'nda belirtildiği üzere, gıda maddelerinin besin öğeleri ile zenginleştirilmesi, sağlığa yönelik girişimler arasında en ekonomik ve etkili olan uygulamadır (WHO, 1998a; Johnson, 2000; Salgueiro ve diğ., 2002).

Gıda maddelerinin toplam besinsel değerini arttırmak amacıyla, işlem sırasında kaybolan vitamin ve/veya mineral miktarlarının veya toplumun genelinde belli bir besin öğesi eksikliğini giderecek oranların gıdaya eklenmesi işlemi 'gıdaların

zenginleştirilmesi' olarak tanımlanmaktadır. Dünyada yaklaşık 60 yıldır temel gıda maddeleri besin öğelerince zenginleştirilmektedir.

Besin öğelerinin gıdalara dışarıdan eklenmesini tanımlamada üç terim kullanılmaktadır.

1- Zenginleştirme (güçlendirme): Gıdada normal olarak bulunan veya bulunmayan bir yada daha fazla besin öğesinin toplumun genelinde veya belirli bir kısmında tespit edilmiş olan vitamin ve/veya mineral eksikliklerinin giderilmesi veya önlenmesine yetecek oranlarda gıda maddesine eklenmesidir (Ekşi ve diğ., 1996; Richardson, 1999).

2- Yerine koyma: İşleme ve depolama süreçlerinde gıdadan kaybolması beklenen vitamin ve/veya mineral miktarlarının işleme öncesi seviyelere getirilecek oranlarda gıdaya eklenmesi işlemidir.

3- Standartlaştırma: Sezon, bölge farklılıkları gibi doğal etkenlerden kaynaklanan dalgalanmaların üretim sırasında eklenen besin öğesi katkılarıyla dengelenmesi işlemidir (Ekşi ve diğ., 1996).

Temel gıda maddelerinin zenginleştirilmesinin, eksikliği görülen besin öğelerinin toplumun her kesimine, özellikle takviyeye en çok ihtiyacı olan kesimine ulaşmasında en etkili, basit ve ekonomik yol olduğu bildirilmekle beraber gerekli düzenlemelere uyulmadığı takdirde bazı gıdalarda fazla doz veya uygun olmayan koşullar toplumun bazı kesimlerinin günlük önerilen alım miktarlarından yüksek dozlara maruz kalması ve beslenme dengesizliklerinin oluşması gibi sorunlara neden olabilmektedir (Ranum, 1991; Johnson, 2000). Bunun engellenebilmesi için ABD Gıda ve İlaç İdaresi zenginleştirme uygulamalarının aşağıdaki şartlar sağlandığı ölçüde başarılı ve güvenli olacağını belirtmektedir;

- Eklenen besin öğesinin eksikliğinin toplumun oldukça büyük bir kesiminde görülüyor olması,
- Zenginleştirilen gıda maddesinin toplumun besin öğesi alımlarını ciddi ölçüde etkileyecek düzeyde tüketiliyor olması,

- Eklenecek besin öğelerinin vücut fonksiyonlarında önemli işlevleri olan diğer besin öğelerinin alımında veya emiliminde olumsuz etkilerinin olmaması,
- Eklenecek besin öğesinin üretim, saklama ve tüketim koşullarında kararlılığını (stabilitesini) koruyabilmesi,
- Eklenecek bileşiğin gıdadan direkt alımlarda vücudun kullanabileceği formda olması (Ranum, 1991).

Bunlara ek olarak,

- Gıdaya eklenecek besin öğelerinin günlük diyetteki diğer besin maddelerinden gelen alımları da göz önüne alındığında gerekenden yüksek veya düşük miktarda alıma neden olmaması ve toplumun herhangi bir kesiminde yüksek doz alımına bağlı toksik etkilere neden olmayacak şekilde hesaplanmış olması,
- Gıdanın renk, tat, koku, yapı gibi fiziksel özelliklerinde olumsuz etkilere neden olmaması,
- Gerekli teknoloji ve işleme şartlarının sağlanabilmesi,
- Zenginleştirme işleminin getireceği ek maliyetin, hedef kitle tarafından karşılanabilir düzeyde olması,
- Kalite kontrolünün etkin bir şekilde sağlanabilmesi için merkezi işleme tabi bir gıda olması gibi maddelerin de göz önüne alınması gerekmektedir (Richardson, 1999; Salgueiro, 2002; Anon., 2003c).

2.2. Zenginleştirme İçin Uygun Gıda Maddesinin Belirlenmesi

Zenginleştirme programlarının başarısı büyük ölçüde doğru gıda maddesinin seçimine bağlıdır. Kırsal yaşamın yaygın olduğu, endüstri ve teknoloji imkanları sınırlı ve işlenmiş gıda tüketimi az olan toplumlarda uygun gıda maddesinin belirlenmesi oldukça zor olmaktadır. Zenginleştirme programları için uygun olan hazır bebek mamaları, işlenmiş meyve suları ve süt genellikle vitamin ve mineral eksikliği riski az olan,

toplumun orta ve yüksek gelir gruplarına ait kesimi tarafından tüketilmektedir. Pirinç gibi bazı temel besin maddelerinde ise, çeşitli işletmelerde çok farklı proseslere tabi tutulmaları nedeniyle gerekli teknolojinin ve kalite kontrol programlarının uygulanmasının zor olduğu bildirilmektedir.

Beş yaş öncesi çocukluk ve hamilelik dönemleri büyüme ve gelişmenin en hızlı olduğu dönemler olmaları nedeniyle, zenginleştirilecek gıda maddelerinin seçiminin bu iki grubun tüketim bilgilerine dayandırılmasının en doğru yaklaşım olduğu belirtilmektedir.

Zenginleştirme amaçlı seçilen gıdalardan başlıcaları; şeker, tuz, buğday unu, yağlar, mısır unu ve süt olarak sayılabilir (Anon., 2003c).

2.2.1. Zenginleştirme için buğday ununun seçilmesinin nedenleri

Zenginleştirme için uygun gıdanın seçiminde tüketim profillerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yapılan 6. Dünya Gıda Araştırması (1996)'nda yayınlanan 1990 – 1992 rakamlarına göre tüm dünyada günlük enerjinin %51.2'lik kısmı hububatlardan karşılanmakta ve buğday, %19.5'lik payıyla pirinçten (%22) sonra en çok tüketilen hububat olarak belirtilmektedir. Türkiye'de ise yine aynı yıl rakamlarına göre, günlük enerjinin %43.5'i buğday ve buğday ürünlerinden karşılanırken pirincin payı %1.6'dır (FAO, 1996). Buğday, 1998 üretim dönemi rakamlarına göre de tüm dünyada 250 bin hektarlık üretim alanı ile mısırdan sonra en fazla yetiştirilen ve tüketilen hububat olmakla birlikte özellikle ABD ve Orta Doğu ülkelerinde günlük enerjinin büyük bir kısmı buğday ürünlerinden karşılanmaktadır. Tablo 2.1'de buğdayın çeşitli ülkelerdeki tüketim miktarları ve günlük enerji ihtiyacını karşılama oranları verilmektedir (Reilly, 2002; Anon., 2003c; Anon., 2003d). Buna göre, buğdayın zenginleştirme için iyi bir araç olduğu söylenebilir.

Tablo 2.1. Bazı ülkelerde kişi başına düşen buğday tüketimi ve günlük enerjinin buğdaydan karşılanma oranları (Ranum, 1999; Anon., 2003d)

Ülke	Tüketim (g/gün)	Günlük enerji karşılama oranı (%)
Pakistan	310 – 318	45
Türkiye	484 – 532	44
Suriye	490 – 592	44
Mısır	395 – 397	35
Yunanistan	371	28
Kuzey Afrika	191	18

Doğal haliyle buğday tanesi tiamin (B1 vitamini), riboflavin (B2 vitamini), niasin, piridoksin (B6 vitamini), E vitamini, demir ve çinko açısından oldukça zengindir. Bununla birlikte, vitamin ve minerallerin önemli bir kısmı kepek ve embriyoda bulunmakta ve öğütme işlemi sırasında büyük oranlarda kayıp meydana gelmektedir. Bu nedenle, düşük randımanlı unlarda kayıp daha fazla olmaktadır (Atwell, 2001). Tablo 2.2'de buğdaydan farklı randımanlardaki unlara geçişte meydana gelen besin öğesi kayıpları görülmektedir.

Tablo 2.2. Buğday ve farklı randımanlarda ki buğday unlarında besin öğesi miktarları (WHO, 1998b; Atwell, 2001)

	Buğday	%85	%70	%40
Tiamin (µg/g)	3.73 – 4.6	3.0	0.70 – 1.0	1.0
Riboflavin (µg/g)	0.8 - 1.70	0.6	0.3 - 0.70	0.2
Niasin (µg/g)	55.6	17.0	7.0 - 8.50	7.0
Piridoksin (B6 vitamini) (µg/g)	5.0	3.0	1.5	1.0
Folat (µg/g)	0.57	0.51	0.31	0.1
E vitamini (µg/g)	10.0	İz miktarda	İz miktarda	İz miktarda
Demir (µg/g)	30.8 – 40.0	25	14.2 – 15	15
Çinko (µg/g)	30.0 – 37.7	24.0	9.0	7.0

2.2.2. Buğday ununun zenginleştirilmesi – Dünyadaki uygulamalar

Gelişmiş ülkelerde buğday unu genellikle B1, B2 vitaminleri, niasin ve demir ile zenginleştirilmekle birlikte A ve D vitaminlerinin de una katıldığı uygulamalar vardır. Bugün birçok ülkede buğday ununun zenginleştirilmesi yasalarla zorunlu hale getirilmiştir. Düşük maliyet ve uygulama kolaylığı, diğer ülkelerde de besin öğesi

eksiklikleriyle savaşmada un zenginleştirmesini en çok araştırılan yöntem haline getirmiştir (Anon., 2003d).

Tablo 2.3'de buğday ununun besin öğelerince zenginleştirilmesinin zorunlu olduğu bazı ülkelerde uygulanan zenginleştirme programları görülmektedir.

2.3. Türkiye'de Besin Öğesi Eksiklikleri

Gelişmiş ülkelerde sosyo-ekonomik düzeyin yükseltilmesi, çevre faktörlerinin iyileştirilmesi, tıbbın ve sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi sayesinde beslenme bozukluğu ve enfeksiyon hastalıkları daha az rastlanır hale gelmiştir. Oysa, sosyo-ekonomik koşulların çağdaş düzeye erişemediği ülkemizde özellikle gecekondu bölgelerinde ve kırsal kesimlerde yetersiz beslenme önde gelen sorunlardandır. Protein-enerji yetersizliklerinin yanında vitamin-mineral eksikliği de göz ardı edilemeyecek kadar önem taşımaktadır.

Türkiye'de ortalama diyet birçok besin öğesinin ve enerjinin günlük önerilen miktarlarını karşılamaya yeterli olmakla birlikte, hayvansal proteinler, kalsiyum, A vitamini ve riboflavin alımlarının Günlük Önerilen Alım (RDA) miktarlarının altında olduğu bildirilmektedir. Bölgesel araştırma sonuçlarına göre alınan enerji ve besin öğesi miktarları aile yapısındaki farklılıklar, alt toplum grupları (çocuklar, hamile kadınlar vb.) ve iklimsel etkilere göre değişmektedir. Gıda tüketim profilini en çok etkileyen etmenler ise gelir ve eğitim düzeyleridir.

Tablo 2.3. Çeşitli ülkelerde zorunlu olan buğday unu zenginleştirme standartları (Maberly, 2002; Bowley, 2003)

Ülke	B1 vitamini (ppm)	B2 vitamini (ppm)	Niasin (ppm)	Folik asit ppm)	D vitamini (IU/kg)	B6 vitamini (ppm)	Pantotenik asit (ppm)	Demir (ppm)	Magnezyum (ppm)	Kalsiyum (ppm)	Çinko (ppm)
ABD	6.4	4.0	52.9	1.54	-	-	-	44.1		2110	-
ABD*	4.0	2.43	33.1	0.95	-	-	-	27.6	-	1320	-
Kanada ve BM	6.4	4.0	53.0	1.5	-	3.1	13.0	44.0	1900	1500	-
Kanada*	4.0	2.4	33	1.0	-	1.4	6.0	27.6	900	660	-
İngiltere	≥2.4	-	≥16.0	??	-	-	-	≥16.5	-	2350 - 3900	-
Nijerya	4.5 – 5.5	2.7 – 3.3	35.5 – 44.4	-	-	-	-	28.9 – 36.7	-	1110	-
Endonezya	2.5	4.0	-	-	-	-	-	50	-	-	30
Suudi Arabistan	≥6.38	≥3.96	≥52.91	1.5	≥551.15	-	-	≥36.30	-	≥2115	
Güney Afrika	2.5	4.0	23.68	2.0	-	2.63	-	35	-	-	30
WHO/EMRO: Orta Doğu	-	-	-	1.5	-	-	-	30/60	-	-	-
ADB/UNICEF/ KAN: Orta Asya	2.0	3.0	10	1.5	-	-	-	50	-	-	22

*Zenginleştirilmiş ekmek standartları

Demir eksikliğine bağlı anemi çocuklar ve doğurganlık dönemindeki kadınlarda en sık rastlanan beslenme kaynaklı problem olup kırsal alanlarda problem şehirlere oranla daha fazladır (FAO, 2001).

Wetherilt ve diğ. (1991) tarafından yürütülen bir araştırmada Marmara, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde 7 – 17 yaş arası çocuklarda kan vitamin ve mineral seviyeleri tespit edilmiş ve başta B2 (%89.9) ve B6 (%83.3) vitaminleri olmak üzere B1 vitamini (%20.1), folik asit (%23.3), C vitamini (%43.0), E vitamini (%21.8), D vitamini (%54.6), demir (%6.1) ve çinko (%15.7) eksikliklerinin önemli düzeyde olduğu görülmüştür. Vitamin ve mineral eksikliklerine bağlı anemi durumunu gösteren kan hematokrit seviyeleri ise bireylerin yarıdan fazlasında (%54.3) düşük olarak tespit edilmiş ve aneminin ülke genelinde önemli bir sağlık sorunu olduğu sonucuna varılmıştır.

Açkurt ve diğ. (1995) tarafından İstanbul ve İzmit çevresinde yapılan bir araştırmada ise hamilelik öncesi ve sonrası kadınlarda beslenme durumu incelenmiş ve hamileliğin 13 – 17. haftalarında B12 vitamini (%48.8) ve folik asit (%59.7); 28 – 32. haftalarında demir (%52.3), çinko (%72.3), B2 vitamini (%38.8), B12 vitamini (%80.9), ve folik asit (%76.4); hamilelik sonrası dönemde ise demir (%39.0), B2 vitamini (%43.1), B6 vitamini (%36.4), B12 vitamini (%60.0) ve folik asit (%73.3) eksikliklerinin önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonunda Türkiye için beslenme eğitimi programlarının yaygınlaştırılması ve temel besin maddelerinin demir, çinko, kalsiyum ve B grubu vitaminleri ile zenginleştirilmesi önerilmiştir.

2.4. Ekmeğin Beslenmemizdeki Yeri

Türkiye'de kişi başına günde 350 g ekmek tüketildiği kabul edilmektedir. Ekmeğin 1 g'ının 2.7 kkal sağladığı dikkate alınırsa ekmekten sağlanan günde kişi başına enerji miktarı 350 x 2.7 = 945 kkal'dir. Bunun ortalama günlük enerji tüketimindeki payı ise 945 x 100/2200 = %43'tür. Günlük enerji gereksiniminin %43'ünü karşılayan 350 g ekmeğin, besin öğelerini aynı oranda içermediği ve RDA değerinin %43'ünü karşılamadığı bilinmektedir (Ekşi ve diğ., 1996).

Yukarıdaki durum dikkate alındığında, Türkiye'de temel gıda maddesi olan ekmek, zenginleştirme uygulamalarının amacına ulaşabilmesi için doğru bir araçtır.

2.5. Buğday Ununun Demir İle Zenginleştirilmesi

2.5.1. Demirin beslenmemizdeki yeri

Demir eksikliği, Afrika, Asya ve Latin Amerika'da bebekler, çocuklar ve doğurganlık dönemindeki kadınların %50sini etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. Bu toplumlarda nüfusun yaklaşık yarısı demir eksikliğinin en ciddi tipi olan demir eksikliği anemisiyle karşı karşıyadır. Anemi bebek ve çocuklarda büyümeyi, entellektüel ve psikomotor gelişmeyi etkilemekte, enfeksiyonlara karşı direnci azaltmaktadır. Yetişkinlerde ise kronik yorgunluk, isteksizlik ve konsantrasyon eksikliğine neden olduğu bilinmektedir. Annede anemi ise bebekte büyüme geriliğine, düşük doğum ağırlığına, anne ve bebek ölümlerine yol açmaktadır. Demir eksikliği anemisi, iş performansı ve verimliliği olumsuz etkileyerek ülkelerin ekonomisini sarsan, önüne geçilmesi önem teşkil eden ciddi bir toplum sağlığı problemidir (DPT, 2001; Hurrel ve diğ. 2002; Salgueiro ve diğ. 2002).

Aneminin nedenleri demir alımının yetersizliği, tüketilen demirin biyoyararlılığının düşük olması, parazitik enfeksiyonlar ve demir emilimini engelleyen maddeler (ör. Çay) içeren gıdaların yüksek oranda tüketimi olarak sayılabilir (FAO, 2001).

2.5.2. Gıda zenginleştirilmesinde kullanılan demir bileşikleri

A.B.D. Gıda ve İlaç İdaresi, FDA tarafından "Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen", GRAS statüsünde listelenen demir bileşikleri; elementel demir, demir (ferrus) askorbat, demir karbonat, demir sitrat, demir fumerat, demir glukonat, demir laktat, demir sülfat, demir (III) amonyum sitrat, demir (III) klorür, demir (III) sitrat, demir (III) pirofosfat ve demir (III) sülfattır (Salgueiro, 2002). Yakın zamanda FDA demir bisglisinat aminoasit şelatı Ferrochel'i de GRAS statüsüne almıştır (Anon., 2003a).

Tablo 2.4'de demir bileşiklerinin çözünürlüklerine göre sınıflandırılması ve hububat ürünleri zenginleştirilmesinde kullanım durumları görülmektedir.

Gıdaların zenginleştirilmesinde kullanılacak demir bileşiğinin seçimi öncelikle biyoyararlılığına (gastrik suda çözünürlüğü), gıdada demir emilimini destekleyen veya engelleyen maddelerin varlığına ve bireylerin beslenme durumlarına bağlı olmaktadır (Salgueiro, 2002). Uygulama dozu da oldukça önemli olup yüksek dozlarda kullanım renk değişikliği, topaklanma, istenmeyen tat oluşumu ve yağ oksidasyonu gibi teknolojik problemlere yol açabilmektedir (Hurrel, 1999).

Tablo 2.4. Gıda zenginleştirmesinde kullanılan demir kaynaklarının çözünürlüklerine göre sınıflandırılması ve hububat ürünleri zenginleştirilmesine uygunlukları (Salgueiro, 2002).

Grup Özellikleri	**Demir bileşikleri**	**Hububat ürünleri zenginleştirmesine uygunluğu**	
Suda çözünen	Demir sülfat Demir glukonat Demir laktat Demir amonik sitrat	Yüksek biyoyararlılık Yüksek reaktivite – yağ oksidasyonunu tetikler Duyusal özellikleri etkiler	Uygun Değil
Suda az çözünen / seyreltik asitte çözünen	Demir fumerat Demir suksinat Demir sakkarat	Yüksek biyoyararlılık Düşük reaktivite – uzun depolama sürelerinde unda ransidite oluşumunu tetikler	Uygun Değil
Suda çözünmeyen / seyreltik asitte az çözünen	Demir (III) ortofosfat Demir (III) amonik ortofosfat Demir (III) pirofosfat Elementel demir tozları (elektrolitik, karbonilik, indirgenmiş)	Düşük biyoyararlılık Düşük reaktivite Duyusal özellikleri etkilemez	Uygun
Şelatlar	EDTA – Fe (III) NaFeEDTA Amino asit şelatları (demir bisglisinat aminoasit şelatı)	Yüksek biyoyararlılık Bazı formlar duyusal özellikleri etkileyebilir	Uygun

2.5.3. Buğday unu zenginleştirmesinde yaygın olarak kullanılan demir bileşikleri

Buğday unu zenginleştirilmesinde en çok kullanılan demir kaynakları demir sülfat, elementel demir tozları, NaFeEDTA ve demir aminoasit şelatlarıdır (WHO, 1998b). Bu dört demir bileşiğinin yaklaşık demir içerikleri, biyoyararlılıkları, dolar bazında maliyetleri ve buğday unu zenginleştirmesinde kullanılan ortalama dozlar Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Buğday unu zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan demir bileşikleri ve özellikleri (Anon. 2001a; SUSTAIN, 2001; Lindsay, 2002; Anon., 2003e)

Demir Bileşiği	Demir içeriği (yaklaşık, olarak, %)	Ortalama Nispi Biyoyararlılık (RBV)	Maliyet ($/kg)	Buğday unu zenginleştirilmesinde kullanılan ortalama doz (ppm)
Demir sülfat	32	100	2.40	24 – 40*
Elementel demir				
- **elektrolitik demir**	98	50	6.7	
- **H-indirgenmiş demir**	97	130 – 148	3.25	50 – 60*
- **CO-indirgenmiş demir**	97	no data	6.60	
Demir Na-EDTA	13	150 – 300	6.50 – 8.70	10
Demir bisglisinat**	20	400	90	60

*WHO/EMRO: Orta Doğuda 30 ppm ferrus sulfat veya 60 ppm elektrolitik demir kullanılmaktadır (Maberly, 2002).

**Ticari olarak Ferrochel adıyla Albion® Laboratories, Clearfield, UT, ABD tarafından satılmaktadır.

2.5.3.1. Biyoyararlılıkları ve duyusal özelliklere etkileri

Demir sülfat iki formda mevcuttur: heptahidrat ve kuru demir sülfat. Hepta hidrat formu yüksek nispi biyoyararlılığa sahiptir ve demir biyoyararlılık çalışmalarında referans standart olarak kullanılmaktadır (Hurrel, 1999). Hububatlarda doğal olarak bulunan fitik asit buğday tanesinin özellikle dış kısımlarında olmak üzere buğday ununda mevcuttur. Fitik asidin antioksidan, anti kanserojen ve kalp hastalıklarını önleyici etkilerinin yanında demir emilimini engelleyen bir inhibitör olma özelliği de vardır (Febles ve diğ., 2002). Demir sülfat ile zenginleştirilmiş %80 randımanlı veya tam buğday ununda yapılan ekmeklerden demir emiliminin yaklaşık %1 oranında daha az olduğu saptanmıştır (Hurrel ve diğ., 2002).

Heptahidrat formunda renk ve nokta, benek problemleri meydana gelirken susuzlaştırılmış formları nispeten daha az problem oluşturmaktadır (Anon., 2003e). Demir sülfat yağ oksidasyonunu tetikleyerek depolama sırasında istenmeyen tat değişimlerinin oluşmasına neden olabilmektedir (Hurrel, 1999). Bu durum, yüksek randımanlı (>%82) unlarda doymamış yağ oranının fazla olması nedeniyle düşük randımanlı (72–78%) unlara göre daha olasıdır (SUSTAIN, 2001). Demir sülfat ile

zenginleştirilmiş un 4–6 haftalık depolama sonucunda yapılan duyusal panelde kabul edilemez bulunmuştur (Martinez-Navarrete ve diğ., 2002).

Asidik mide sularında çözünürlüklerinin az olmasına bağlı olarak elementel demirin biyoyararlılığı nispeten düşüktür. Son 45 yıldır yürütülen çalışmalarda elementel demirin biyoyararlılıklarının demir sülfata oranla %5 ile %145 arasında değişen çeşitli değerler aldığı görülmüştür. Bu geniş aralığın nedeni üretim metotlarındaki farklılıklar sonucu oluşan farklı fiziko-kimyasal özelliklerdir. Parçacık boyutları küçüldükçe emilim oranı da artmaktadır. Bunun yanında midede hidroklorik asit salgısındaki farklara bağlı olarak da biyoyararlılık değişebilmektedir (SUSTAIN, 2000; Hurrel ve diğ., 2002; Salgueiro ve diğ., 2002). Elektrolitik demir, demir sülfata oranla %50 daha az biyoyararlığa sahip olmasına rağmen diğer elementel demir çeşitleri içinde en iyi bileşik olarak gösterilmektedir. Elementel demir Kodeks tarafından da gıda zenginleştirmesinde kullanılmak üzere en iyi tercih olarak onaylanmıştır (SUSTAIN, 2000; Anon., 2003e).

Elementel demir formları, fazla reaktif olmamaları nedeniyle, hububat ürünleri ve unların zenginleştirilmesinde rahatlıkla kullanılmaktadırlar ve renk, tat ve acılaşma üzerinde minimum düzeyde olumsuz etki gösteren bileşiklerdir. İndirgenmiş demir ile zenginleştirilmiş buğday unu, yapılan duyusal panelde 7 haftalık depolama sonucunda hala kabul edilebilir bulunmuştur (SUSTAIN, 2000; Martinez-Navarrete ve diğ., 2002).

NaFeEDTA şelatı fitik asidin demiri bağlamasını engellediğinden, fitik asit içeriği yüksek gıdaların zenginleştirilmesi için uygun bir demir kaynağıdır. NaFeEDTA ile zenginleştirilmiş hububat ürünlerinde demir emilimi $FeSO_4$'a göre 2-3 kat daha fazladır (Hurrel, 1999; SUSTAIN. 2001; Anon., 2003e).

Garcia-Casal ve diğ. (2001), pH değişimlerinin demir sülfat, demir fumerat, Ferrochel ve NaFeEDTA'nın biyoyararlılıkları üzerine etkilerini incelemiş ve Ferrochel ile NaFeEDTA'nın çözünürlülüklerinin pH 2–6 arasındaki değişimlerden etkilenmediğini göstermişlerdir. Buna göre bu iki kaynaktan da alınan demir, mideden ince bağırsağa geçişteki şartlarda çözünür durumda olduğundan emilimi yüksektir. Buna ilaveten, NaFeEDTA'nın, gıdadaki toplam hem-olmayan demirin emilimini arttırma avantajına sahip olduğu da belirtilmektedir (Mendoza ve diğ., 2001).

NaFeEDTA gıdanın duyusal özelliklerini, suda çözünen demir bileşiklerine göre daha az etkilemektedir. İşlenmesi ve depolanması sırasında kararlı yapıdadır (Martinez-Navarrete, 2002), yağ oksidasyonunu tetiklemez, ancak istenmeyen renk değişikliklerine neden olabilmektedir (Hurrel, 1999).

Bir araştırmada, Ferrochel'den alınan demirin biyoyararlılığı %90.0 iken $FeSO_4$ kaynaklı demirin biyoyararlılığının %26.7 olduğu görülmektedir (40 anemik çocuğa $FeSO_4$ ve Ferrochel 5 mg/günlük dozlarda verilmiştir) (Anon., 2001b). Diğer bir araştırmada ise fitatlar ve polifenoller de eklenerek zenginleştirilmiş kahvaltılık hububatlardan demir emilimleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada bisglisinat kaynaklı demirin emilimi $FeSO_4$'e göre 2 kat daha fazla iken FeEDTA kaynaklı demirin emiliminden az miktarda düşük bulunmuştur. Demir bisglisinatın yapısal özellikleri demirin emilimini engelleyen inhibitör maddelerle etkileşimi engellemektedir (Lindsay, 2002).

Demir bisglisinatın yüksek redoks potansiyeli dolayısıyla, tam mısır ununda olduğu gibi bazı durumlarda yağ oksidasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Eğitimli panelistlerle yapılan duyusal analizlerde, panelistler mısır ürünlerindeki duyusal farkları hissedebilirken eğitimsiz bir panelde panelistler (anne ve çocuklar) herhangi bir fark bulamamıştır (Lindsay, 2002). Ferrochel'in nispeten yüksek biyoyararlılığı daha düşük dozlarda kullanılabilmesini sağlarken bu miktarların unda renk ve diğer duyusal özellikler üstünde olumsuz etki yapıp yapamayacağı halen tartışılmaktadır.

2.5.3.2. Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri

Askorbik asit demir emilimini arttırdığından, askorbik asit demir sülfat oranı kütlesel bazda 6:1 (Molar olarak 2:1) olduğunda oldukça yüksek demir emilimi sağlanmıştır. Askorbik asidin bu olumlu etkisi elementel demir kaynakları için henüz tam olarak anlaşılamamıştır (Anon., 2003e). Çocuklar üzerinde yapılan bir araştırmada, demir sülfat ile zenginleştirilmiş tam buğday unu kullanılarak yapılan ekmeklerden alınan demirin emiliminin %3.1'den, ekmek 50mg askorbik asit içeren bir içecek ile birlikte tüketildiğinde %7.5'e çıktığı saptanmıştır (Hurrel ve diğ., 2002). NaEDTA vücutta demir emilimini arttıran bir diğer bileşik olup kullanım açısından askorbik aside göre daha az sorun teşkil etmektedir (IFT, 1998). Askorbik asidin sıcaklık ve neme

dayanıksızlığı nedeniyle kullanıldığı ürünlerde özel ambalajlama gereksinimi doğmaktadır. Demirin yüksek konsantrasyonları çinko emilimini engelleyici etki yaratabildiğinden bunu önlemek amacıyla zenginleştirme işlemlerinde demir ve çinkonun 1:1 oranında katılması önerilmektedir (Salgueiro ve diğ., 2002).

NaFeEDTA'nın vücut için önemli Zn, Cu, Mg ve Ca gibi diğer minerallerin emilim mekanizmalarını olumsuz yönde ve Mn, Pb, Cd veya Al gibi potansiyel toksik elementlerin vücutta emilimini arttırıcı yönde etkileyebileceği üzerine henüz kesinleşmemiş çalışmalar mevcuttur. Hurrel ve diğ. (1994) yaptıkları çalışmada NaFeEDTA'nın Ca veya Cu'ın vücut tarafından emilmesi veya tutulmasına önemli bir etkisinin olmadığını göstermişler, hatta Cu ve Zn emilimi üzerinde bazı olumlu etkilere rastlamışlardır. Diğer bir çalışmada Davidson ve diğ. (1998) NaFeEDTA'nın sağlıklı bireylerde Mn emilimini etkilemediği sonucuna varmışlardır.

Aminoasit şelatlarının diğer minerallerin emilimine etkileri üzerine araştırmalar halen devam etmektedir. Eğer aminoasit şelat yapısı ince bağırsaklarda bozulmuyor ve hücrelere bu şekilde giriyorsa, çinko gibi diğer minerallerin emilimine etkisinin çok az olabileceği düşünülmektedir (Lindsay, 2002). Aminoasit şelatlarının (ferrochel) vitaminlerle herhangi bir etkileşiminin olmadığı yapılan çalışmalarda desteklenmiştir. Bourdonnais (Anon., 2001b), A vitamini ve Ferrochel arasında herhangi bir etkileşimin olmadığını kanıtlamış olmakla birlikte, bu konuda daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır.

2.5.3.3. Toksisite

Zenginleştirmede kullanılan demir kaynaklarının toksisiteleri de kendi aralarında değişiklik göstermektedir. Tüm zenginleştirme uygulamalarında eklenen dozlar toplumun hiçbir alt kesimini yüksek doza maruz bırakmayacak şekilde ayarlanmakla birlikte yine de kullanılan bileşiklerin toksisiteleri göz önüne alınmalıdır. Demirin fazla alımında en sık karşılaşılan yan etkilerden biri mide-bağırsak rahatsızlıklarıdır. Akut zehirlenme durumları ise daha çok çocuklarda kendini gösteren bir halk sağlığı problemi olup bu nedenle biyoyararlılığı yüksek, fakat toksik etkisi nispeten düşük demir formlarına ihtiyaç duyulmuştur. Ferrochel'in Jeppsen ve diğ. (1999) tarafından yapılan

akut, 14-günlük aralık belirleme ve 90 günlük subkronik toksisite çalışmaları sonucunda akut dozlarda $FeSO_4$'e göre daha az toksik olduğu kanıtlanmıştır.

2.6. Buğday Ununun Çinko İle Zenginleştirilmesi

2.6.1. Çinkonun beslenmemizdeki yeri

Çinko vücutta birçok enzim ve protein zincirinin yapısında yer almaktadır (Reilly, 2002). Özellikle beyin gelişimi süresinde demir ve çinkodan yetersiz diyetle beslenen hayvanlarda norepinefrin ve dopamin sistemlerinde dengesizlik saptanmış ve aynı hayvanlarda kontrollere göre davranış bozuklukları ve hafıza yetersizliği izlenmiştir. Hamilelik süresince yeterli çinko alamayan farelerin yavrularında da ileri düzeyde beyin hasarı gözlenmiştir (Wetherilt, 1987).

Çinko eksikliği en çok çocuklar, ergenlik ve doğurganlık yıllarındaki kadınlar ve yaşlılarda görülmektedir. Bir çok Asya ülkesinde, hayvansal besinler açısından eksik ve fitat içeren bitkisel kaynaklı besinler açısından zengin diyetleri nedeniyle çinko eksikliği yaygındır (Reilly, 2002).

2.6.2. Gıda zenginleştirmesinde kullanılan çinko bileşikleri

Gıda zenginleştirmesinde kullanılan çinko bileşikleri Tablo 2.6'da görülmektedir.

Tablo 2.6. Gıda zenginleştirmesinde kullanılan çinko bileşikleri (Salgueiro, 2002).

Çinko oksit	Çinko stearat
Çinko sülfat	Çinko askorbat
Çinko klorür	Çinko pikolinat
Çinko karbonat	Çinko aminoat
Çinko sitrat	Çinko histidin
Çinko asetat	Çinko metionin
Çinko glukonat	Stabilize edilmiş çinko glukonat

Farklı çinko bileşiklerinin insanda biyoyararlılıkları üzerine cok fazla kaynak bulunmamaktadır.

ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından gıda zenginleştirmesinde kullanılmak üzere GRAS statüsünde listelenen 5 adet çinko bileşiği bulunmaktadır: Çinko sülfat, çinko klorür, çinko glukonat, çinko oksit ve çinko stearat. Bunlardan çinko oksit ve çinko sülfatın nispeten daha düşük olan maliyetleri nedeniyle gıda zenginleştirmelerinde en çok kullanılan çinko bileşikleri olduğu belirtilmektedir (Rosado, 2003; Romana ve diğ., 2003). Tablo 2.7'de iki çinko bileşiğinin maliyetleri karşılaştırılmaktadır.

Tablo 2.7. Yaygın olarak kullanılan çinko bileşiklerinin nispi maliyetleri (Rosado, 2003).

	Maliyet ($ / kg)	**Çinko içeriği (%)**	**Besin öğesi maliyeti ($ / kg çinko)**
Çinko oksit	3.4	80.0	4.25
Çinko sülfat	4.15	32.0	12.96

Gıda zenginleştirmesinde kullanılan çinko tuzları çözünürlüklerine göre;

çok çözünür – çinko sülfat, çinko klorid,
serbest çözünür – çinko asetat,
çok az çözünür – çinko karbonat, çinko oksit.
şeklinde farklılık göstermektedirler (Davidsson, 1999).

Çinko oksit çinko sülfata göre daha ucuz ve reaktivitesi daha düşük olmakla birlikte çinko sülfat suda yüksek çözünürlüğü nedeniyle vücutta daha iyi emilebilmektedir. Çinko oksitin ince bağırsağın bazik ortamında çözünmez oluşu nedeniyle biyoyararlılığın daha düşük olduğu belirtilmektedir (Salgueiro ve diğ., 2002). Ancak, Romana ve diğ. (2003) çinko oksit ve çinko sülfatın buğday ürünlerinde biyoyararlılıklarını karşılaştırmış ve önemli bir fark bulamamışlardır. Fakat zenginleştirilmiş ekmek ve yulaf lapasında emilim oranları karşılaştırıldığında her iki bileşiğin de ekmekte daha yüksek biyoyararlılığa sahip olduğu belirtilmiştir. Bunun sebebi yulaf ezmesinde fitatların ekmekte olduğu gibi parçalanamayarak mineral emilimini engellemesidir. Diğer bir çalışmada iki bileşiğin mısır cipslerinden emilimleri karşılaştırılmış ve önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Rosado, 2003). Parasad ve diğ. (1993) tarafından yürütülen çalışmada ise 5 çinko bileşiğinin vücut tarafından

emilimleri karşılaştırılmış ve çinko oksitin çinko sülfat ve çinko asetata göre çok daha az emildiği gözlenmiş, sülfat ve asetat tuzları emilimi arasında fark bulunmamıştır (Parasad ve diğ., 1993).

Diğer alternatif çinko bileşikleri Zn-glukonat ve Zn-amino asit kompleksleridir. Yapılan çalışmalarda Zn-glukonat ve Zn-histidin'in biyoyararlılıklarının Zn-sülfata göre daha fazla olduğu görülmüş, fakat çalışma sayısının azlığı nedeniyle kesin sonuçlara ulaşılamamıştır (Davidsson, 1999).

2.6.2.1. Gıdanın duyusal özelliklerine etkileri

Son yıllarda yapılan bir araştırmada çinko ile zenginleştirilmiş ekmeğin Türkiye'de okul çağı çocuklarında vücut çinko miktarını önemli ölçüde arttırdığı gözlenmiştir. Fakat, seçilen çocukların düşük serum-Zn konsantrasyonuna sahip olmaları ve zenginleştirmede kullanılan çinko miktarlarının çok yüksek (2mg Zn/kg body weight/day, Zn-asetat formunda) tutulması nedeniyle, sonuçların genellenmesi doğru olmamaktadır. Araştırmada çinko eklenmesinin ekmeğin tadında ve görüntüsünde herhangi bir olumsuzluğa neden olmadığı görülmüştür (Kılıç ve diğ., 1998).

Saldamlı ve diğ. (1996) buğday ununun çinko asetat ile zenginleştirilmesinin unun reolojik özellikleri, ekmek kalitesi ve duyusal özellikleri üzerine etkilerini incelemiş ve önemli olumsuz etkilere rastlamamışlardır.

Ranhotra ve diğ. tarafından yürütülen araştırmada Fe, Zn, Ca ve Mg glukonatların beyaz tava ekmeğinin duyusal özelliklerine etkileri incelenmiş ve ekmeklerin özgül hacimlerinde azalma dışında olumsuz duyusal etkiler gözlenmemiştir (Ranhotra ve diğ., 1984).

Çinko sülfat, çinko sitrat ve çinko metioninin gıdaların duyusal özelliklerini olumsuz etkilediklerini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bunların yanında, yeni bir çinko bileşiği olan glisin ile stabilize edilmiş çinko glukonat üzerine çalışmalar devam etmektedir. Çinko sülfat bileşiği ile benzer biyoyararlılık ve toksisite değerlerine sahip olmakla birlikte stabilize çinko glukonat yüksek çözünürlük, yumuşak tat, duyusal özellikleri etkilememesi ve düşük maliyet gibi önemli özellikleriyle öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, yeni bileşik hakkında daha fazla araştırmaya gereksinimin olduğu bildirilmektedir (Salgueiro, 2002).

2.6.2.2. Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri

Diğer minerallerde olduğu gibi çinko emilimi de hububatlarda bulunan fitatlar nedeniyle engellenmektedir. Yapılan araştırmalarda, fitik asitin, işlenmiş hububat ürünlerinde kısmen fosforile edilmiş ester formlarına parçalanarak inhibitör özelliğini büyük ölçüde yitirdiği saptanmıştır (Agte, 1999). Mayalanmış ekmeklerin üretiminde, fermentasyon ve pişirme sırasında hububatların doğal yapısında bulunan fitaz enzimi, fitik asidi parçalayarak mineralleri serbest bırakmakta ve emilim büyük ölçüde artmaktadır. Ekşi hamurdan yapılan ekmekte fitat miktarlarında %66 – 97 oranında azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca, fitat miktarındaki azalmanın çinko emilimini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmektedir (Lönnerdal, 2002).

Çinko ile zenginleştirilmiş gıdaların çoğu aynı zamanda demir ile de zenginleştirilmekte ve yüksek miktarda demir ile birlikte alındığında çinko emiliminin azaldığı bildirilmektedir. Yapılan çalışmalar, antagonistik etkinin ancak 25:1 gibi yüksek demir:çinko oranlarında görüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu yüzden birçok araştırmacı zenginleştirme uygulamalarında demir-çinko molar oranının 1:1 olmasını önermektedir (Salgueiro, 2002; Rosado, 2003).

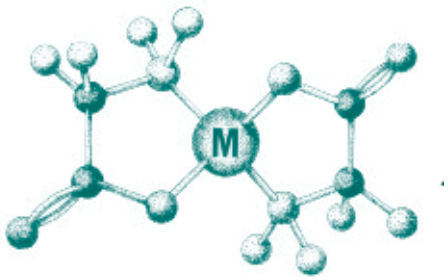
2.6.2.3. Toksisite

Çinko bileşiklerinin insanlar ve fareler üzerinde yapılan akut toksisite çalışmaları, toksik etkiye neden olabilecek çinko elementi miktarının günlük diyet ve önerilen günlük alım (RDA) miktarlarından çok daha yüksek olduğunu ve çinko eksikliğinin giderilmesinde besin maddelerinin çinko ile zenginleştirilmesinin düşük maliyetli ve güvenli bir uygulama olduğunu göstermektedir (Salgueiro, 2000).

2.7 Aminoasit Şelatlarının Yapısı

Aminoasit şelatlarının kimyasal yapısı bağırsakta emilimlerini kolaylaştırarak yüksek biyoyararlılık sağlamaktadır. Bu bağlı yapı sayesinde (bkz. Şekil 2.1) minerallerin, emilimi engelleyici inhibitör maddelerle etkileşimi önlenmektedir (Anon. 2001a).

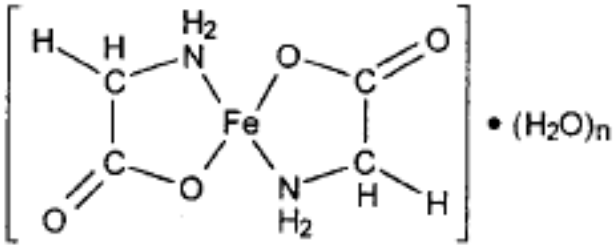
Aminoasit şelatları, bir metal iyonunun, 1 mol metale karşılık 1 – 3 (tercihen 2) mol aminoasit molekülüyle kovalent bağ yapması sonucu oluşan yapılardır.



Şekil 2.1. Aminoasit şelatlarının genel yapısı (Anon., 2001a).

2.7.1. Demir bisglisinat molekülü

Ferrochel®, iki glisin molekülünün demir (ferru) iyonuna patentli bir yöntemle bağlanması sonucu elde edilmektedir. Şelat molekülü, demir atomunu içeren iki heterosiklik halkadan oluşmaktadır (Şekil 2.2) (Anon., 2001a).



Şekil 2.2. Demir bisglisinat (Ferrochel®) molekül yapısı (Anon. 2001a).

Aminoasitler, vücut hücre duvarlarından emilimi en kolay olan yapılardan biridir. Bu nedenle mineralleri aminoasitlere bağlamak mineral emilimini önemli ölçüde arttırmaktadır (Anon., 2001a).

2.8. Zenginleştirme İçin Gerekli Dozların Belirlenmesi

Zenginleştirme uygulamalarında gıdaya eklenecek olan vitamin ve mineral dozlarının belirlenmesinde üretim, dağıtım, depolama ve tüketime kadar geçen süreçlerde oluşabilecek kayıpların göz önüne alınması gerekmektedir. Aşağıdaki örnekte tüm bunlar dikkate alınarak yapılan bir doz belirleme hesaplaması görülmektedir:

Buğday ununun 40 ppm oranında Niasin ile zenginleştirilmesi:

* Üretim sırasındaki kayıp %10

* Üretim sonrası üründe kalan oran %90

* Depolama sırasındaki kayıp %20

* Toplam kayıp = %90 x 0.20 %18

* Kalan oran %72

* Hedeflenen niasin miktarı 40 ppm

* Una eklenmesi gereken niasin miktarı

$$\frac{1}{0.72} \times 40 = 56\, ppm$$

* ek doz = 56 – 40 16 ppm

Buna göre, demir için, üç aylık depolama süresi baz alındığında, buğday ununa eklenmesi gerek ek doz 5 ppm olarak belirtilmektedir (Anon., 2003b).

Flynn ve diğ. (2003), Avrupa'da gıdaların güvenli dozlarda zenginleştirilebilmesi için hazırladıkları teorik modelde; besin öğeleri için tolere edilebilir üst sınırları, hedef kitlelerin besin öğesi alım miktarlarını, günlük diyette zenginleştirilmiş diğer gıda maddelerinin ve zenginleştirilecek gıdanın tüketim oranlarını dikkate almaktadırlar. Modelde, her besin öğesi için 100 kkal'lik porsiyonlar baz alınarak üst sınırlar belirlenmiştir. Buna göre, minerallerin (demir, çinko, kalsiyum, fosfor ve magnezyum) Avrupa Birliği Günlük Alım Miktarları (EC RDA)'nın %10 – 40'ına tekabül edecek oranlarda eklenmesi güvenli bulunmuştur (diyetteki diğer gıda maddelerinin en az %25'inin zenginleştirilmiş olduğu varsayıldığında). Tablo 2.8'de demir ve çinko için Avrupa Birliği tarafından belirlenen Günlük Alım Miktarları (EC RDA) ve günlük alınabilecek üst sınır (UL)'lar görülmektedir.

Tablo 2.8. Demir ve çinko için Avrupa Birliği tarafından belirlenen Günlük Alım Miktarları (EC RDA), günlük alınabilecek üst sınır (UL) miktarları ve diyette zenginleştirilmiş diğer gıda maddelerinin oranına bağlı olarak belirlenen güvenli %EC RDA zenginleştirme miktarları (Flynn ve diğ., 2003).

	EC RDA (mg)	**Üst sınır (mg)**	**Zenginleştirilmiş diğer gıdaların oranı**				
			%100	%50	%25	%10	%5
			% EC RDA / 100 kkal				
Demir	14	45	8	17	33	83	167
Çinko	15	40	8	16	33	81	163

2.9. Buğday Ununun Depolanması Sırasında Yapısında Meydana Gelen Değişiklikler

2.9.1. Buğday tanesinin yapısı

Buğday tanesi birçok bileşeniyle karmaşık yapıda bir tohum olmakla birlikte üç temel anatomik katmanda incelenmektedir. En dış katman olan kepek tanenin ağırlıkça %7.9 (aleron tabakasıyla birlikte yaklaşık %14)'unu oluşturmakta olup lif ve mineral açısından zengindir. Ruşeym olarak adlandırılan buğday embriyosu tanenin iç kısmındadır ve ağırlıkça %2.7 – 3'ünü kaplamaktadır. Önemli besin öğelerinin ve yağın büyük kısmı ruşeymde yoğunlaşmıştır. Buğday tanesinin kepek ve ruşeym arasında kalan iç kısmı olan endosperm tanenin %81 – 84'ünü oluşturur ve nişasta ve buğday proteini olan gluten açısından zengin olup hububat unlarının ana bileşenidir. Son olarak, endosperm ve kepek katmanlarının arasında endosperm hücrelerinin oluşturduğu ve aleron olarak adlandırılan özel katman bulunmaktadır. Aleron biyolojik aktivitesi yüksek enzimlerin toplandığı katman olmakla birlikte unun kalite özelliklerini olumsuz etkilemekte ve öğütme aşamasında kepekle birlikte taneden ayrılmaktadır (Hoseney ve diğ., 1992; Atwell, 2001).

2.9.2. Unun depolanması

Un, uygun şartlar sağlandığında, depolamaya elverişli bir gıda maddesidir. Yüksek nem içerdiğinde küf gelişimi gözlenebildiğinden nem miktarı %14 veya altında kalmalıdır.

Nem miktarının yükseldiği durumlarda mikrobiyal gelişme ve mayalanma görülebilmektedir.

Un uzun süre yüksek sıcaklıkta (>55°C) depolandığında gluten proteinlerinin yapısının olumsuz etkilendiği ve bunun sonucu olarak ekmek hacimlerinde azalma görüldüğü belirtilmektedir. Yüksek sıcaklığın neden olduğu bir diğer olumsuz etki de çeşitli böcek gelişimi ve aktiviteleridir.

Unun geçirgen yapısı çeşitli kimyasal bileşikleri yapısına almasına neden olmaktadır. Örneğin, bir organik çözücü buharına maruz kalan un çözücü kokusunu taşıyacak, hatta son ürünlerde hissedilebildiği görülecektir (Atwell, 2001).

Bell ve diğ. (1979), zayıf orta ve yüksek kuvvetli unları 3 farklı sıcaklıkta (12, 25 ve -20°C) 66 ay süreyle saklamış ve depolamanın unun ekmek yapma kalitesine etkisini incelemiştir. Buna göre, orta kuvvette ve kuvvetli unlarda 24 aylık depolama sırasında ekmek hacimlerinde farklılık görülmezken, 24. haftadan sonra hızlı bir düşüş gözlenmiştir. Ekmeklerde yağ kullanıldığında düşüş profili daha belirgin olmuştur.

Shukhnov ve diğ. (1983) unun uzun süre silolarda depolanmasının çeşitli özellikleri üzerine etkilerini incelemiş ve 1. ve 2. kalite unlarda depolama sürelerinin sırasıyla 3 ay ve 1.5 ay olmasının uygun olduğu sonucuna varmıştır.

2.9.3. İşleme ve depolama sırasında mineral miktarlarındaki değişim

Buğday veya unun depolanması sırasında mineral madde içeriğinde artış veya azalma nadir olarak gözlenmektedir. Sadece içerdiği fosforun (P) biyoyararlılığının depolama sırasında arttığı bildirilmiştir. Buğday tanesinin yapısında fosfor, inositol fosforik asitin potasyum-magnezyum tuzu olan fitin formunda bulunmakta ve hayvan vücudunda bu halde kullanılamayarak değişikliğe uğramadan atılmaktadır. Unun depolanması sırasında fitaz enzimi fitin yapısını değiştirerek suda çözünen ve vücutta emilebilen fosfor bileşiklerinin açığa çıkmasını sağlamaktadır (Pomeranz, 1992).

Mineraller üretim koşullarına vitaminlere oranla daha dayanıklı olmakla birlikte ısı, hava ve ışık maruziyetinde yapılarında değişiklik meydana gelebilmektedir. Bakır, demir ve çinko gibi mineraller gıdanın nem içeriğinden de etkilenebilmekte veya protein ve karbonhidrat gibi diğer gıda bileşenleriyle reaksiyona girebilmektedirler (Anon., 2003b).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Türkiye'nin çeşitli şehirlerinden temin edilen unlar karıştırılarak homojen bir paçal elde edilen Tip 650 un ve İstanbul'da faaliyet gösteren Trend Gıda Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilen demir bisglisinat aminoasit şelatı (Ferrochel®) ve çinko aminoasit şelatı (Chelazome®) kullanılmıştır. Tablo 3.1'de kullanılan demir ve çinko bileşiklerinin fiziksel özellikleri verilmektedir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan demir ve çinko bileşiklerinin fiziksel özellikleri (Albion)

	Ferrochel® Amino Acid Chelate, Product No. 3509	**Zinc Chelazome® Amino Acid Chelate, Product No. 3506**
Mineral içeriği	%20	%20
Renk	Haki gri – yeşil	Beyaz – krem
Yapı	Toz	Toz
Koku	Hafif metalik	Hafif tuzlu – tatlı
Yoğunluk	0.50 – 0.80 g/cc	0.90 – 1.10 g/cc
Yakma sonrası kayıp	%69 – 73	%69 – 76
Toplam azot	%10 – 11	%10 – 12
Çözünürlük	Serbest çözünür	Serbest çözünür
Nem	< %6	< %6
pH	7.5 – 8.5	7 – 8
İçindekiler	Demir aminoasit şelatı %97.5	Çinko aminoasit şelatı %98
	Maltodextrin %2	Silika (ısıl prosesten geçirilmiş) %2
	Silika (ısıl prosesten geçirilmiş) %0.5	

Ekmek yapımı sırasında kullanılan un, tuz, maya (yaş maya, Pakmaya®) ve katkı malzemesi (DOST/KS®, içindekiler: buğday unu, soya unu, antioksidan (E 300), enzim (fungal alfa-amilaz)) Pakmaya İzmit Tesislerinde yer alan Fırıncılık Araştırma Geliştirme Merkezi (FAGEM) tarafından temin edilmiştir.

Mineral analizlerinde kullanılan Perkin Elmer 3030 Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi İ.T.Ü. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü tarafından sağlanmıştır.

3.2. Metotlar

3.2.1. Demir ve çinko bileşiklerinin una katılması

Hazırlanan un dört eşit parçaya bölünmüş ve biri kontrol olmak üzere üç farklı dozda (kişi başına günlük demir ve çinko ihtiyacının %40 - %50 - %60 oranlarında ekmekten karşılanabileceği miktarlar) demir ve çinko ile zenginleştirilmiştir. Kullanılacak demir ve çinko miktarlarının belirlenmesinde yapılan hesaplamaların ayrıntıları EK A'da verilmiştir.

Denemelerde kullanılacak un hazırlandıktan bir gün sonra demir ve çinko içeriği Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC)'nin standart yöntemi (AACC, 1995 Metot 40 – 70) kullanılarak Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi (bkz. 3.2.5) ile belirlenmiş ve zenginleştirme işlemi bu miktarları tamamlayacak şekilde yapılmıştır. Zenginleştirme işlemi hazırlanan demir ve çinko ön karışımlarının unlara Winkler marka (W 80 – 160Z) spiral mikserlerde 30 dakika boyunca 2. devirde karıştırılması suretiyle yapılmıştır. Tablo 3.2'de demir ve çinko zenginleştirme oranları verilmiştir.

Tablo 3.2. Demir ve çinko Günlük Önerilen Alım (EC RDA) miktarları ve zenginleştirme oranları (Kullanılan Ferrochel® ve Chelazome® miktarlarını gösterir).

			Formülasyon 1	**Formülasyon 2**	**Formülasyon 3**
	EC RDA mg/gün	**KONTROL mg/kg un**	**U40 (%40 EC RDA) mg/kg un**	**U50 (%50 EC RDA) mg/kg un**	**U60 (%60 EC RDA) mg/kg un**
Demir	14	-	35.20	64.00	92.80
Çinko	15	-	98.43	129.29	160.14

3.2.2. Unların depolanması

Hazırlanan unlar 12 hafta boyunca Pakmaya İzmit Üretim Tesislerinde yer alan Fırıncılık Araştırma Geliştirme Merkezi (FAGEM)'nde, oda koşullarında (18±2°C, %53 bağıl nem), ışık ve nemden uzak bir şekilde depolanmış ve 15'er günlük periyotlarda gerekli un analizleri ve ekmek denemeleri yapılmıştır.

3.2.3. Nem Tayinleri

Un örneklerinde nem değerleri Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC)'nin standart yöntemi (AACC, 1995 Metot 08 – 01) kullanılarak belirlenmiştir. Ekmeklerde nem tayinleri için ise Sartorius MA 30 Model Moisture Analyzer cihazı kullanılmıştır. Un örneklerinde nem tayinleri ekmek denemelerinin yapıldığı günü izleyen birinci günde, ekmek örneklerinin nem tayinleri ise pişirme sonrası bir saatlik dinlenme sonunda gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Hamur Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi (Fiziksel Hamur Testleri)

3.2.4.1. Farinogram Özellikleri

Hazırlanan unların farinogram özellikleri 12 hafta boyunca 15'er günlük periyotlarda Brabender Farinograf cihazı kullanılarak Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC) tarafından geliştirilmiş yöntem (AACC 1995, Metot 54 – 21)'e göre belirlenmiştir.

Farinograf, hamurun yoğurma özelliklerinin belirlenmesinde yararlanılan ve unun ekmek yapım özellikleri hakkında bilgi veren bir cihazdır. Hamurun karıştırma sırasında yoğurucu paletlerine karşı gösterdiği direnç bir dinamometre vasıtası ile grafik üzerine kaydedilmektedir. Bu test ile unun su kaldırma miktarı (%) ve hamurun yoğurma sırasındaki reolojik özellikleri (stabilite (dak.), yumuşama derecesi (BU) ve valorimetre değeri) ölçülerek gluten proteinlerinin hamur oluşturma özellikleri hakkında bilgi edinilmektedir.

Farinograf ölçümlerinde iki temel yöntem kullanılmaktadır: Sabit Un Ağırlığı Yöntemi ve Sabit Hamur Ağırlığı Yöntemi (AACC, 1995). Bu çalışmada, tüm denemelerde Sabit Un Ağırlığı Yöntemi baz alınmıştır.

3.2.4.2. Ekstensogram Özellikleri

Hazırlanan unların ekstensogram özellikleri 12 hafta boyunca 15'er günlük periyotlarda Brabender Ekstensograf cihazı kullanılarak Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC) tarafından geliştirilmiş yöntem (AACC 1995, Metot 54 – 10)'e göre belirlenmiştir.

Ekstensograf, hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç ve uzama kabiliyetinin test edildiği cihazdır. Hamurun fermantasyon sırasında üretilen karbondioksit gazını tutabilmesi, uzama kabiliyeti ve uzamaya karşı gösterdiği direnç ile ilgili olmakla birlikte unun ekmeklik özelliklerini belirleyen önemli parametrelerdir. Ekstensogramlar, unun genel kalitesi ve un katkı maddelerine gösterdiği tepkiler hakkında fikir verir (AACC, 1995).

Elde edilen ekstensogramlar kullanılarak hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç (R_5 direnci) (BU), uzayabilirliği (mm) ve ikisinin oran değerleri belirlenmiştir.

3.2.5. Ekmek Yapma Denemesi

Unun ekmeklik özelliklerinin belirlenmesinde çeşitli ekmek yapma yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları doğrudan hamur yapma, aşamalı hamur yapma, hızlı yoğurma ve mekanik hamur geliştirme yöntemleridir.

Bu çalışmada ekmek denemeleri, 12 hafta boyunca depolanan dört tip (Kontrol, U40, U50 ve U60) unda, 15'er günlük periyotlarla yapılmıştır. Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği tarafından belirlenen Doğrudan-Hamur Ekmek Yapma Yöntemi – Uzun Fermentasyon Süresi (AACC 1995, Metot 10 – 09) modifiye edilerek kullanılmıştır. Ekmek yapımında kullanılan malzemeler, kullanım miktarları ve diğer ekmek yapma koşulları Tablo 3.3'de görülmektedir.

Ekmek yapım aşamalarında üç adet zenginleştirilmiş (U40, U50 ve U60) ve bir kontrol olmak üzere dört çeşit un aynı anda işlenmeye başlanmış ve ekmeklerin üretim koşulları sabit tutulmuştur.

Tablo 3.3. Ekmek yapma denemesi koşulları.

İçindekiler	Miktar (g)	Oran (%)
Un	2500	100
Su	1500	60
Tuz	37.5	1.5
Maya	100	4
Ekmek katkısı	6.25	0.25
Yoğurucu tipi	Spiral karıştırıcı (OASE- Backereim – SPK 8A, 12 kg)	
Yoğurma metodu	Doğrudan hamur yapma	
Yoğurma süresi (dak.)	10 + 2 + 2 (un, su, katkı + tuz + maya)	
Hamur sıcaklığı (°C)	22.5	
Hamur ağırlığı (g)	260	
I. Ara dinlendirme (dak.)	20	
Yuvarlayıcı tipi	Konik yuvarlayıcı (Winkler)	
II. Ara dinlendirme (dak.)	10	
Şekillendirici	Baget şekillendirici (Winkler)	
Fermentasyon (dak.)	60	
Fermentasyon koşulları	32°C, %85 bağıl nem	
Fırın tipi	Elektrik fırını (Winkler, N-Modelle)	
Fırın sıcaklığı (°C)	220	
Pişirme süresi (dak.)	20	

Ekmek yapım aşamasında hamur yapılarındaki değişiklikler gözlenmiş ve değerlendirilmiştir. Tava ve serbest tipte olmak üzere iki çeşit yapılan ekmekler piştikten sonra iki saat dinlendirilmiş ve tava ekmeklerinde hacim ve ağırlık ölçümleri alınmıştır.

Hacim ölçmede kolza tohumlarının yer değiştirmesi esasına dayanan hacim ölçme sistemi kullanılmıştır. Tüm denemeler üç paralelli yapılmıştır. Ekmek içi gözenek yapısının değerlendirilebilmesi için ekmek kesitlerinin fotokopisi çekilmiştir.

3.2.6. Duyusal Analiz

Demir bisglisinat aminoasit şelatı ve çinko aminoasit şelatı ile zenginleştirmenin ekmeğin duyusal özelliklerini etkileyerek alıştığımız ekmek tadından uzaklaşmaya neden olup olmadığını incelemek amacıyla zenginleştirilmiş ekmeklerin kontrol ile karşılaştırıldığı üçgen test duyusal analiz metodu kullanılmıştır (AACC 1995, Metot 33 – 50A). Bu testte panelistlere aynı anda üç örnek sunulmaktadır. Örneklerden ikisi aynı biri farklı olup panelistlerden farklı olan örneği belirlemeleri istenmiştir. Üçgen teste ait değerlendirme formu Şekil B.1'de verilmiştir. Duyusal panelde hepsinin daha önceden üçgen test deneyimi olan 10 panelist kullanılmış ve paneller 3'er tekrarlı olarak ekmeklerin yapımını takip eden birinci günde uygulanmıştır. Ekmek dilimleri kabuklarından arındırılmış, panelistlerden sadece tat özelliklerine göre karar vermeleri beklenmiştir.

3.2.7. Demir ve Çinko Analizleri

Demir ve çinko tayinleri, 12 hafta boyunca depolanan dört tip unda ve 15'er günlük periyotlarla yapılan dört tip ekmekte uygulanmıştır. Tüm analizler her bir un ve ekmek için üçer paralelli yürütülmüştür.

Zenginleştirme amaçlı gıdalara eklenen besin öğeleri yapılarına ve özelliklerine göre çeşitli metotlarla analiz edilebilirler. Bazı besin öğeleri, nispeten kolay olan kolorimetrik yöntemlerle belirlenebilirken, şartların uygun olduğu durumlarda spektrofotometrik veya fluorometrik analizlerle son bulan Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC) gibi daha karmaşık yöntemler de kullanılmaktadır (Anon. 2003f).

Bu çalışmada unlarda ve ekmeklerde demir ve çinko miktarlarının kantitatif olarak belirlenebilmesi için Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği tarafından belirlenen Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi Yöntemi (AACC 1995, Metot 40 – 70) izlenmiştir. Çalışmada Perkin-Elmer Model 3030 Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi kullanılmıştır. Demir ve çinko ölçümleri sırasıyla 248.3 nm ve

213.9 nm dalgaboylarında gerçekleştirilmiştir. Alev kaynağı olarak asetilen (C_2H_2) (air acetylene, oxidizing (lean, blue)) kullanılmıştır. Standart çözeltiler AACC Metot 40 – 70'de belirtildiği şekilde demir ve çinko için sırasıyla 5 ppm ve 1 – 2 ppm olarak hazırlanmıştır. Ölçümler sırasında her üç ölçümde bir kalibrasyon yapılmıştır.

3.2.7.1. Numune hazırlanması

Ekmek numuneleri AACC Metot 62 – 05'e göre hazırlanmıştır. Buna göre, farklı ekmeklerin aynı kısımlarından olmak üzere fırından çıktıktan 24 saat sonra kesilen dilimler oda koşullarında denge nemine gelene kadar kurutulmuş daha sonra tahta havanda dövülerek ~833 μm delik açıklığı olan elekten geçirilmiştir.

Un ve ekmek numuneleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisinde (AAS) kullanılmak üzere AACC Metot 40 – 70'de belirtilen şekilde asit hidrolizine tabi tutulmuştur. Buna göre, önceden temizlenmiş, etüvde kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuş porselen krozelerde un ve ekmek numuneleri 550°C'de ortalama 16 saat boyunca yakılmış ve daha sonra 10'ar ml konsantre HCl krozelerin içinde kuruyana kadar kaynatılmıştır (kontrol numunesi de bu sırada hazırlanmaya başlanmıştır). Son olarak 20'şer ml 2N HCl krozelere konularak hafifçe kaynatılmış ve hazırlanan çözeltiler 100 ml'lik balon jojelere hızlı filtre kağıdından süzülerek distile su ile 100 ml'ye seyreltilmiştir.

3.2.7.2. Hesaplamalar

$$element\ (ppm) = \frac{\mu g / ml \times 100}{numune\ agirligi\ (g)} \qquad (3.1)$$

Mineral madde miktarları ppm olarak verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Nem Tayinleri

Biri kontrol olmak üzere (Kontrol), günlük demir ve çinko ihtiyacının %40'ının (U40), %50'sinin (U50) ve %60'ının (U60) ekmekten karşılanacağı oranlarda zenginleştirilmiş olan un örneklerinin ve bu unlardan 12 hafta boyunca 2 haftada bir yapılan ekmeklerin (Kontrol, E40, E50, E60) nem tayin sonuçları Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1. Un ve ekmeklerde nem tayini sonuçları[1]

	Un (%)				**Ekmek (%)**			
	Kontrol	**U40**	**U50**	**U60**	**Kontrol**	**E40**	**E50**	**E60**
2. hafta	14,1	14,0	14,1	13,9	36,0	36,6	37,4	38,9
4. hafta	14,1	14,1	14,0	13,9	36,4	36,8	37,0	38,0
6. hafta	14,1	13,9	14,0	13,9	35,9	36,0	37,0	38,8
8. hafta	13,6	14,0	13,9	13,7	35,7	36,4	35,7	37,1
10. hafta	14,1	13,9	14,0	13,9	36,2	36,2	37,6	38,8
12. hafta	13,6	13,9	13,9	13,9	36,1	36,5	37,9	39,0

[1]Sonuçlar 3 tekrarın ortalamasıdır

Un örneklerinde nem tayinleri ekmek denemelerinin yapıldığı günü izleyen birinci günde, ekmek örneklerinin nem tayinleri ise pişirme sonrası bir saatlik dinlenme sonunda gerçekleştirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi – Buğday Unu Tebliği Madde-5b uyarınca, buğday unlarının nem oranı en fazla %14,5 olmalıdır (TGK, 1999). Tablo 4.1'de görüldüğü üzere, çalışmada kullanılan un ve zenginleştirme sonrası unların 12 haftalık nem oranları tebliğde belirlenen sınırı geçmemektedir.

Türk Gıda Kodeksi – Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'nde belirlenen ekmek ve ekmek çeşitleri kimyasal özelliklerine göre, normal ekmeğin nem içeriği en fazla %38 (m/m) olmalıdır. Diğer ekmek çeşitlerinin (kepekli ekmek, tam tane ekmeği, çavdar-

buğday ekmeği vb.) nem içerikleri ise en fazla %42 olmalıdır (TGK, 2003). Tablo 4.1'de görüldüğü üzere, çalışmada üretilen ekmeklerin nem oranları genel olarak tebliğde belirlenen sınırlar içersindedir. Zenginleştirme oranı en yüksek olan ekmek örneklerinin %38 sınırını aştığı, fakat artışın önemli düzeyde olmadığı görülmektedir.

Çalışmada unların ve üretilen ekmeklerin nem miktarları, içerdikleri demir ve çinko miktarlarının kuru ve yaş bazlarda verilebilmesi için önem taşımaktadır.

4.2. Hamurun Reolojik Özellikleri (Fiziksel Hamur Testleri)

4.2.1. Demir ve çinko eklenmesinin unun farinogram özelliklerine etkisi

Biri kontrol olmak üzere (Kontrol), günlük demir ve çinko ihtiyacının %40'ının (U40), %50'sinin (U50) ve %60'ının (U60) ekmekten karşılanacağı oranlarda zenginleştirilmiş olan un örneklerinin 12 haftalık depolama süresine ait farinograf değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Farinogramların değerlendirilmesinde bir çok parametre göz önüne alınabilmektedir. Günümüzde hububat kimyacıları tarafından yaygın olarak kullanılan parametreler; yoğurma (gelişme) süresi, stabilite, yoğurma tolerans indeksi, yumuşama derecesi ve valorimetre değeridir.

Bir unun farinogram özellikleri gluten proteinlerinin miktar ve kalitesi ile ilgilidir. Ekmek üretimi amacıyla kullanılacak unların su absorpsiyonunun yüksek olmaması, enerji ve zaman kaybı göz önüne alındığında da yoğurma süresinin çok uzun olmaması gerektiği belirtilmektedir. Bununla birlikte yoğurma süresi çok kısa olan unların ekmeklik kalitesi de genellikle düşük olmaktadır (Köksel ve diğ. 2000).

Su kaldırma değeri en çok kullanılan ve kabul gören farinograf ölçümü olmakla birlikte diğer farinogram özelliklerini en çok etkileyen fiziksel faktörlerden biridir. Su kaldırma, farinograf eğrisinin 500 – BU çizgisini ortaladığı durumda tutabilmek için harcanmış olan su miktarıdır. Un ağırlığı üzerinden % olarak ifade edilir (Shuey, 1994a; Köksel ve diğ. 2000). Su kaldırma değerinin doğru belirlenmesi, el veya makinada kolay işlenerek iyi kalitede ekmek üretimini mümkün kılan uygun kıvamdaki hamur eldesi için oldukça önemlidir.

Tablo 4.2. Un örneklerinde 12 haftalık depolama süresince elde edilen farinogram değerleri[1]

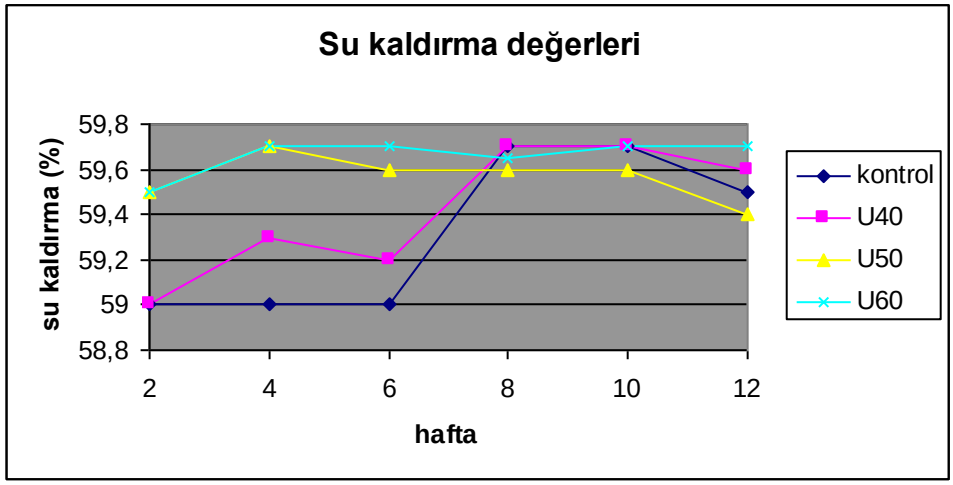
	Su kaldırma (%)	Stabilite (dak.)	Yumuşama Derecesi (BU)	Valorimetre
Kontrol				
2.hafta	59,0	3,0	110	48
4.hafta	59,0	3,5	100	52
6.hafta	59,0	3,5	110	48
8.hafta	59,7	3,5	100	50
10.hafta	59,7	3,0	110	47
12.hafta	59,5	3,0	110	50
U40				
2.hafta	59,0	3,0	100	51
4.hafta	59,3	3,0	100	50
6.hafta	59,2	3,0	110	48
8.hafta	59,7	3,5	100	50
10.hafta	59,7	4,0	100	51
12.hafta	59,6	3,0	100	53
U50				
2.hafta	59,5	3,0	110	48
4.hafta	59,7	3,5	110	48
6.hafta	59,6	3,0	130	46
8.hafta	59,6	3,5	100	50
10.hafta	59,6	4,0	100	51
12.hafta	59,4	4,0	110	50
U60				
2.hafta	59,5	3,0	100	49
4.hafta	59,7	3,0	100	48
6.hafta	59,7	3,0	120	48
8.hafta	59,7	4,0	100	50
10.hafta	59,7	4,0	100	51
12.hafta	59,7	4,5	110	51

[1]Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

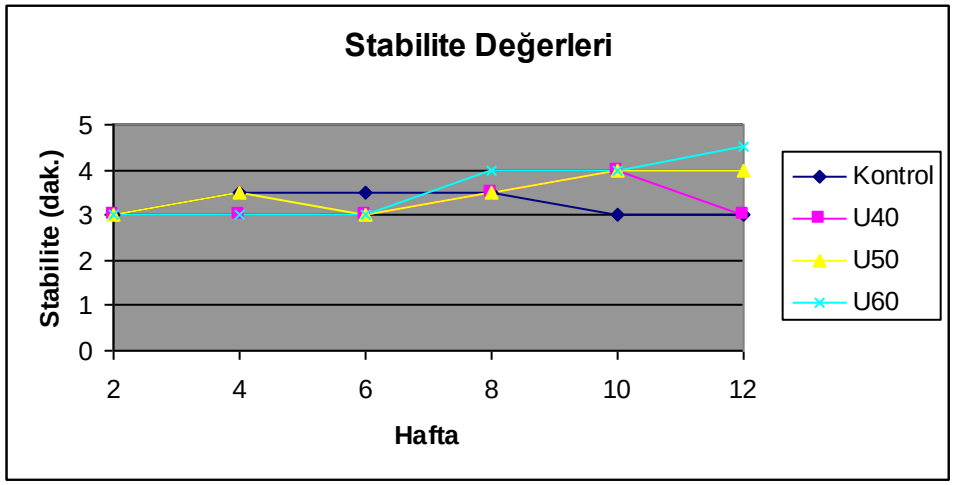
Çalışmada, unların su kaldırma, stabilite, yumuşama derecesi ve valorimetre değerleri 2'şer hafta aralıklarla belirlenmiş ve 12 hafta sonunda değerlendirilmiştir. Aynı unun farklı farinograflardan alınan su kaldırma değerleri ve farinogram eğrileri farklı

olabilmektedir. Yapılan çalışmalar su kaldırma değerlerinde 2ml/100g un oranından daha yüksek seviyelerde sapmanın olabileceğini göstermiştir (Shuey, 1994a). Bu nedenle, tüm analizler aynı farinograf cihazında, deney koşulları sabit tutularak gerçekleştirilmiştir.

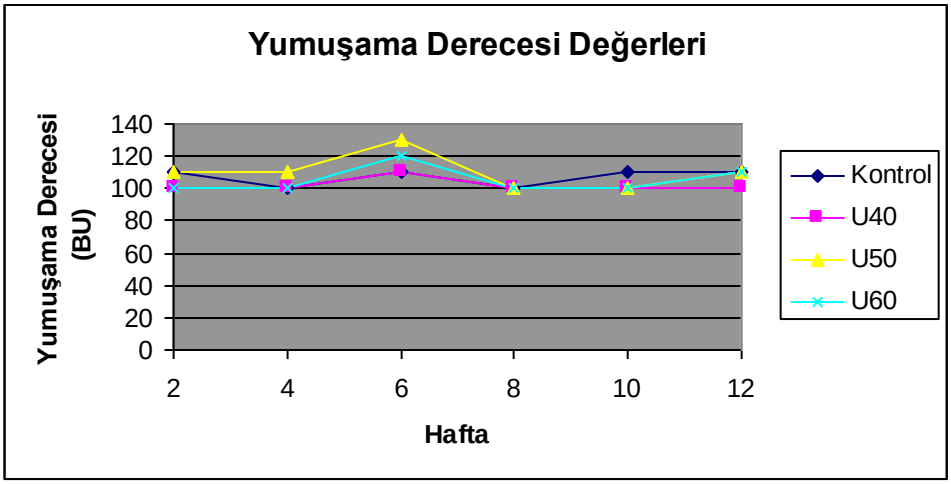
Su kaldırma, stabilite, yumuşama derecesi ve valorimetre değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unlar için haftalara göre değişimi Şekil 4.1'de görülmektedir.



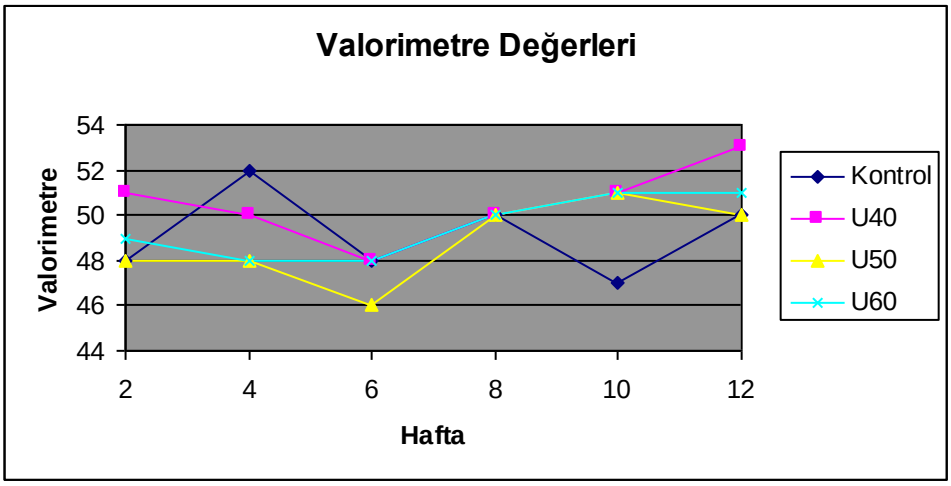
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.1. Farinogram değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 için haftalara göre değişimi (a) Su kaldırma değerleri (b) Stabilite değerleri (c) Yumuşama derecesi değerleri (c) Valorimetre değerleri

Tablo 4.2 incelendiğinde 12 haftalık depolama süresince tüm unlarda su kaldırma değerlerinin %59,0 ile %59,7 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol'de zamanla su kaldırma değerinde artış gözlenirken U40 kodlu unun kontrole benzer bir davranış gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum formulasyon 1 düzeyindeki zenginleştirmenin unun su kaldırma özelliğini etkilemediğinin bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. U50 ve U60 kodlu unlarda su kaldırma değerinin ilk iki haftada kontrolden yüksek olduğu

gözlenirken formülasyon 2 ve 3 düzeylerinde (Tablo 3.2) demir ve çinko ilavesinin unun su kaldırma değerini arttırabileceği söylenebilmektedir.

Kontrol, U40, U50 ve U60'ın su kaldırma değerlerinin haftalara göre değişimi iki yollu varyans analizi ile incelenmiş (Tablo C.1) ve 12 hafta toplamında unlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Buna göre yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4.3'de görülmektedir. Grafiklerden de belli olduğu üzere U40 kodlu unun su kaldırma değeri toplamda kontrolden istatistiksel olarak farklı olmazken U50 ve U60 kodlu unlar istatistiksel olarak kontrolden farklıdır. Ayrıca su kaldırma değerinin eklenen demir ve çinko miktarı ile birlikte arttığı görülmektedir.

Tablo 4.3. Depolamanın unların farinogram değerleri üzerindeki genel etkilerinin varyans analiz sonuçları

	Farinograf Değerleri[1]			
	Su kaldırma (%)	**Stabilite (dak.)**	**Yumuşama derecesi (BU)**	**Valorimetre**
Kontrol	59,3c	3,0a	107ab	50a
U40	59,4bc	3,0a	102b	51a
U50	59,6ab	3,5a	110a	49a
U60	59,7a	3,5a	105ab	51a

[1]Tüm değerler AACC 1995, Metot 54 – 21'de belirtilen aralıklara göre yuvarlanmıştır (su kaldırma için %0.1, stabilite için 0.5 dak.)

Unun yoğurma toleransı hakkında bilgi veren stabilite değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unlar için haftalara göre değişimi Şekil 4.1b'de görülmektedir. Unun protein miktarı ve kalitesine bağlı olarak yoğurma sırasında hamurun paletlere gösterdiği direnç bir süre değişmeden 500 – BU çizgisinde kalmaktadır. Stabilite değeri farinogram eğrisinin 500 – BU çizgisine ulaştığı nokta ile ayrıldığı nokta arasında geçen süre (dakika) olarak tanımlanmaktadır (Shuey, 1994b; Köksel ve diğ. 2000).

Oniki haftalık depolama süresince tüm unlarda stabilite değerlerinin 3,0 dak. ile 4,5 dak. arasında değiştiği gözlenmektedir. Kontrol unda 8. haftadan sonra stabilite değerinin düştüğü gözlenirken, U50 ve U60 kodlu unlarda düşme eğilimi gözlenmemiştir. En yüksek stabilite değeri 12. haftada U60 kodlu unda gözlenmiştir. Unlar arasındaki

stabilite farklılığının tüm haftalar göz önüne alındığında istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir ($P \leq 0.05$) (Tablo C.2).

Vadlamani ve diğ. (1999) çinko ve aluminyum iyonlarının unun ekmeklik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiş ve 50 – 500 ppm oranlarındaki çinko klorid eklenmesinin unun su kaldırma değerini arttırırken stabilite üzerinde etkisinin çok az olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmada kullanılan oranda çinko iyonunun genel hamur özelliklerini etkilemediği gözlenmiştir. Saldamlı ve diğ. (1996) tarafından yapılan bir diğer çalışmada da çinko asetat ile zenginleştirmenin (0.18 – 3.78 g/kg oranlarında) unun stabilite değerini etkilese de genel olarak unun reolojik özelliklerini değiştirmediği sonucuna varılmıştır.

Yumuşama derecesi değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unlar için haftalara göre değişimi Şekil 4.1d'de görülmektedir. Yumuşama derecesi, su eklenmesinden 20 dak. sonra farinogram eğrisinin ulaştığı noktanın 500 – BU çizgisine olan uzaklığıdır (BU cinsinden ifade edilir) (Köksel ve diğ. 2000). Yumuşama derecesinin yüksek olması unun zayıflığının bir göstergesidir.

Oniki haftalık depolama süresince tüm unlarda yumuşama derecesi değerlerinin 100 ile 130 BU arasında değiştiği gözlenmektedir. En yüksek yumuşama derecesi değerleri 6. haftada gözlenmiştir. Unlar arasındaki yumuşama derecesi değeri farklılıkları tüm haftalar göz önüne alındığında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Tablo C.3). Fakat, unlar tek tek kontrol ile karşılaştırıldığında (kontrol – U40, kontrol – U50, kontrol – U60) yumuşama derecesi değeri farklılıklarının istatistiksel olarak önemsiz olduğu ve zenginleştirmenin unun yumuşama derecesi değerini etkilemediği görülmüştür.

Valorimetre değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 için haftalara göre değişimi Şekil 4.1c'de görülmektedir. Valorimetre değeri farinogram eğrisinin üretici firma tarafından sağlanan özel bir şablon ile değerlendirilmesi ile elde edilmektedir. Sadece valorimetre değeri ile farinogram özellikleri hakkında genel fikir edinilmesi mümkündür (Köksel ve diğ. 2000).

Oniki haftalık depolama süresince tüm unlarda valorimetre değerlerinin 46 ile 53 arasında değiştiği görülmektedir. U60 kodlu unda 6. haftadan sonra valorimetre

değerinin arttığı gözlenmektedir. Kontrol una bakıldığında valorimetre değerinin 12 hafta boyunca düzgün bir artış veya azalış eğilimi göstermediği, ortalama 50 seviyesinde değerler aldığı gözlenmiştir. Unlar arasındaki valorimetre değeri farklılıklarının tüm haftalar göz önüne alındığında istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir ($P \leq 0.05$) (Tablo C.4). Bu da çalışma sırasında dört ayrı örnek için elde edilen farinogram eğrilerinin benzer şekillerde olduğunun bir göstergesidir.

Ranhotra ve diğ. (1984) çeşitli mineral glukonatların (Fe, Zn, Ca ve Mg) un ve ekmek özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiş ve minerallerin hamur yoğurma süresi, gelişme süresi gibi reolojik özellikleri etkilemediği sonucuna varmışlardır.

Çalışmada unların su kaldırma ve yumuşama derecesi değerlerinin haftalara göre değişimleri arasındaki farkın da istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüş (Tablo C.1, Tablo C.3), ancak herhangi bir profile rastlanmamıştır. Unlarda depolama süresince alınan değerler kendi içlerinde dalgalanma göstermiş olmakla birlikte üç aylık bekleme süresince unların farinogram değerlerinde artma veya azalma eğilimi olduğu söylenememektedir. Depolamanın unlar üzerindeki etkisinin görülebilmesi için daha uzun depolama sürelerine ihtiyaç olduğu görülmüştür.

4.2.2. Demir ve çinko eklenmesinin unun ekstensogram özelliklerine etkisi

Hamurun fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde çeşitli ekstensograf değerleri kullanılabilmektedir. En sık kullanılanlar; R_m, maksimum direnç (ekstensogram eğrisinin maksimum yüksekliğe ulaştığı andaki ekstensograf değeri, BU); R_5, (5 cm'lik uzama anındaki direnç, BU), E, uzayabilirlik (eğrinin toplam uzunluğu, cm); R_m/E, oran (maksimum direncin uzayabilirliğe oranı, viskoelastik oran) ve A, alan (eğrinin altında kalan alan, cm^2) değerleridir. Uzamaya direnç ve alan değerleri hamur kuvvetinin bir ölçütü sayılırken direncin uzayabilirliğe oranı hamurun viskoelastik dengesinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir.

Çalışmalar ekstensograf parametreleriyle ekmek kalite özellikleri arasında ilişkilendirme yapılabileceğini doğrulamakta ve genel olarak ekstensogram alanı veya uzamaya direnç ile ekmek hacmi arasında pozitif bir ilişkinin olduğu kabul edilmektedir (Preston ve diğ., 1991).

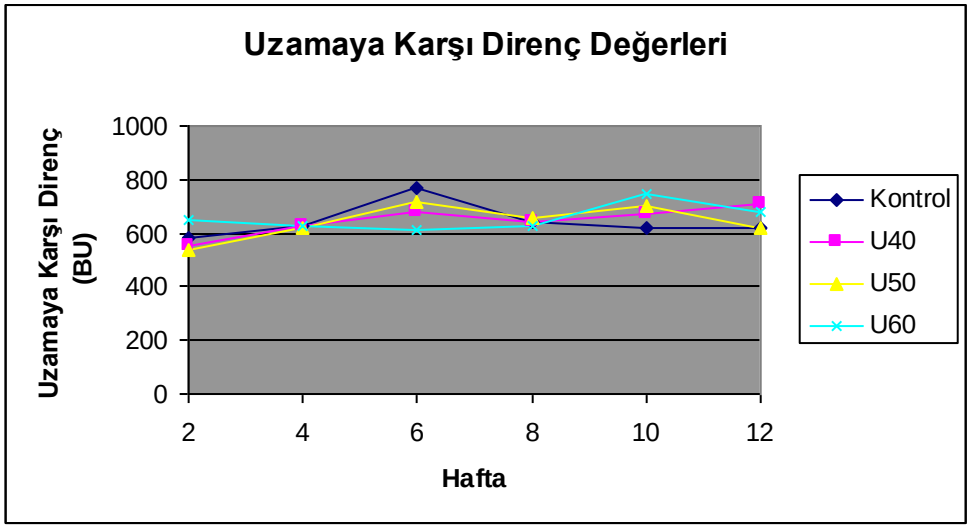
Çalışmada ekstensogram parametrelerinden 5 cm'lik uzama anındaki uzamaya direnç (R_5), uzayabilirlik ve ikisinin oran değerleri 2'şer hafta aralıklarla belirlenmiş ve 12 hafta sonunda değerlendirilmiştir. Buna göre, un örneklerinin 12 haftaya ait ekstensograf değerleri Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Un örneklerinde 12 haftalık depolama süresince alınan 135. dak. ekstensogram değerleri[1]

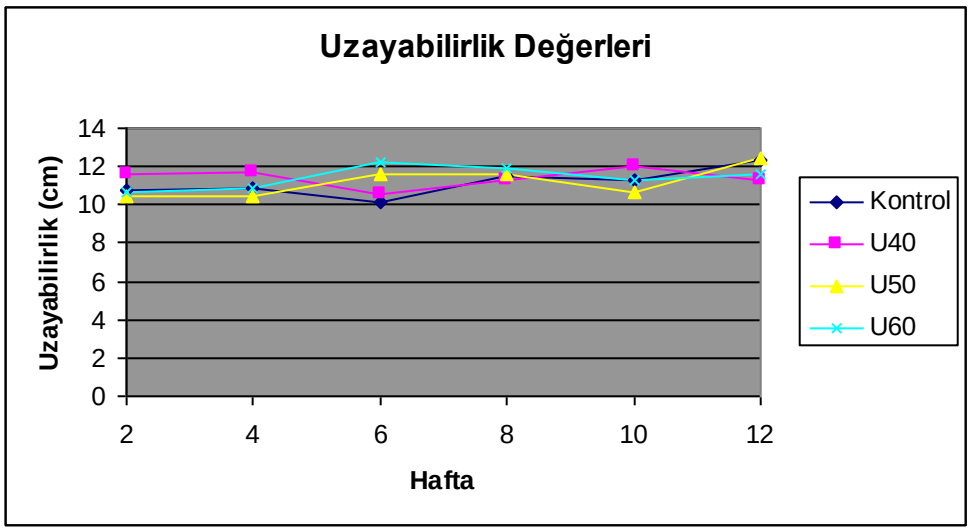
	Uzamaya Karşı Direnç (BU)	**Uzayabilirlik (cm)**	**Oran**
Kontrol			
2.hafta	580	10,8	53,7
4.hafta	630	10,9	57,8
6.hafta	770	10,1	76,2
8.hafta	640	11,5	55,7
10.hafta	620	11,3	54,9
12.hafta	620	12,3	50,4
U40			
2.hafta	550	11,6	47,4
4.hafta	630	11,7	53,8
6.hafta	680	10,6	64,2
8.hafta	640	11,3	56,6
10.hafta	670	12,0	55,8
12.hafta	710	11,3	62,8
U50			
2.hafta	540	10,5	51,4
4.hafta	620	10,5	59,0
6.hafta	720	11,6	62,1
8.hafta	660	11,6	56,9
10.hafta	700	10,7	65,4
12.hafta	620	12,4	50,0
U60			
2.hafta	650	10,7	60,7
4.hafta	630	10,9	57,8
6.hafta	610	12,2	50,0
8.hafta	630	11,9	52,9
10.hafta	750	11,3	66,4
12.hafta	680	11,6	58,6

[1]Sonuçlar iki tekrarın ortalamasıdır

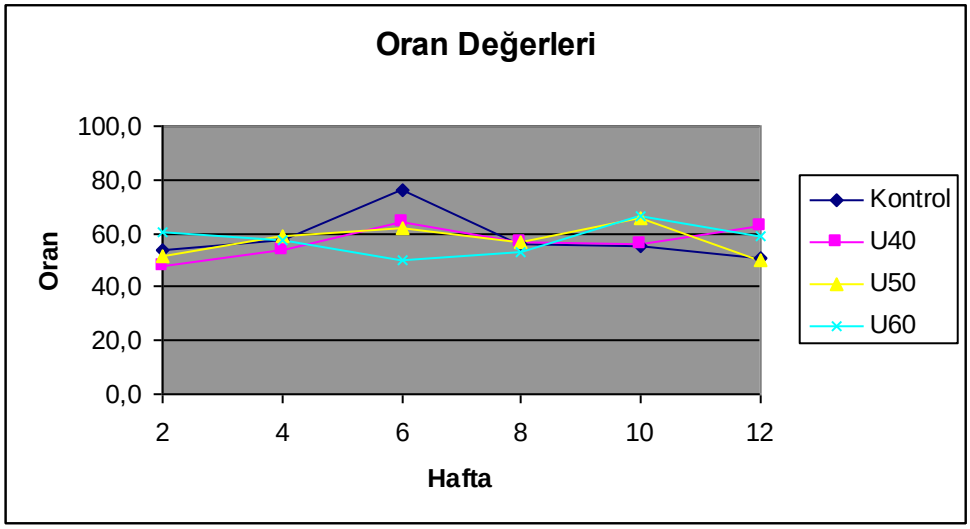
Ekstensogramlardan elde edilen uzamaya karşı direnç, uzayabilirlik ve oran değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unlar için haftalara göre değişimi Şekil 4.2'de görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.2. Ekstensogram değerlerinin Kontrol, U40, U50 ve U60 için haftalara göre değişimi (a) Uzamaya karşı direnç (b) Uzayabilirlik (c) Oran

Unlardan elde edilen direnç değerlerinin 550 – 770 BU aralığında değişen değerler aldığı görülmektedir. Zenginleştirilmiş unların 12 haftalık değerlendirilmelerinde kontrolle benzer eğilimler gösterdikleri Şekil 4.2a'da açıkça gözlenmektedir. Tüm unlarda depolama sırasında uzamaya karşı direncin arttığı gözlenmiştir (Tablo 4.4). Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unların uzamaya direnç değerlerinin haftalara göre değişimi iki yollu varyans analizi ile de incelenmiş ve 12 hafta genelinde unlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo C.5).

Unun çalışmada kullanılan dozlarda demir ve çinko ile zenginleştirilmesinin uzayabilirlik değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı Tablo C.6'de görülmektedir ($P \leq 0.05$). Unlar 12 hafta boyunca kontrolle benzer uzayabilirlik eğilimleri göstermişlerdir (Şekil 4.2b). Benzer şekilde, hamurun viskoelastik özelliklerinin göstergesi olan oran değerlerinin de yapılan varyans analizi sonuçlarına göre 12 hafta genelinde istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür ($P \leq 0.05$) (Tablo C.7). Altıncı haftada kontrol unun yüksek direnç ve düşük uzayabilirlik değerlerinin bir sonucu olarak oran değeri zenginleştirilmiş unlardan oldukça yüksek bir değer almıştır.

Buğday ununun formülasyon 1, 2 ve 3 düzeylerinde demir bisglisinat aminoasit şelatı ve çinko aminoasit şelatı ile zenginleştirilmesinin unun ekstensogram özellikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli etkilerinin olmadığı gözlenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Oniki haftalık depolamanın unların ekstensogram değerleri üzerindeki genel etkilerinin varyans analiz sonuçları[1]

	Ekstensograf Değerleri[1]		
	Uzamaya Karşı Direnç (BU)	**Uzayabilirlik (cm)**	**Oran**
Kontrol	643a	11,2a	58,1a
U40	647a	11,4a	56,8a
U50	643a	11,2a	57,5a
U60	658a	11,4a	57,7a

[1]135. dak. değerleri

4.3. Demir ve Çinko Eklenmesinin Ekmek Özelliklerine Etkisi

4.3.1. Ekmek Hacimleri

Oniki hafta boyunca her iki haftada bir Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unlardan üretim şartları ve parametreleri sabit tutularak ekmek yapılmış ve üretilen ekmekler sırasıyla Kontrol, E40, E50 ve E60 olarak kodlanmıştır. Ekmek hacimlerinin daha homojen olması ve ölçümde kolaylık sağlaması açısından hacim ölçümü için kullanılacak ekmekler tava ekmeği tipinde, diğer analizlerde kullanılacak ekmekler ise serbest tipte üretilmiştir. Oniki hafta boyunca yapılan dört tip ekmeğe ait hacim ölçüm sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Demir ve çinko eklenmesinin ekmek hacimlerine etkisi[1,2]

	2. hafta	**4. hafta**	**6. hafta**	**8. hafta**	**10. hafta**	**12. hafta**
Kontrol (cm^3)	987a	942a	1010a	1010a	935a	843a
E40 (cm^3)	975b	945a	990b	1003a	935a	833a
E50 (cm^3)	965b	910ab	985bc	950b	910a	793b
E60 (cm^3)	910c	898b	977c	865c	875b	813c

[1]Sonuçlar 3 tekrarın ortalamasıdır.
[2]Her hafta kendi arasında değerlendirilmiştir. $p \leq 0.05$ düzeyinde, aynı kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur.

Her hafta üretilen ekmekler kendi aralarında değerlendirilmiş ve ekmek hacimleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir (Tablo C.8, 9, 10, 11, 12, 13).

2. haftada en yüksek hacim değeri Kontrol ekmeğinde (987 cm^3) en düşük hacim değeri ise E60 kodlu, demir ve çinko miktarı en yüksek olan ekmekte (910 cm^3) tespit edilmiştir (Tablo 4.6). E40, E50 ve E60 kodlu ekmek hacimleri kontrolden istatistiksel olarak farklı bulunurken E40 ve E50 kodlu ekmekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. Buna karşılık, E60 kodlu ekmek E40 ve E50'den istatistiksel olarak farklı ve küçük hacim değerleri vermiştir.

4. hafta yapılan ekmekler arasında da istatistiksel olarak önemli hacim farklılıkları gözlenmiştir (Tablo C.9). En yüksek hacim değeri E40 kodlu ekmekte gözlenirken (945 cm^3), en küçük hacim yine zenginleştirme oranı yüksek olan E60 kodlu ekmekte (898 cm^3) görülmüştür. 4. haftada E40 ve E50 kodlu ekmek hacimleri ile Kontrol arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmazken E60 kodlu ekmeğin Kontrol ve E40 kodlu ekmekler ile istatistiksel olarak farklı ve küçük, E50 kodlu ekmek ile ise istatistiksel olarak aynı hacim değerleri verdiği gözlenmiştir (Tablo 4.6).

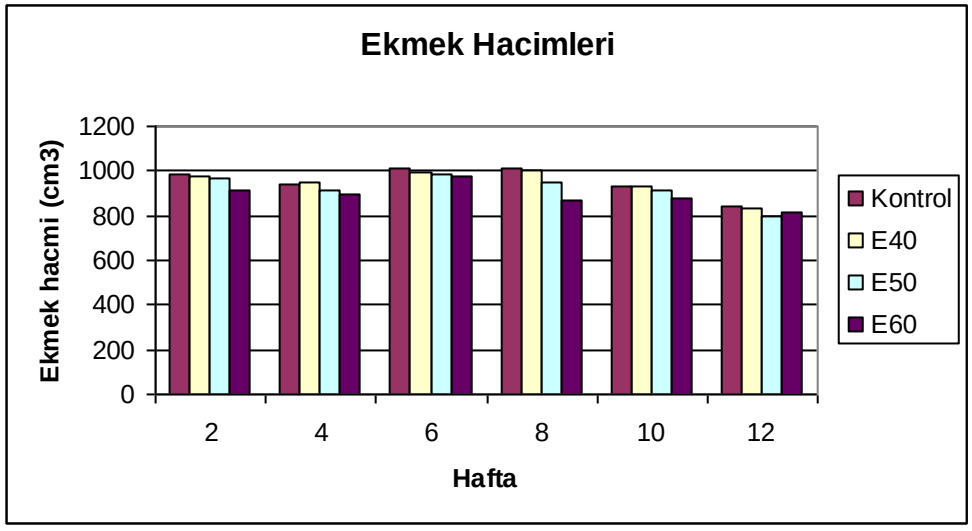
6. hafta da üretilen ekmeklerin hacim değerlerinin de istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu gözlenmiştir (Tablo C.10). Benzer şekilde yine en yüksek hacim değeri Kontrol ekmeğinde (1010 cm^3), en düşük hacim değeri ise E60 kodlu ekmekte (977 cm^3) görülmüştür. Zenginleştirilmiş ekmeklerin üçü de Kontrolden istatistiksel olarak farklı hacim sonuçları verirken E40 – E50 ve E50 – E60 kodlu örneklerin hacim değerleri kendi aralarında istatistiksel olarak aynı bulunmuştur (Tablo 4.6).

8. haftada üretilen ekmeklerin hacim değerleri karşılaştırıldığında, E40 kodlu ekmekle Kontrol arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı, buna karşılık E50 ve E60 kodlu ekmek hacimlerinin Kontrolden istatistiksel olarak farklı bulunduğu görülmektedir (Tablo 4.6). Diğer haftalarda olduğu gibi en yüksek hacim değeri Kontrol ekmeğinde (1010 cm^3), en düşük hacim değeri ise E60 kodlu ekmekte (865 cm^3) gözlenmiştir. Önceki iki haftanın aksine, 8. haftada E50 ve E60 kodlu ekmek hacimleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tesbit edilmiştir. Aynı şekilde, E40

ve E50 kodlu ekmekler de birbirlerinden istatistiksel olarak farklı olan hacim değerleri vermişlerdir.

10. hafta hacim değerlerine bakıldığında Kontrol, E40 ve E50 kodlu ekmeklerin hacim değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir (Tablo 4.6). E60 kodlu ekmek Kontrolden ve diğer zenginleştirilmiş unlardan daha küçük hacim sonuçları vermiş (875 cm^3) ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

12. haftaya gelindiğinde, ekmek hacimleri arasındaki farkın bir kez daha istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (Tablo C.13). En yüksek hacim değeri yine Kontrol ekmeğinde gözlenirken (843 cm^3), diğer haftalardan farklı olarak, en düşük hacim değeri E50 kodlu ekmekte (793 cm^3) gözlenmiştir. Kontrol ekmeklerin hacim değeri ile E40 kodlu ekmeklerin hacimleri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmazken E50 ve E60 kodlu ekmek hacimlerinin Kontrolden ve birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı olduğu görülmüştür (Tablo 4.6). 12. haftada, ekmek hacimlerinin diğer haftalara oranla daha küçük değerler aldığı gözlenmektedir. Bu durum Şekil 4.3'de daha açık bir şekilde görülebilir.



Şekil 4.3. Kontrol, E40, E50 ve E60 kodlu ekmelerin ölçülen hacim değerlerinin haftalara göre değişimi

Tüm haftalar göz önüne alındığında, una karıştırılan demir ve çinko miktarı arttıkça daha küçük ekmek hacmi değerlerinin alındığı gözlenmektedir. Tüm haftalar baz alınarak

yapılan iki yollu varyans analizi sonunda da zenginleştirmenin ekmek hacimleri üzerinde genel etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (Tablo C.14). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda 1 ve 2 numaralı unlar arasında fark bulunmazken 3 ve 4 numaralı unlar diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. 4 numaralı ekmekler en küçük hacim değerlerine sahipken Şekil 4.3'de de görüldüğü gibi, zenginleştirmenin dozu arttıkça ekmek hacimlerinin küçüldüğü gözlenmiştir.

Vadlamani ve diğ. (1999) çeşitli çinko tuzlarının (klorid, asetat ve sülfat) ekmek hacimleri üzerindeki etkilerini incelemiş ve 250 ppm oranında çinko iyonunun ekmek hacminde 50 ppm oranında askorbik asit veya 20 ppm oranında potasyum bromat eklenmesine eş değer bir hacim artışına sebep olduğunu görmüşlerdir. Bu oranda çinko ilavesi, aynı zamanda ekmek kalite özelliklerini de az miktarda iyileştirmiştir. Buna karşılık, düşük dozlarda çinko eklenmesi ekmek hacmi veya yapısal özelliklerinde herhangi bir iyileşmeye neden olmamıştır. Saldamlı ve diğ. (1996) ise çalışmalarında una 2.58 g/kg oranında çinko asetat eklenmesinin ekmek hacimlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde düşmesine neden olduğu sonucuna varmıştır. Bunun yanında, genel ekmek özellikleri 3.38 g/kg çinko düzeyine kadar kabul edilebilir bulunmuştur. Ranhotra ve diğ. (1984) tarafından yürütülen araştırmada ise Fe, Zn, Ca ve Mg glukonatların beyaz tava ekmeğinin duyusal özelliklerine etkileri incelenmiş ve ekmeklerin özgül hacimlerinde azalma gözlenmiştir.

Zenginleştirme işleminin ekmek içi gözenek yapısını etkilemediği gözlenmiştir (Şekil E.1). Karadzhov ve diğ. (2003) de yaptıkları çalışmada ekmeğin minerallerce zenginleştirilmesinin ekmek iç yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmadığını göstermişlerdir.

4.3.2. Duyusal Analiz

Demir bisglisinat aminoasit şelatı ve çinko aminoasit şelatı ile zenginleştirmenin ekmeğin duyusal özelliklerini etkileyerek alıştığımız ekmek tadından uzaklaşmaya neden olup olmadığını incelemek amacıyla zenginleştirilmiş ekmeklerin kontrol ile karşılaştırıldığı üçgen test duyusal analiz metodu kullanılmıştır (AACC 1995, Metot 33 – 50A).

Sekizinci ve onikinci haftalara ait tat paneli değerlendirmeleri Tablo 4.7'de görülmektedir. Her iki panel sonucunda da Kontrol ile E60 kodlu ekmek arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Buna göre, buğday ununa günlük ihtiyacın %60'ının ekmekten karşılanabileceği oranlarda demir ve çinko ilavesinin ekmeğin tat özellikleri üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.7. Demir ve çinko eklenmesinin ekmeğin tadına etkisinin değerlendirilmesi[1]

	8. Hafta			**12. Hafta**		
	1. Tekrar	**2. Tekrar**	**3. Tekrar**	**1. Tekrar**	**2. Tekrar**	**3. Tekrar**
DT[1]	4/10	5/10	4/10	2/10	4/10	3/10

[1]Sunulan örneklerde Doğru Tanımlamayı (DT) yapan panelist sayısı / toplam panelist sayısı.

Unun, mineraller ile zenginleştirilmesinin ekmekte tuzlu, ekşi ve hafif acımsı bir tat farklılığı yaratması beklenmekle birlikte çoğu çalışmanın bu tip ayrıntılı analizlere girmediği, genel tat değişiklikleriyle sınırlandığı görülmektedir. Karadzhov ve diğ. (2003) Ca (kalsiyum fosfat), Mg (magnezyum karbonat), Fe (demir sülfat) ve Zn (çinko klorür) ile farklı dozlarda zenginleştirilmiş ekmeklerde uyguladığı tanımlayıcı tat paneli ile ekmek kabuk ve iç rengi, koku, tuzlu, acı ve ekşi tat parametrelerini test etmiştir. Buna göre tuzlulukta bir artış hissedilmezken acılık ve ekşilik kontrolden farklı bulunmuştur. Bunun ise büyük ihtimalle Mg tuzundan ve sitrik asit ilavesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Farkların çok az hissedilir düzeyde olduğu, yani minerallerle zenginleştirilmiş ekmeğin kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Ranhotra ve diğ. (1984), çeşitli mineral glukonatlar (Fe, Zn, Ca ve Mg) ile zenginleştirdikleri tava ekmeklerinde ayrı ayrı kontrolle karşılaştırmalı olarak yürüttükleri tat panelleri (1., 3. ve 6. günlerde) sonucunda mineraller ile zenginleştirmenin ekmeğin tat özelliklerini etkilemediği sonucuna varmışlardır. Yine aynı çalışmada, dört ayrı mineral glukonatın aynı una vitaminlerle birlikte eklenmesiyle elde edilen undan yapılan ekmeklerin ise kontrolden kolayca ayırt edilebildiği görülmüştür.

Buğday ununun zenginleştirilmesinde kullanılan bazı demir formlarının unda yağ oksidasyonunu tetikleyerek acılaşmaya neden olabildiği bilinmektedir. Bunlardan demir

sülfat depolama sırasında istenmeyen tat değişimlerinin oluşmasına neden olabilmektedir (Hurrel, 1999). Bu durum, yüksek randımanlı (>%82) unlarda doymamış yağ oranının fazla olması nedeniyle düşük randımanlı (72–78%) unlara göre daha olasıdır (SUSTAIN, 2001). Demir sülfat ile zenginleştirilmiş un 4–6 haftalık depolama sonucunda yapılan duyusal panelde kabul edilemez bulunmuştur (Martinez-Navarrete ve diğ., 2002). Diğer yandan, dünyada buğday unu zenginleştirilmesinde en çok kullanılan demir formu olan elementel demirin ise renk, tat ve acılaşma üzerinde minimum düzeyde olumsuz etki gösteren bileşik olduğu bildirilmektedir. İndirgenmiş demir ile zenginleştirilmiş buğday unu, yapılan duyusal panelde 7 haftalık depolama sonucunda hala kabul edilebilir bulunmuştur (SUSTAIN, 2000; Martinez-Navarrete ve diğ., 2002).

Çalışmada kullanılan demir bisglisinat aminoasit formunun yüksek redoks potansiyeli dolayısıyla, tam mısır ununda olduğu gibi bazı durumlarda yağ oksidasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Eğitimli panelistlerle yapılan duyusal analizlerde, panelistler mısır ürünlerindeki duyusal farkları hissedebilirken eğitimsiz bir panelde panelistler (anne ve çocuklar) herhangi bir fark bulamamıştır (Lindsay, 2002). Ferrochel'in nispeten yüksek biyoyararlılığı daha düşük dozlarda kullanılabilmesini sağlarken bu miktarların unda renk ve diğer duyusal özellikler üstünde olumsuz etki yapıp yapamayacağı halen tartışılmaktadır.

Saldamlı ve diğ. (1996) ve Vadlamani ve diğ. (1999) da yaptıkları çalışmalarda sırasıyla 1,340 g/kg çinko asetat ve 250 ppm çinko sülfat oranlarda zenginleştirmenin ekmeğin duyusal özelliklerinin etkilemediğini göstermişlerdir.

Romana ve diğ. (2002) tarafından yürütülen çalışmada demir ve çinko ile zenginleştirilmiş undan üretilen ekmek ve makarnanın duyusal özellikleri incelenmiştir. 30 ppm oranında demir sülfat ve 60 ppm veya 100 ppm oranında çinko sülfat veya çinko oksit ile zenginleştirilmiş ekmeğin beğenilme derecesi, tat, doku ve kabul edilebilirlik düzeyleri 9'lu puanlama skalası üzerinden değerlendirilmiş ve tüm ürünlerin kabul edilebilir olduğu ve aralarında tat, doku ve genel kabul edilebilirlik farklarının bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Bunların yanında çinko sülfat, çinko sitrat ve çinko metioninin gıdanın duyusal özelliklerini olumsuz etkilediklerini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan en yüksek doz olan 92,80 ppm oranında demir bisglisinat aminoasit şelatı ile 160.14 ppm oranında çinko aminoasit şelatının birlikte kullanımının ekmeğin duyusal özellikleri üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı görülmüştür.

4.4. Un ve Ekmeklerde Demir ve Çinko Miktarlarının Belirlenmesi

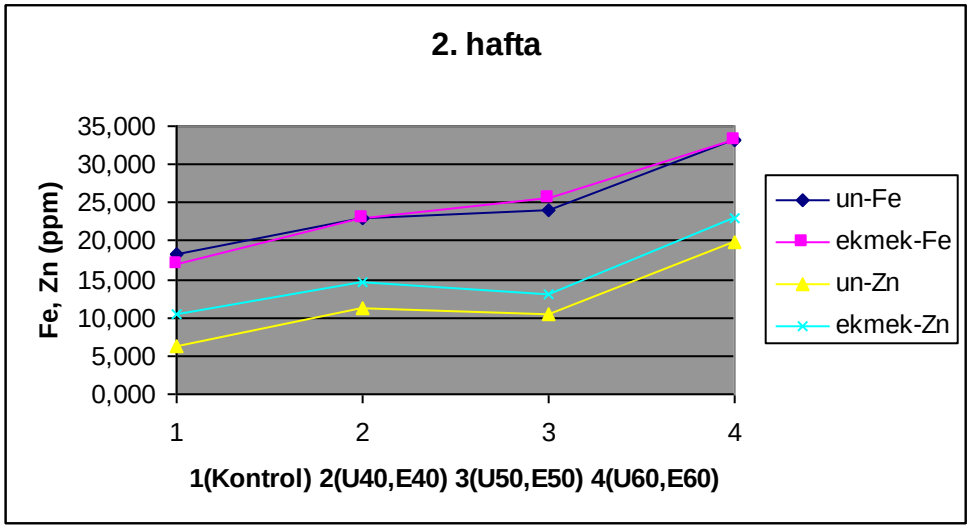
Kontrol un ve ekmek ile zenginleştirilmiş un ve ekmek numunelerinde çalışmanın başında (2. hafta) ve 3 aylık depolama sonunda (12. hafta) demir ve çinko içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometrisi ile tayin edilmiştir. Undaki demir ve çinko mineralleri miktarlarının ekmek yapımı sırasında artış veya azalma gösterip göstermediği ve depolama sırasında undaki demir ve çinko miktarlarının nasıl değiştiği izlenmiştir. Buna göre, 2. ve 12. haftalarda un ve ekmek numunelerinden elde edilen demir ve çinko analiz sonuçları Tablo 4.8'da verilmiştir.

Tablo 4.8. Demir ve çinko analiz sonuçları (kuru maddede)[1]

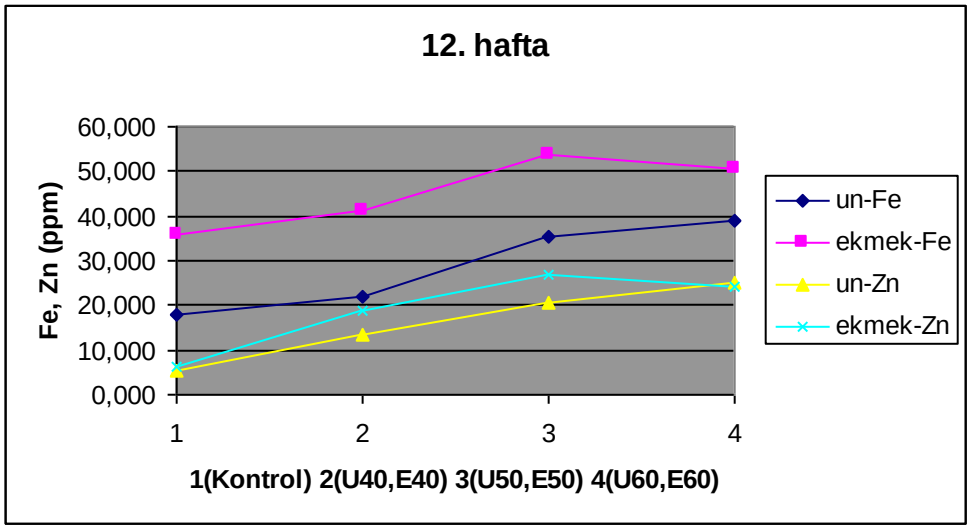
	2. hafta		12. hafta	
	Fe (ppm)	**Zn (ppm)**	**Fe (ppm)**	**Zn (ppm)**
Kontrol	18,236	6,161	17,732	5,559
U40	22,945	11,121	21,747	13,306
U50	23,992	10,494	35,581	20,417
U60	33,192	19,757	38,927	24,936
Kontrol	17,002	10,455	35,865	6,110
E40	22,967	14,626	41,326	18,770
E50	25,714	13,175	53,916	26,659
E60	33,230	23,095	50,695	24,374

[1]Sonuçlar 3 tekrarın ortalamasıdır

Kontrol, E40, E50 ve E60 kodlu ekmeklerde demir ve çinko miktarlarının, bu ekmeklerin yapımında kullanılan sırasıyla Kontrol, U40, U50 ve U60 kodlu unlardaki demir ve çinko oranlarından oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum Şekil 4.4'te daha açık bir şekilde görülmektedir



(a)



(b)

Şekil 4.4. Demir ve çinko analiz sonuçları (kuru maddede) (a) 2. hafta (b) 12. hafta

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi demir ve çinko miktarları ekmeklerde unlara göre artış göstermiştir. 12. haftada demir miktarında gözlenen artış 2. haftada gözlenene göre oldukça fazladır. 12. haftada yapılan ekmeklerde demir miktarı normalin de üstünde gözlenmiştir. Un örnekleri 12 hafta boyunca siyah plastik poşetlerde, herhangi bir demir bulaşısından uzakta depolanmışlardır. Ekmek örneklerinin atomik absorpsiyon spektrofotometrisinde analiz edilmek üzere hazırlanma aşamasında, oda koşullarında denge nemine getirilmiş dilimler herhangi bir demir bulaşısına neden olmamak için tahta

havanda dövülerek plastik elekten geçirilmiştir. 12. haftada ekmeklerde gözlenen aşırı demir miktarının nedeninin ekmek üretimi sırasında kullanılan karıştırıcı, yoğurucu ve diğer ekipmanlardan gelen bulaşı olabieceği düşünülmektedir. Geerling ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada demir kaplarda hazırlanan yiyeceklerin demir eksikliği anemisi ile karşı karşıya olan bireylerde hemoglobin konsantrasyonunun artmasını sağladığını göstermişlerdir. Çalışmada dökme demir kaplarda pişen yiyeceklerle beslenen grubun hemoglobin düzeyleri demir içermeyen, aluminyum kaplarda hazırlanan yiyeceklerle beslenen grup ile karşılaştırılmış ve ilk grubun hemoglobin düzeylerinde önemli ölçüde artış kaydedilmiştir.

Demirde olduğu gibi, ekmeklerde kuru maddede çinko miktarlarında da artış gözlenmiş olup bu durum da aynı nedene, dayandırılabilmektedir. Bunun yanında, ekmek yapımı sırasında kullanılan su ve diğer malzemeler demir ve çinko miktarlarının ekmekte artmasına neden olabilemektedir. Isserlyiska ve diğ. (2001) Bulgaristanın yerel ekmeğinde çeşitli mineral analizleri yaptıkları çalışmalarında hamurdaki Mg ve Ca miktarlarının undan fazla olduğunu tespit etmişler ve kullanılan yaş maya, tuz ve suyun bu artışa neden olduğunu savunmuşlardır.

Ekmeklerdeki mineral miktarlarının daha iyi anlaşılabilmesi ve ekmekten alınabilecek demir ve çinko oranlarının daha açık bir şekilde görülebilmesi için elde edilen demir ve çinko miktarları mg/100 g un ve mg/100 g ekmek bazında Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Demir ve çinko analiz sonuçları (yaş maddede, mg/100g)[1]

	2. hafta		**12. hafta**	
	Fe (ppm)	**Zn (ppm)**	**Fe (ppm)**	**Zn (ppm)**
Kontrol	1,57	0,53	1,53	0,48
U40	1,97	0,96	1,93	1,25
U50	2,06	0,90	3,06	1,76
U60	2,86	1,67	3,35	2,15
Kontrol	1,05	0,99	2,22	0,38
E40	1,42	0,91	2,56	1,16
E50	1,59	0,82	3,34	1,65
E60	2,06	1,43	3,14	1,51

[1]Sonuçlar 3 tekrarın ortalamasıdır

Çalışmanın çıkış noktası olan günde 350 g ekmekten alınabilecek demir miktarlarının 2. hafta sonuçlarına göre E40, E50 ve E60 kodlu ekmekler için sırasıyla 4.98 mg, 5.58 mg ve 7.21 mg ve çinko miktarlarının 3.18 mg, 2.86 mg ve 5.01 mg olduğu, 12 hafta sonuçlarına göre ise yine aynı sırayla demir miktarlarının 8.97 mg, 11,70 mg ve 11.00 mg, çinko miktarlarının ise 4.07 mg, 5.79 mg ve 5.29 mg olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada kullanılan un üç farklı dozda hazırlanan önkarışımlar ile zenginleştirilmiş, kontrol un örneği ile birlikte aynı koşullarda üç ay boyunca depolanmış ve onbeş günde bir ekmek yapma denemeleri gerçekleştirilerek uygulanan dozlarda zenginleştirmenin ekmek hacimleri ve tat özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda, unların farinograf ve ekstensograf verileri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, buğday ununun uygulanan dozlarda aminoasit şelatlı demir ve çinko bileşikleri ile zenginleştirilmesinin unun fiziksel hamur özelliklerinin birer göstergesi olan farinogram ve ekstensogram değerlerini etkilemediği, fakat zenginleştirme miktarı ile birlikte unda depolama süresince su kaldırma değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Buna göre, kontrol ununda tüm haftaların ortalama su kaldırma değerinin %59,3 olduğu gözlenirken, günlük alım miktarının %50'si ve %60'ı hedeflenerek zenginleştirilen unlarda su kaldırma değerleri sırasıyla %59,6 ve %59,7 bulunmuştur. Üç ay boyunca onbeş günde bir yapılan ekmek denemelerinde ise RDA'in %60'ının ekmekten karşılandığı (92.80 ppm demir bisglisinat aminoasit şelatı + 160,14 ppm çinko aminoasit şelatı) oranda zenginleştirmenin ekmek hacimlerinde belirgin bir düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Demir ve çinko ilavesi ekmek içi gözenek yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmazken, yapılan duyusal panellerde 3 aylık depolama süresi sonunda ekmeğin tat özelliklerini de etkilemediği ortaya konmuştur.

Günlük enerji ihtiyacımızın %44'ünün ekmekten karşılandığı göz önüne alındığında ekmeğin, ülke nüfusumuzun en temel besini olduğunu söyleyebiliriz. Bununla birlikte günlük beslenmemizde böylesine önemli bir yere sahip olan ekmeğin vitamin ve mineral ihtiyaçlarını aynı ölçüde karşılayamadığı görülmektedir. Buğday tanesi vitamin ve minerallerce zengin olmasına karşın değirmenlerde un üretimi sırasında besin öğelerinin çoğu kepek ve ruşeym katmanlarıyla birlikte ayrılmakta, üretilen beyaz un ise vitamin ve minerallerin sadece bir kısmını içerebilmektedir. Ülkemizde özellikle çocuklar ve doğurganlık dönemindeki kadınlarda sık rastlanan besin öğesi eksikliklerinin önüne

geçilmesinde temel besin maddesi ekmeğin, dolayısıyla buğday ununun, günümüzde çoğu ülkede olduğu gibi, vitamin ve minerallerce zenginleştirilmesinin kitlelere ulaşması en kolay ve en ekonomik yol olduğu düşünülmektedir.

Un ve ekmeklerde yapılan demir ve çinko analizlerinde, ekmek yapımı sırasında demir ve çinko miktarlarında kayıp olmadığı, tersine yüksek miktarların elde edildiği gözlenmiştir. Buna göre, çalışmanın çıkış noktası olan günde 350 g ekmekten alınabilecek demir miktarlarının 2. hafta sonuçlarına göre RDA'in %40'ı %50'si ve %60'ı baz alınarak zenginleştirilen ekmekler için sırasıyla 4.98 mg, 5.58 mg ve 7.21 mg ve çinko miktarlarının 3.175 mg, 2.860 mg ve 5.012 mg olduğu, 12. hafta sonuçlarına göre ise yine aynı sırayla demir miktarlarının 8.967 mg, 11,701 mg ve 11.000 mg, çinko miktarlarının ise 4.074 mg, 5.786 mg ve 5.289 mg olduğu tespit edilmiştir. İki durumda da hedeflenen günlük alım miktarları karşılanabilmektedir.

Bu çalışmada, özellikle çocukların ve anne karnındaki bebeklerin beyin gelişimi ve vücut sağlığı üzerinde önemli etkileri olan demir ve çinko minerallerinin ülkemizde fırınlarda yaygın olarak üretilen standart ekmek tipi üzerinde olumsuz etkilerinin olup olmadığı ve zenginleştirmenin unun ekmeklik özelliklerini etkileyip etkilemediği üç farklı doz kullanılarak ve üç aylık depolama süresi içinde çalışılarak araştırılmıştır. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanarak bir harman oluşturulan tip 650 buğday unu günlük ihtiyacın %40'ı, %50'si ve %60'ı ekmekten karşılanabilecek oranlarda demir ve çinko ile zenginleştirilmiştir. Zenginleştirme oranları birbirine yakın tutularak herhangi bir olumsuz etkinin gözlenebileceği minimum değerler gözlenmeye çalışılmış ve oranların bu tip bir uygulamanın gerçekleştirilmesi durumunda kullanılabilecek düzeylerde olması göz önünde bulundurulmuştur. Gıdaların zenginleştirilmesinde kullanılan çok çeşitli demir ve çinko bileşikleri mevcut olmakla birlikte ülkelerin, un zenginleştirme politikalarında dikkate aldıkları en önemli parametreler bileşiklerin maliyeti, ekmeğin duyusal özellikleri üzerindeki etkileri ve biyoyararlılık özellikleridir. Bu çalışmada, diğer demir ve çinko kaynaklarına göre üzerinde daha az çalışma yapılmış olan aminoasit şelatlı bileşikler seçilmiştir. Demir bisglisinat aminoasit şelatı ve çinko aminoasit şelatı yüksek maliyetleri yüzünden pek fazla tercih edilmemekle birlikte aminoasit şelat yapıları nedeniyle biyoyararlılıklarının diğer demir ve çinko kaynaklarına oranla yüksek olduğu kanıtlanmış bileşiklerdir.

Araştırma sonuçlarına göre, çalışılan dozlarda demir ve çinko ilavesinin hamurun reolojik özelliklerini etkilemediği ancak ekmek hacimlerinde düşmeye neden olduğu için çalışılan en yüksek doz olan 92.80 ppm demir bisglisinat aminoasit şelatı ve 160,14 ppm çinko aminoasit şelatı formülasyonunun zenginleştirme programları için fazla olduğu söylenebilir. Ekmek hacmindeki azalmanın demir mi yoksa çinko kaynaklı mı olduğu her ikisi de una birlikte katıldığı için anlaşılamamıştır. Bu etkinin kaynağının tespit edilebilmesi için bir diğer çalışmada demir ve çinko bileşikleri ayrı ayrı unlara katılarak analizlerin tekrarlanması önerilebilir. Çalışmada uygulanan en yüksek dozda zenginleştirmenin üç aylık depolama süresi sonunda dahi ekmeğin tat özelliklerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmaması aminoasit şelatlı demir ve çinko bileşiklerinin unda yağ oksidasyonunu tetiklemediğinin bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. Bununla birlikte, kesin bir değerlendirme yapılabilmesi için daha uzun depolama sürelerinde çalışılması önerilmektedir.

Son olarak, atomik absorpsiyon spektrofotometrisi kullanılarak elde edilen demir ve çinko analiz sonuçlarına göre dört unda da depolama sırasında mineral madde miktarları artmıştır. Bu herhangi bir nedene dayandırılamamakla birlikte ekmek yapımı sırasındaki artışın, kullanılan ekipmandan hamura geçmesi muhtemel olan demir ve çinko elementlerinin etkisi olduğu söylenebilir. Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi oldukça zahmetli bir analiz yöntemi olmakla birlikte numunelerin spektrofotometrik analize hazırlanması sırasında mineral madde bulaşma ihtimali vardır. Çalışmada bu ihtimal en aza indirilmeye çalışılsa da depolama sırsındaki artışın başka bir nedenle olabileceği ihtimali zayıftır. AAS'nin kullanılacağı durumlarda daha kısa sürelerde numune hazırlanması ve bulaşı ihtimalinin en aza indirilmesi için geliştirilen farklı teknikler veya iz mineral analizleri için kullanılan diğer analiz yöntemleri denenebilir.

Sonuç olarak, ülkemizde temel besin maddesi olarak kabul edilen ekmeğin demir ve çinko için belirlenmiş RDA miktarlarının %50'sinin ekmekten karşılanabileceği oranlarda aminoasit şelatlı demir ve çinko bileşikleri ile zenginleştirilmesinin un kalitesi ve ekmek özellikleri üzerinde hiçbir olumsuz etkisinin olmadığı ve mevcut yöntemle ekmek yapımı sırasında mineral maddelerde önemli bir kayıp meydana gelmediği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

AACC. 1995. Approved Methods of the AACC, 9th Edition, St. Paul, MN, ABD.

Açkurt, F. 2004. Ekmeğin vitamin ve minerallerce zenginleştirilmesi, *Hedef Daha İyi Beslenen Türkiye Paneli*, İstanbul, Ocak 22.

Açkurt, F., Wetherilt, H., Löker, M., Hacibekiroğlu, M. 1995. Biochemical assessment of nutritional status in pre- and post-natal Turkish women and outcome of pregnancy. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, 613 – 622.

Agte, V.V., Tarwadi, K.V., Chiplonkar, S.A. 1999. Phytate degradation during traditional cooking: significance of the phytic acid profile in cereal-based vegetarian meals. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12, 161 – 167.

Anon. 2001a. Breakthrough in anemia treatment. *Albion Nutrition*. Albion Laboratories, Inc. USA (brochure).

Anon. 2001b. Looking for that patented ingredient that is backed by research? Albion Research Notes. *A Compilation of Vital Research Updates on Human Nutrition*, 10(2).

Anon. 2003a**.** Technology Fact Sheet, Iron fortification of foods, Albion Laboratories, Inc. (Albion Advanced Nutrition, CD)

Anon. 2003b**.** Fortification Basics – Stability. www.micronutrient.org/idpas/pdf/

Anon. 2003c**.** Fortification Basics – Choosing a Vehicle. www.micronutrient.org/idpas/pdf/

Anon. 2003d. Fortification Basics – Wheat Flour. www.micronutrient.org/idpas/pdf/

Anon. 2003e. INACG Technical Brief. Technical brief on iron compounds for fortification of staple foods. http://**inacg**.ilsi.org/file/fortification.pdf

Anon. 2003f. Fortification Basics – Principles of Assay Procedures. www.micronutrient.org/idpas/pdf/.

Atwell, W. A. 2001**.** Wheat Flour. American Association of Cereal Chemists, Eagan Press Handbook Series, St. Paul, MN, ABD.

Bell, B. M., Daniels, D. G. H., Fisher, N. 1979. The effects of pure saturated and unsaturated fatty acids on breadmaking and on lipid binding, using Chorleywood Bread Process doughs containing a model fat. *Journal of Food Science and Agriculture*, 30, 1123 – 1130.

Bowley, A. (eds.). 2003**.** Mandatory food enrichment. *Nutriview Special Issue.* www.sahealthinfo.org/nutrition/ **nutriview**2003special.pdf

Davidsson, L. 1999**.** Zinc, in *The Mineral Fortification of Foods*. pp 187 – 197. Eds., Hurrel, R. 1st edition. Leatherhead Publishing, London, İngiltere.

Davidsson, L., Almgren, A., Hurrel, R.F. 1998. Sodium Iron EDTA [NaFe(III)EDTA] as a food fortificant does not influence absorption and urinary excretion of manganese in healthy adults. *Journal of Nutrition*, 128, 1139 – 1143.

DPT. 2001. Ulusal Gıda ve Beslenme Stratejisi Çalışma Grubu Raporu. DPT Müsteşarlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü**.** Ankara.

Ekşi, A., Karadeniz, F. 1996. Gıda zenginleştirme yaklaşımı ve Türkiye'de uygulama olanağı. *J. Nutr. And Diet* 25 (2): 47-51.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1996. The Sixth World Food Survey. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2001. *Nutrition Country Profiles* – TURKEY. Rome. ftp://ftp.fao.org/es/esn/nutrition/ncp/tur.pdf

Febles, C. I., Arias, A., Hardisson, A., Rodriguez-Alvarez, C., Sierra, A. 2002. Phytic acid level in wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 36, 19 – 23.

Flynn, A., Moreiras, O., Stehle, P., Fletcher R.J., Müller, D.J.G., Rolland, V. (2003). Vitamins and minerals: A model for safe addition to foods. *European Journal of Nutrition*, 42, 118 – 130

Garcia-Casal, M.N., Layrisse, M. 2001. The effect of change in pH on the solubility of iron bis-glycinate chelate and other iron compounds. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 51 (1, Suppl. 1), 35 – 36

Hoseney, R.C., Faubion, J.M. 1992. Physical Properties of cereal grains, in *Storage of cereal grains and its products*, chapter 1. Eds., Sauer, D. B. Fourth edition. Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, ABD.

Hurrel, R. 1999. Iron, in *The Mineral Fortification of Foods*. pp 54 – 93. Eds., Hurrel, R. 1st edition. Leatherhead Publishing, London, İngiltere.

Hurrel, R., Bothwell, T., Cook, J.D., Dary, O., Davidsson, L., Fairweather-Tait, S., Hallberg, L., Lynch, S., Rosado, J., Walter, T., Whittaker, P. 2002. The usefullness of elemental iron for cereal flour fortification: A SUSTAIN Task Force Report. Nutrition Reviews, 60(12), 391 – 406.

Hurrel, R.F., Ribas, S., Davidsson, L. 1994. NaFeEDTA as a food fortificant: influence on zinc, calcium and copper metabolism in the rat. *British Journal of Nutrition*, 71, 85 – 93.

Isserlyska, D., Karadjov, G., Angelov, A. 2001. Mineral composition of Bulgarian wheat bread. *European Food Research and Technology*, 213, 244 – 245.

Jeppsen, R.B., Borzelleca, J. F. 1999. Safety evaluation of Ferrous Bisglycinate Chelate. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 723 – 731.

Johnson, Q. 2000. Flour fortification: An opportunity to improve world health. *World Grain*. Nov.: 26 – 33.

Karadzhov, G., Iserlyska, D. 2003. Sensory quality of minerally fortified bread. *European Food Research and Technology*, 216, 274 – 276.

Kılıç, I., Özalp, I., Coşkun, T., Tokatlı, A., Emre, S., Saldamlı, I., Köksel, H., Özboy, O. 1998. The effect of zinc-supplemented bread consumption on school children with asymptotic zinc deficiency. Journal *of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 26, 167 – 171.

Köksel, H., Sivri, D., Özboy, B., Başman, A., Karacan, H. 2000. Hububat laboratuarı el kitabı. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları. Ankara.

Lindsay, H.A. 2002. Advantages and limitations of iron amino acid chelates as iron fortificants. *Nutrition Reviews*, 60(7), S18 – S21.

Lönnerdal, B. 2002. Phytic acid – trace element (Zn, Cu, Mn) interactions. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 749 – 758.

Maberly, G.F. 2002. Enriching lives through flour fortification. Flour Fortification Initiative.http://www.sph.emory.edu/wheatflour/Test/Products/Papers.htm

Martinez-Navarrete, N., Camacho, M.M., Martinez-Lahuerta, J., Martinez-Monzo, J., Fito, P. 2002. Iron deficiency and iron fortified foods – a review. *Food Research International*, 35, 225 – 231

Mendoza, C., Viteri, F.E., Lönnerdal, Bo, Raboy, V., Young, K.A., Brown, K.H. 2001. Absorption of iron from unmodified maize and genetically altered low-phytate maize fortified with ferrous sulfate or sodium iron EDTA. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73: 80–5

Parasad, A.S., Beck, F.W.J., Nowak, J. 1993. Comparison of absorption of five zinc preparations in humans using oral zinc tolerance test. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 6, 109 – 15.

Pomeranz, Y. 1992. Biochemical, functional, and nutritive changes during storage, in *Storage of Cereal Grains and its Products*, chapter 3. Eds., Sauer, D. B. Fourth edition. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minessota, USA.

Preston, K.R., **Hoseney, R.C.** 1991. Applications of the Extensigraph, in *The Extensigraph Handbook*, chapter 3. Eds., Rasper, V.F., Preston, K.R. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minessota, USA.

Prinsen Geerlings, P.D., Brabin, B., Omari, A.A.A. 2003. Food prepared in iron cooking pots as an intervention for reducing iron deficiency anaemia in developing countries: a systematic review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 16, 275 – 281.

Ranhotra, G., Gelroth, J., Dreese, P., Blockcolsky, D. 1984. Effect of mineral gluconates on quality characteristics of bread and cookies. *Journal of Food Science*, 49, 913 – 915.

Ranum, P. 1991. Cereal Enrichment, in *Handbook of Cereal Science and Technology*, Chapter 22. Eds. K.J. Lorenz and K. Kulp. Marcel Dekker, Inc. New York, NY, USA.

Ranum, P. 1999. Iron Fortification of Cereals, in *The Mineral Fortification of Foods*. pp 236 – 266. Eds., Hurrel, R. 1st edition. Leatherhead Publishing, London

Reilly, C. 2002. Minerals, in *The Nutrition Handbook for Food Processors*, chapter 4, Eds. Henry, C.J.K., Chapman, C. CRC Press, Washington, DC.

Richardson, D.P. 1999. Concepts of fortification, in *The Mineral Fortification of Foods*. pp 1 – 17. Eds., Hurrel, R. 1st edition. Leatherhead Publishing, London

Romana, D.L., Lönnerdal, B., Brown, K.H. 2003. Absorption of zinc from wheat products fortified with iron and either zinc sulfate or zinc oxide. *Americal Journal of Clinical Nutrition*, 78, 279 – 283.

Romana, D.L., Brown, K.H., Guinard, J-X. 2002. Sensory trial to assess the acceptability of zinc fortificants added to iron-fortified wheat products. *Journal of Food Science*, 67(1), 461 – 465.

Rosado, J.L. 2003. Zinc and copper: proposed fortification levels and recommended zinc compounds. *Journal of Nutrition*, 133, 2985S – 2989S.

Saldamlı, İ., Köksel, H., Özboy, Ö., Özalp, İ., Kılıç, İ. 1996. Zinc-supplemented bread and its utilization in zinc deficiency. *Cereal Chemistry*, 73(4), 424 – 427.

Salgueiro, M.J., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Weill, R., Boccio, J. 2002. Fortification strategies to combat zinc and iron deficiency. *Nutrition Reviews*, 60(2), 52 – 58.

Salgueiro, M.J., Zubillaga, M.B., Lysionek, A.E., Sarabia, M.I., Caro, R.A., Paoli, T., Hafer, A., Ettlin, E., Weill, R., Boccio, J.R. 2000. Bioavailability, biodistribution, and toxicity of BioZn-AAS: a new zinc source. Comperative studies in rats. *Nutrition*, 16, 762 – 766.

Shuey, W.C. 1994a. Physical factors influencing farinograms, in *The Farinograph Handbook*, chapter IV, Eds. D'Appolonia, B.L., Kunerth, W.H. Third edition. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minessota, USA.

Shuey, W.C. 1994b. Interpretation of the farinogram, in *The Farinograph Handbook*, chapter V, Eds. D'Appolonia, B.L., Kunerth, W.H. Third edition. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minessota, USA.

SUSTAIN (Sharing Technology to Improve Nutrition in Developing Countries). 2000. Monterrey Workshop Summary. Evaluating the Usefulness of Elemental Iron Powders. http://www.sustaintech.org/publications/index.htm

SUSTAIN (Sharing Technology to Improve Nutrition in Developing Countries). 2001. Guidelines for Iron Fortification of Cereal Food Staples. http://www.sustaintech.org/publications/index.htm

TGK. 1999. Türk Gıda Kodeksi – Buğday Unu Tebliği. Resmi Gazete, 23614

TGK. 2003. Türk Gıda Kodeksi – Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Resmi Gazete, 25260

Vadlamani, K.R., Seib, P.A. 1999. Effect of zinc and aluminum ions in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 76(3), 355 – 360.

Wetherilt, H. 1987. Beslenme düzeyinin beyin gelişimi üzerinde etkileri. *Gıda Sanayii*, 2, 31 – 34.

Wetherilt, H., Ackurt, F., Brubacher, G., Okan, B., Aktas, S., Turdu, S. (1992). Blood vitamin and mineral levels in 7 – 17 years old Turkish children. *International Journal of Vitamin Nutrition Research*, 62, 21 – 29

WHO (World Health Organization). 1998a. Micronutrient deficiencies: battling iron deficiency anemia. http://www.who.int/nut/ida.htm

WHO (World Health Organization). 1998b. Fortification of flour with iron in countries of the Eastern Mediterranian, Middle East and North Africa. Ed. Anna Verster. Printed by Bafra Graphics, Alexandria, Egypt. http://www.emro.who.int/NFS/FlourFortification-IronFlourFortification-Chapter5.htm

Shukhnov, A. F., Schwartzman, M. I., Busareva, N. N. 1983. Alteration of wheat flour lipid complex in bulk storage, in *Development of Food Science*, 5A. Progress in Cereal Chemistry and Technology, Part A. pp 425 – 430. Eds. J. Holas and J. Kratochvil, Elsevier, Amserdam.

EK A. ZENGİNLEŞTİRME ORANLARININ HESAPLANMASI

Tablo A.1. Kullanılan demir ve çinko miktarlarının hesaplanması

	Fe			**Zn**		
	U40	**U50**	**U60**	**U40**	**U50**	**U60**
%RDA	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
EC RDA (mg/gün)	14	14	14	15	15	15
Kontrol undaki miktar (KU) (ppm)[1]	16,00	16,00	16,00	5,00	5,00	5,00
Undan ekmeğe geçiş (%)[2]	100	100	100	100	100	100
Ekmekte bulunması istenen miktar (EM) (ppm)[3]	16,00	20,00	24,00	17,14	21,43	25,71
Una eklenmesi gereken miktar (UM) (ppm)[4]	7,04	12,80	18,56	19,69	25,86	32,03
Kullanılması gereken Albion® miktarı (AM) (ppm)[5]	35,20	64,00	92,80	98,43	129,29	160,14

[1]Sonuçlar 5 tekrarın ortalamasıdır
[2]Kayıp olmadığı varsayılmıştır
[3]EM = (EC RDA x %RDA) / 0.35
[4]UM = (EM x 1,44) – KU
[5]AM = UM x 5

EK B. DUYUSAL PANEL FORMU

İ.T.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü
BEYAZ EKMEĞİN DEMİR VE ÇİNKO İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMASI

Numune: Beyaz ekmek
Tarih :
Panelist :

Önünüzde 3 adet kodlanmış ekmek örneği bulunmaktadır; örneklerden ikisi aynı, birisi farklıdır. Soldan başlayarak örnekleri değerlendiriniz ve diğer ikisinden farklı olan örneği daire içine alınız. Örnekleri tekrar test edebilirsiniz.

Bir karar vermeniz gerekmektedir. Teşekkürler.

642 123 764

Şekil B.1. Duyusal Panel Formu

EK C. VARYANS ANALİZ TABLOLARI

Tablo C.1. Farinograf sukaldırma verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
HAFTA	0,588	5	0,118	3,180	0,037
UNTIPI	0,435	3	0,145	3,919	0,030
Hata	0,555	15	0,037		
Toplam	1,578	23			

Tablo C.2. Farinograf stabilite verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
HAFTA	1,927	5	0,385	2,284	0,099
UNTIPI	0,531	3	0,177	1,049	0,400
Hata	2,531	15	0,169		
Toplam	4,989	23			

Tablo C.3. Farinograf yumuşama derecesi verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
HAFTA	783,333	5	156,667	6,130	0,003
UNTIPI	216,667	3	72,222	2,826	0,074
Hata	383,333	15	25,556		
Toplam	1383,333	23			

Tablo C.4. Farinograf valorimetre verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
HAFTA	41,208	5	8,242	1,385	0,285
UNTIPI	24,458	3	8,153	1,370	0,290
Hata	89,292	15	5,953		
Toplam	154,958	23			

Tablo C.5. Ekstensograf uzamaya karşı direnç verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
UNTIPI	912,500	3	304,167	0,128	0,942
HAFTA	34970,833	5	6994,167	2,938	0,048
Hata	35712,500	15	2380,833		
Toplam	71595,83	23			

Tablo C.6. Farinograf uzayabilirlik verilerinin un tipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
UNTIPI	36,458	3	12,153	0,320	0,811
HAFTA	286,708	5	57,342	1,510	0,245
Hata	569,792	15	37,986		
Toplam	892,958	23			

Tablo C.7. Farinograf oran verilerinin untipi ve haftalara göre değişimini görmek amacıyla yapılan varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
UNTIPI	0,055	3	0,018	0,040	0,989
HAFTA	2,673	5	0,535	1,172	0,368
Hata	6,842	15	0,456		
Toplam	9,57	23			

Tablo C.8. İkinci haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Gruplar Arası	10375,000	3	3458,333	103,750	0,000
Gruplar İçi	266,667	8	33,333		
Genel	10641,667	11			

Tablo C.9. Dördüncü haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuclarinin değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Gruplar Arası	4822,917	3	1607,639	3,640	0,064
Gruplar İçi	3533,333	8	441,667		
Genel	8356,250	11			

Tablo C.10. Altıncı haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Gruplar Arası	1845,667	3	615,222	21,842	0,000
Gruplar İçi	225,333	8	28,167		
Genel	2071,000	11			

Tablo C.11. Sekizinci haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Gruplar Arası	40406,250	3	13468,750	150,770	0,000
Gruplar İçi	714,667	8	89,333		
Genel	41120,917	11			

Tablo C.12. Onuncu haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Gruplar Arası	7256,250	3	2418,750	14,885	0,001
Gruplar İçi	1300,000	8	162,500		
Genel	8556,250	11			

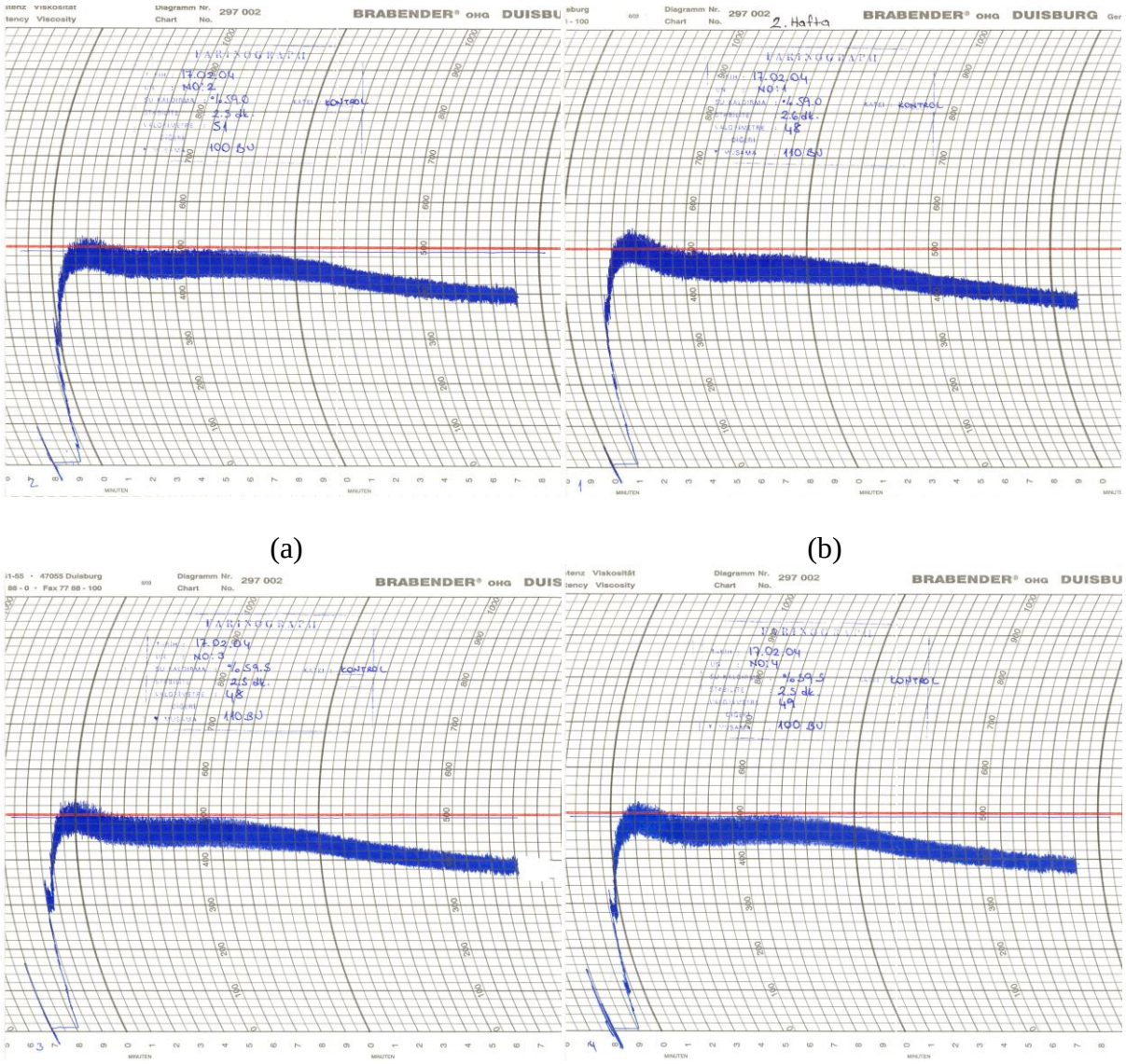
Tablo C.13. Onikinci haftada yapılan ekmeklerden alınan hacim sonuçlarının değerlendirilmesini gösteren varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Gruplar Arası	4425,000	3	1475,000	17,700	0,001
Gruplar İçi	666,667	8	83,333		
Genel	5091,667	11			

Tablo C.14. Demir ve Çinko eklenmesinin ve 12 haftalık depolamanın ekmek hacim değerlerine etkilerini gösteren iki yollu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
HAFTA	69997,708	5	13999,542	28,444	0,000
UNTIPI	15655,458	3	5218,486	10,603	0,001
Hata	7382,792	15	492,186		
Toplam	93035,96	23			

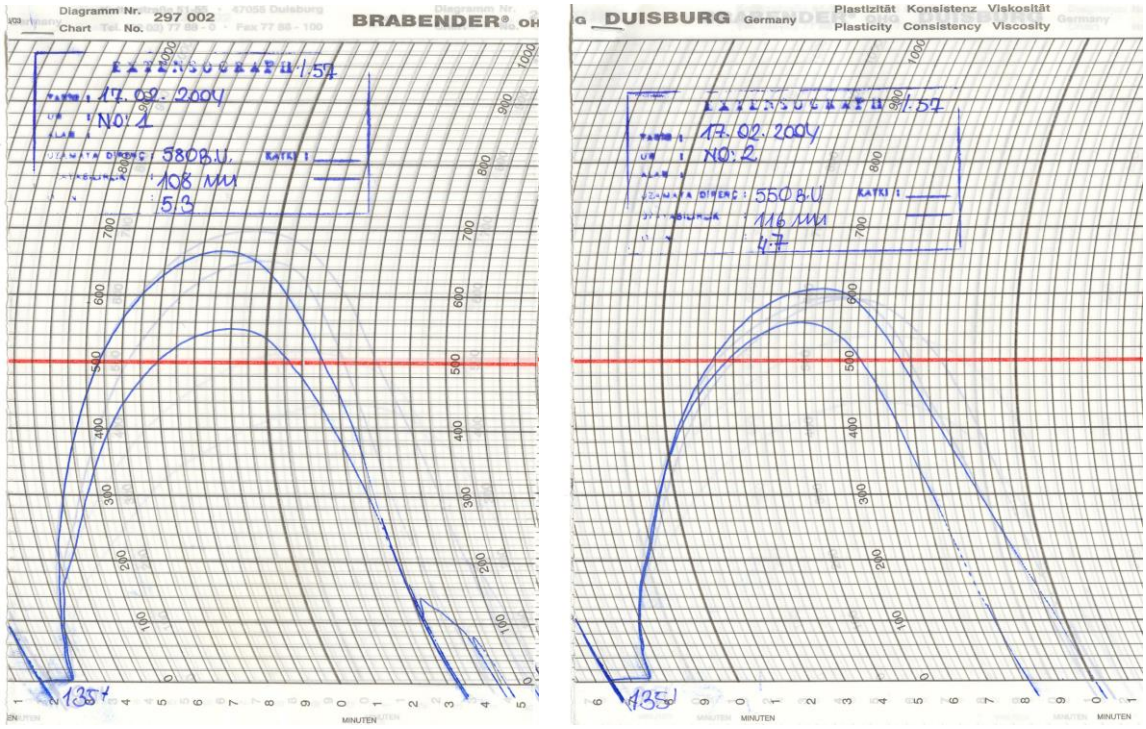
EK D. FARİNOGRAM VE EKSTENSOGRAMLAR



(a) (b)

(c) (d)

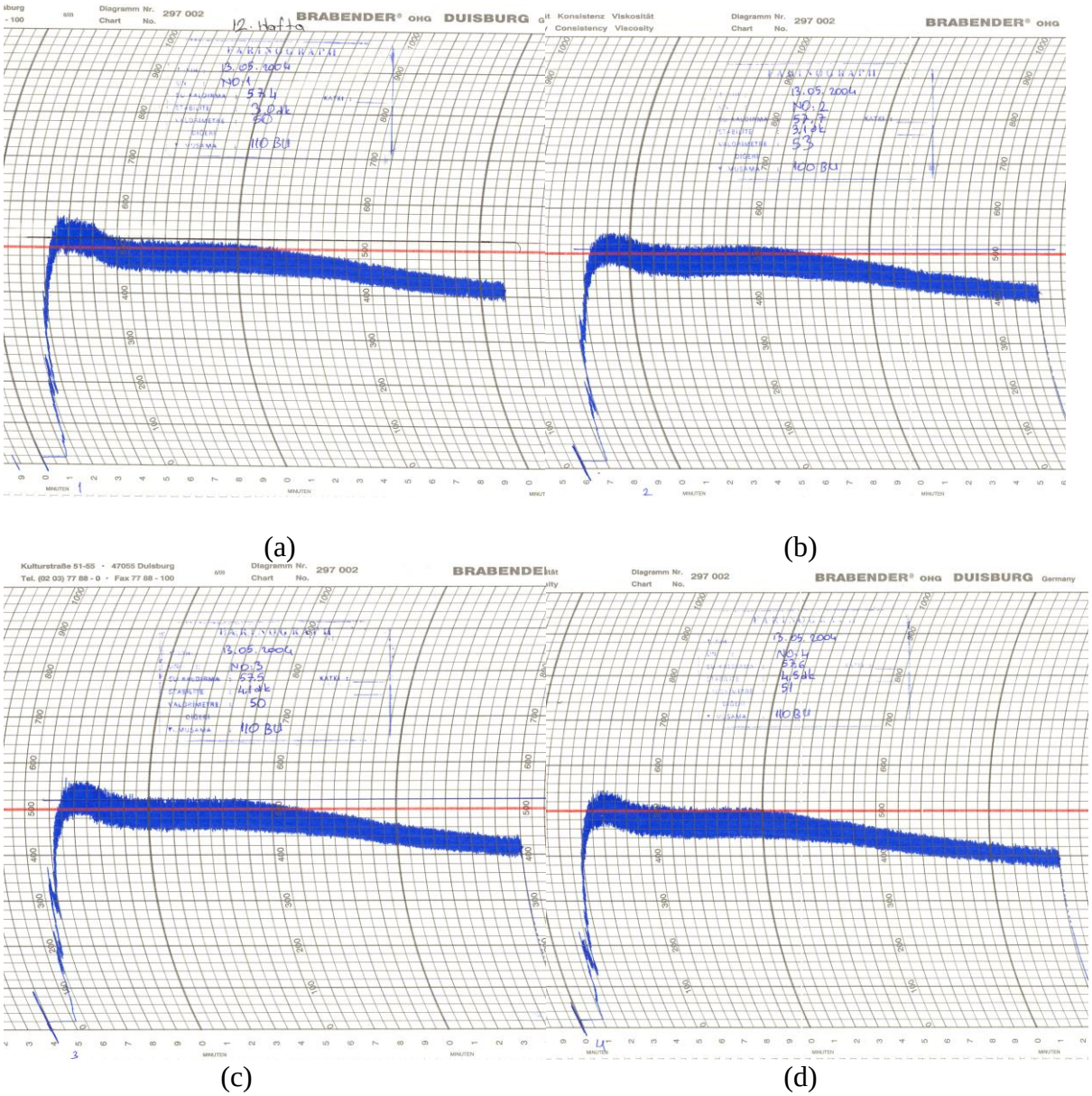
Şekil D.1. İkinci haftaya ait farinogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60



(a) (b)

(c) (d)

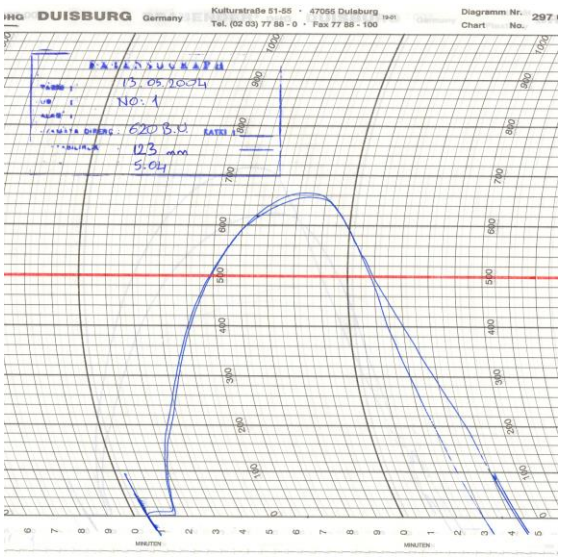
Şekil D.2. İkinci haftaya ait ekstensogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60



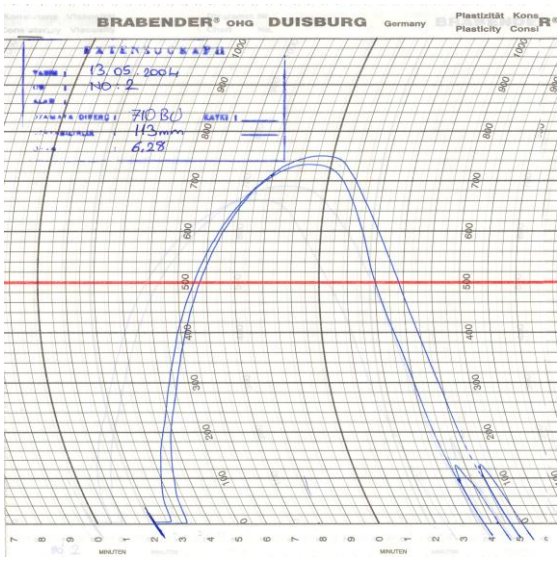
(a) (b)

(c) (d)

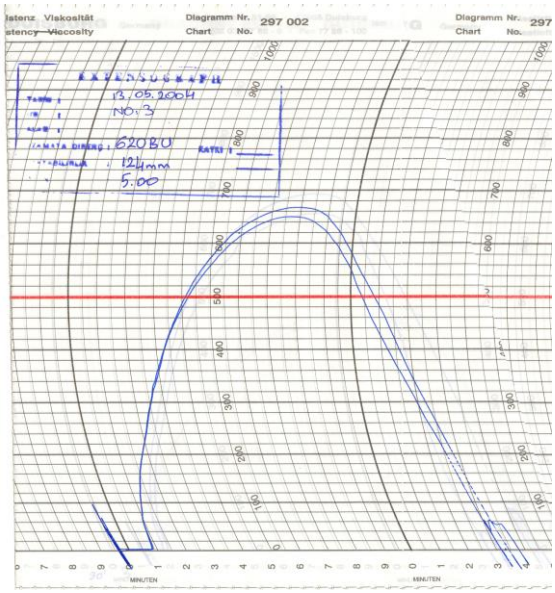
Şekil D.3. Onikinci haftaya ait farinogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60



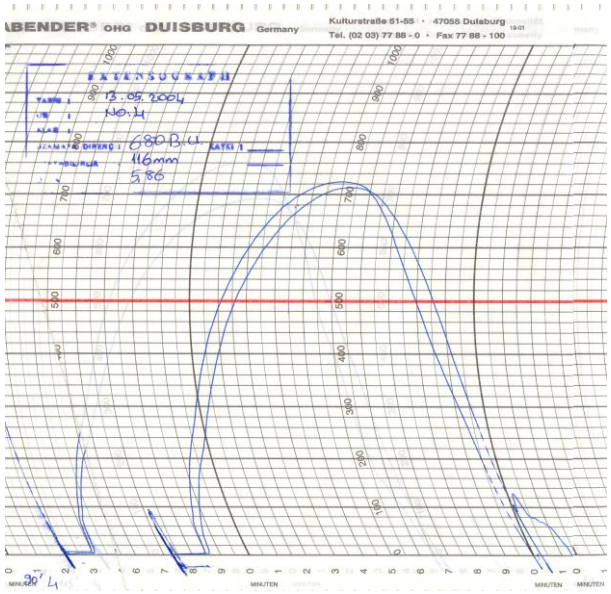
(a)



(b)



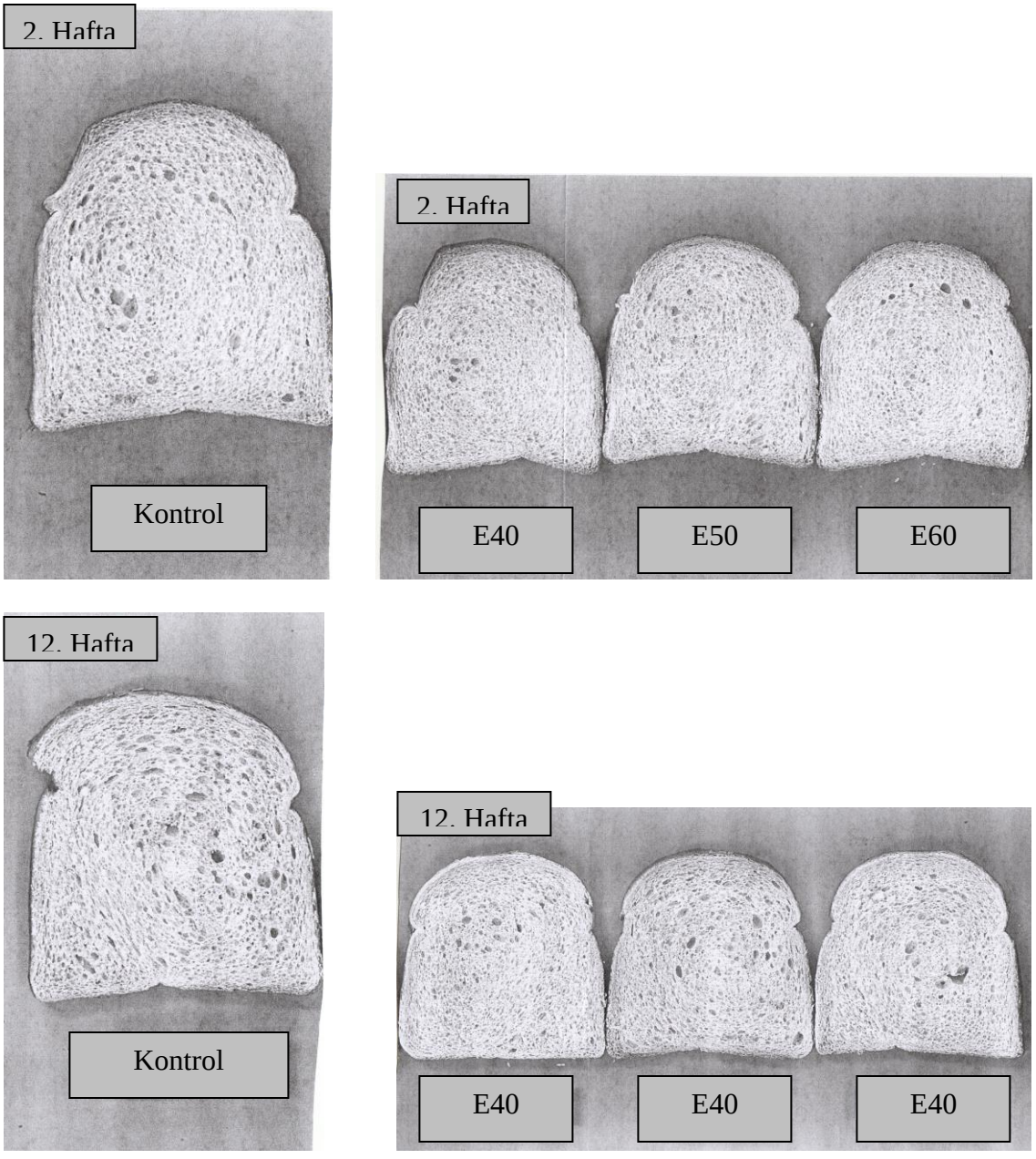
(c)



(d)

Şekil D.4. Onikinci haftaya ait ekstensogramlar (a) Kontrol (b) U40 (c) U50 (d) U60

EK E. EKMEK İÇ YAPISI



Şekil E.1. Ekmek içi gözenek yapıları

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Lüleburgaz'da doğdu. 1996 yılında Lüleburgaz Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2001 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2002 yılında aynı bölüme araştırma görevlisi olarak atandı. Halen görevine devam etmektedir.