

Farklı Stabilizasyon İşlemleri Uygulanmış Buğday Ruşeymlerinin Depolama Özellikleri

Mustafa Kürşat DEMİR^{1*}, Nermin BİLGİÇLİ¹, Selman TÜRKER¹, Berat DEMİR²

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

² Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 42030, Karatay, Konya, Türkiye

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

(Geliş/Received: 02.06.2019; Kabul/Accepted: 29.06.2019; Online baskı/Published online: 09.12.2019)

ÖZET

Buğday ruşeymi, buğday tanesinin besinsel açıdan en üstün bileşenidir. Buna rağmen, değirmencilik sektörü için buğday ruşeymi başlıca yan ürünlerden birisidir. Buğday ruşeymi, doymamış yağ asitlerince zengindir ve sahip olduğu yüksek enzim aktivitesi oksidasyon/acılaşma reaksiyonları neden olarak, ürünün depolama kalitesini düşürür. Bu nedenle, insan beslenmesinde yeri oldukça sınırlı olan buğday ruşeyminin büyük bir kısmı, özellikle hayvan beslenmesinde ve diğer amaçlar için kullanılır. Bu çalışmada, buğday ruşeymi beş (5) farklı stabilizasyon işlemine (kuru kavurma, otoklavlama, mikrodalga, infrared ve Ultraviyole-C) tabi tutularak, 3 farklı depolama koşulunda (buzdolabı şartlarında (4-6°C), oda sıcaklığında (24 ± 1°C) ve vakum paketleme), 3 farklı depolama süresinde (0., 90. ve 180. gün) saklanmış, bu süreler sonunda stabilizasyon özellikleri belirlenmiştir. Stabilize edilmiş buğday ruşeymi örneklerinde toplam maya-küf yükü, peroksit değeri, p-anisidin değeri ve tokoferol (α , β ve γ) içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; stabilize edilmiş buğday ruşeymlerine, vakum ambalajlama yapılması gerektiği, stabilizasyon metodu olarak da ısıtma işlemlerinden otoklav ve ısıtılmayan işlemlerden ise ultraviyole-C işleminin etkili sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday ruşeymi, stabilizasyon, otoklav, mikrodalga, infrared, Ultraviyole-C

Storage Properties of Wheat Germ Applied of Different Stabilization Processes

ABSTRACT

Wheat germ is the component of wheat kernel with the highest nutritional value. In spite of this, wheat germ is one of the main by-products of milling industries. Wheat germ is rich in polyunsaturated fatty acids and decreases storage quality due to oxidation/rancidity reactions coming from its high enzyme activity. For this reason, the human consumption of wheat germ is very limited, since the major part of it is used for other purposes and especially animal feeding. The aim of this study was to investigate the stabilization of wheat germ and improve storage stability. In the experiments related with wheat germ storage stability, wheat germs was treated with five different stabilization applications (dry heating, autoclaving, microwave, infrared and Ultraviolet-C), stored in three different conditions (refrigerator (4-6°C), room temperature (24±1°C) and vacuum packaging). Stabilization tests were conducted at 0th, 90th, and 180th days of storage. Mold-yeast growth, peroxide value, p-anisidine value and tocopherol (α , β and γ) contents of the stabilized wheat germ were measured. According to the results obtained, it was determined that stabilized wheat germs should be vacuum-packed, and that autoclave as a thermal treatment and ultraviolet-C process as a non-thermal treatment were the stabilization methods that were determined to produce effective results.

Key Words: Wheat germ, stabilization, autoclave, microwave, infrared, ultraviolet-C.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Buğday tanesi, yaklaşık %8 kabuk, %7 aleuron, %3 ruşeym ve %82 unsu endosperm tabakalarından oluşmaktadır. Kabuk (perikarp + testa) özellikle selüloz, mineraller ve pigmentler; aleuron tabakası besin değeri yüksek ve suda eriyebilir karbonhidratlar, proteinler, mineraller, lipitler, vitaminler (özellikle B grubu vitaminler) ve fenolikler; ruşeym kısmı ise aleuron gibi suda çözünürlüğü yüksek proteinler, lipitler, şekerler, enzimler ve E vitaminince zengindir [1].

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: mkdemir@erbakan.edu.tr / Tel: +90 332 325 2024

Ruşeymin bileşimi; buğday çeşidine, tane büyüklüğüne, elde edilmiş yöntemine ve saflık derecesine bağlı olarak değişiklikler göstermektedir [2]. Ticari değirmenlerde yaklaşık olarak %0,5-1,5 arasında ruşeym elde edilebilmektedir [3]. Buğday ruşeymi buğday ununa göre, daha fazla protein (3 kat), yağ (7 kat), şeker (15 kat), mineral madde (6 kat) içeriğine sahiptir [4,5]. Ayrıca bitkisel kökenli proteinlere bakıldığı zaman mükemmel bir protein deposu sayılan yumurtaya en yakın ürün olduğu düşünülmektedir [2]. İçerdiği proteinin biyolojik değeri, hayvansal kaynaklı proteinlere yakın olup, protein elverişlilik oranı yüksektir [6].

Ruşeym, buğday tanesinin yağ bakımından da en zengin kısmı olup, yaklaşık %10 civarında yağ içermektedir. Ruşeym yağı, özellikle iki veya üç çift bağ içeren doymamış yağ asitleri bakımından zengin olup, yaklaşık olarak %80 oranında linoleik asit (18:2) ve linolenik asite (18:3) sahiptir [7,8]. Toplam doymuş yağ asitlerinin %73,5'ini ise palmitik asit oluşturmaktadır [6]. Buğday ruşeymi esansiyel yağ asitleri bakımından oldukça zengindir [9]. Ruşeym yağının tüm bitkisel yağlar içerisinde, en yüksek α -tokoferol konsantrasyonuna sahip olduğu da bilinmektedir [10]. Antioksidan özellikleri ile ön plana çıkan ruşeym yağı, birçok doğal gıdada, sağlık sektörü ve kozmetik ürünlerinde kullanılmaktadır [11]. Ruşeymin bünyesindeki karbohidratların çoğunu şekerler oluşturmaktadır. Ruşeymde bulunan şekerlerin yaklaşık %80-85'inin sakaroz, %15-20'sini de fermente olmayan şekerler oluşturmaktadır [6]. Buğday ruşeymi diğer hububatlarla nazaran daha yüksek oranda E vitamini içermektedir. Ruşeym 250-500 ppm arasında ve ortalama 332 ppm α -tokoferol içeriğine sahiptir. Ruşeym undan 25 kat daha fazla; buğdayın tamamından ise 5 kat daha fazla tiamin ve riboflavin içermektedir [2]. Ruşeymin içerdiği vitaminler arasında; karoten (0,2 mg), pentotonik asit (1,0 mg), E-vitamini (0,7 mg), piridoksin (0,3 mg), niasin (4,5 mg) ve folik asit (0,5 mg) bulunmaktadır [2]. Yapılan araştırmalarda buğday ruşeyminde makro ve mikro mineral maddelerin (N, P, K, Mg, Ca, Na, Mn, Zn, Fe ve Cu) yoğun olarak bulunduğu ortaya konulmuştur [12,13].

Buğday ruşeyminin bu eşsiz besinsel özelliklerinin yanı sıra düşük depolama stabilitesi ve anti-besinsel etkileri gibi bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Bunlardan birkaçı özetlenecek olursa;

- ✓ Ruşeymin sahip olduğu lipaz ve lipoksigenaz enzimleri, yine doğal olarak bünyesinde bulunan doymamış yağ asitlerine etki ederek, ransid tat oluşumuna neden olmaktadır. Bu da son ürün kalitesini bozmaktadır [7,14].
- ✓ Yüksek besinsel içeriği ile mikroorganizmalar içinde önemli bir besin kaynağı olarak görülmektedir. Tabiatı gereği kolay topaklanabilmekte, fermente olabilmekte ve hızlı bir şekilde küflenebilmektedir [14].
- ✓ Pankreatik enzimler ile sindirilemeyen fakat kalın bağırsaktaki bakteriler tarafından metabolize edilebilen bileşenlere (özellikle de rafinoz) sahip olması nedeniyle, insan mide ve bağırsaklarında gaz sıkışmaları gibi bazı rahatsızlıklara neden olabilmektedir [15].
- ✓ Mevcut bileşenlerinden bir olan fitik asitin mineral biyoyararlılığına olumsuz etkisi bilinmektedir [16].

Bu nedenle ruşeymin stabilizasyonu depolama süresinin uzatılabilmesi açısından önemli olduğu kadar, son ürünün besinsel kalitesinin artırılması açısından da önemli bir role sahiptir [4,5]. Bu amaçla yapılan stabilizasyon çalışmalarının çoğu patentli çalışmalar olup, oldukça değerlidir. Literatür bilgilerine göre; otoklavlama, fırınlama, kavurma, kuru ısıtma işlemi, infrared ısıtma, antioksidan maddeler ile muamele ve mikrodalga uygulamaları gibi farklı metotlar buğday tanesinin kepek ve özellikle de ruşeym kısmına uygulanarak stabilizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir [17-21]. Ticari uygulamaların birçoğu incelendiğinde ise, ruşeym stabilizasyonlarında genellikle kuru ısıtma işlemlerin tercih edildiği görülmektedir. Kuru ısıtma, son üründe tat, aroma ve renk gibi bazı değişikliklere neden olmasının yanında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda, besinsel özelliklerde özellikle de esansiyel aminoasitlerde azalmaya sebep olmaktadır [22]. Bu nedenle gıda üreticileri gıdanın raf ömrünü uzatabilmek ve besin değerini koruyabilmek için yeni teknoloji ve yöntem arayışına girerek bazı teknolojileri uygulamaya başlamışlardır [23,24]. Mevcut teknolojilere alternatif yeni gıda işleme teknolojileri geliştirilirken, ürün kalitesinin iyileştirilmesinin yanı sıra zaman ve enerji tasarrufunun da sağlanması amaçlar arasındadır [25].

Bu çalışmada; zengin besin içeriğine sahip olan ve genellikle hayvan beslenmesinde değerlendirilen buğday ruşeymi için, en uygun stabilizasyon normu ve şartlarının belirlenerek; besin değeri kayıpları minimum düzeyde olacak şekilde, daha uzun raf ömründe, insan beslenmesinde kullanılması bilimsel açıdan incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Buğday ruşeymi örnekleri ticari bir un değirmeninden (Selva Un A.Ş., Konya, Türkiye) temin edilmiştir. Buğday ruşeymlerinin beklememiş ve taze olması için, değirmendeki un öğütme işleminin hemen ardından temin edilmiştir.

2.2. Deneme Planı (Experimental Plan)

Ruşeym stabilitesi denemelerinde; 5 farklı stabilizasyon işlemi (kuru kavurma, otoklav, mikrodalga, infrared ve ultraviyole-C) uygulanan ham ruşeym örnekleri, 3 farklı depolama koşulunda (buzdolabı şartlarında (4-6°C); oda sıcaklığında ($24 \pm 1^\circ\text{C}$), vakum paketlenme), 3 farklı depolama süresinde (0, 90 ve 180. gün) saklanmış ve depolama stabilitesi özellikleri incelenmiştir. Örneklerin 2/3'lük kısmı kilitli ambalaj poşetlerine konulmuş, bu örneklerin yarısı oda sıcaklığında, diğer yarısı da buzdolabı şartlarında depolamaya alınmıştır. 1/3'lük kısmı ise vakum paketlenme yapılarak oda sıcaklığında depolamaya alınmıştır. Böylece farklı depolama koşulları için, 3 farklı örneklem yapılmış ve depolama süreleri sonlanana kadar saklama koşulları bozulmaksızın ve ambalajları açılmadan depolamaları gerçekleştirilmiştir. Depolama süreleri sonlarında yapılan analizlerinde elde edilen tüm veriler, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre, 2 tekerrürlü olarak ($5 \times 3 \times 3 \times 2$) değerlendirilmiştir.

2.3. Stabilizasyon İşlemi (Stabilization Process)

Stabilizasyon işlemi normları, daha önce Elgün vd. [26] tarafından yürütülen bir çalışmanın sonuçlarına göre belirlenmiştir. Stabilizasyon işlemi uygulanmadan önce tüm ruşeym örnekleri, çekiçli değirmende (FN-3100 Laboratuvar Değirmeni, Perten Instruments, AB, Huddinge, İsveç) 500 µ göz açıklığına sahip elek sistemi kullanılarak öğütülmüştür. Boyut kontrolü amacıyla da, öğütülmüş tüm ruşeym örnekleri, 500 µ'luk bir elek yardımıyla elenerek, denemelerde kullanılmıştır. Stabilizasyon amacıyla uygulanan normlar aşağıdaki şekilde olup, stabilizasyon normları (otoklav stabilizasyon hariç) IR-termometre (Ebro TLC730, Almanya) ile tespit edilmiştir.

- Kuru kavurma** ile Stabilizasyon: Ruşeym örneklerinin (100 g) materyal iç sıcaklığı 100°C 'ye ulaştıktan sonra, bu sıcaklıkta 1 dk bekletilmesi ile bu stabilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kuru kavurma amacıyla kurutma fırını (Nüve KD-200, Ankara, Türkiye) kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 160°C 'ye ayarlanmış olup, stabilizasyon normlarına ulaşma süresi ise, 23-25 dk olarak tespit edilmiştir.
- Otoklavda** Stabilizasyon: Ruşeym örnekleri (100 g), otoklavlanabilir poşetler içinde nem almayacak şekilde ağzıları sıkı şekilde bağlanmış halde, otoklavda (Daihan WAC-60, Kore), 121°C 'ye ulaştıktan sonra, 15 dk bekletilerek stabilize edilmiştir.
- Mikrodalga** Stabilizasyon: Ruşeym örnekleri (100 g), 600 Watt gücündeki mikrodalga fırında (LG Solardom, Seul, Kore), 3 mm derinliğinde olacak şekilde cam bir kap içerisine yayılmış ve işleme tabi tutulmuştur. Stabilizasyon işlemi, ruşeym örneklerinin sıcaklığı 70°C 'ye ulaştıktan sonra, ısıtma olmaksızın 1 dk daha mikrodalga fırın içerisinde kapağı kapalı şekilde bekletilerek yapılmıştır. Mikrodalga stabilizasyon normlarına ulaşma süresi ise yaklaşık 5 dk olarak tespit edilmiştir.
- Infrared** Stabilizasyon: 100 g'lık partiler halinde ve 3 mm derinliğinde olacak şekilde cam ve altındaki ayna düzeneğinden oluşan bir platforma yayılan ruşeym örnekleri, infrared lamba (Philips, IR-250R 250 W, Hollanda) vasıtasıyla, 25 cm uzaklıktan, ürün içi sıcaklığı 70°C 'ye ulaşmaya kadar ısıtılmış, bu sıcaklık derecesinde ulaştıktan sonra da 1 dk daha bekletilerek infrared stabilizasyonu gerçekleştirilmiştir.
- Ultraviyole-C** Stabilizasyon: Kapalı bir düzenek ortamında, UV-C (Philips TUV-8W G8T5, 254 nm, Polonya) vasıtasıyla, 3 mm derinliğinde yayılan ruşeym örnekleri, 25 cm uzaklıktan 3 dk süre ile ultraviyole-C ışınlarına tabi tutulmuştur.

Infrared ve Ultraviyole-C stabilizasyon işlemleri paslanmaz çelikten imal edilmiş korumalı bir kabin içerisinde gerçekleştirilmiştir. Kabinin üst kapağı sökülüp takılabilen yapıda olup, ultraviyole-C ve infrared lambalarının takılabileceği bir elektrik tesisatına da sahiptir. Ayrıca bu kabin içerisinde her iki lambanın (Ultraviyole-C ve Infrared) boyutlarından kaynaklı farklılıkları minimize etmek için, yine paslanmaz çelikten yapılmış, aşağı ve yukarı yüksekliği ayarlanabilen bir paslanmaz çelik platform dizayn edilmiş ve kabin içerisine yerleştirilmiştir. Stabilizasyon işlemleri ise; ruşeym örneği, cam ve ayna ile birlikte, bu platformun üzerine konularak gerçekleştirilmiştir. Daha homojen ve etkin bir stabilizasyon sağlanması için; infrared ve ultraviyole-C stabilizasyon işlemleri uygulanmadan evvel, ruşeym örnekleri 100 g'lık partiler halinde; $0,2 \times 20 \times 20$ cm ebatlarına sahip cam bir platformun üzerine, derinliği 3 mm'yi geçmeyecek şekilde düzgün bir şekilde yayılmıştır. Ruşeym örneklerinin aralarında ise, uygulanan infrared ve ultraviyole-C ışınlarının, materyalin alt kısımlarına da etki edebilmesi amacıyla, yaklaşık 1 cm^2 'lik boşluklar bırakılmıştır. Cam platformun alt kısmına ise, yine aynı ebatlara sahip bir ayna düzeneği yerleştirilmiştir.

2.4. Küf-Maya Yükü (Mold-Yeast Count)

Küf ve maya yükünün tespiti için, her bir ham ruşeym örneğinden aseptik koşullarda 10 g tartılarak içinde 90 ml %0,85'lik fizyolojik tuzlu su bulunan steril poşete konulmuş ve stomacher ile 5 dk homojenize edilmiştir. Elde edilen 10^{-1} 'lik dilüsyondan 1 ml alınarak, içinde 9 ml dilüsyon sıvısı bulunan tüpe ilave edilmiş, işlem aynı şekilde tekrarlanarak seri dilüsyonlar elde edilmiştir. Küf-maya yükünü belirlemek için, hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 ml

alınarak Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar'a (DRBC) paralelli olarak, yüzeye yayma yöntemi ile ekim yapılmış, petri kapları 25°C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda küf ve maya sayımı yapılmıştır [27]. Sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir.

2.5. Peroksit Değeri (Peroxide Values)

Peroksit analizinde AOCS [28]'nin yöntemi uygulanmıştır. Ham ruşeym örneklerindeki yağ, n-hekzan ile ekstrakte edilmiş, daha sonra asetik asit/kloroform (3/2) çözeltisi eklenerek, karanlıkta potasyum iyodür çözeltisi ile reaksiyona bırakılmıştır. Daha sonra açığa çıkan iyot, 0,01 N sodyum tiyosülfat çözeltisine karşı titre edilmiştir.

2.6. p-Anisidin Değeri (p-Anisidine Values)

p-anisidin değeri, AOCS [28]'a göre gerçekleştirilmiştir. Ham ruşeymlerden ekstrakte edilen yağ örnekleri, 25 ml'lik balon jöjeye yaklaşık 0,5 g tartıldıktan sonra izooktan ile tamamlanarak çözülmüştür. Ardından da bu çözümden 5 ml bir test tüpüne alınmış, absorbanı (Ab), izooktan kör olarak kullanarak, spektrofotometrede (Libra S60, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) 350 nm dalga boyunda okunmuştur. Daha sonrada aynı yağ çözeltisinden bir test tüpüne 5 ml alınmış, üzerine glasiyel asetik asit içinde hazırlanan p-anisidin çözeltisinden (0,25 g p-anisidin/100 ml glasiyel asetik asit) 1 ml ilave edilmiş ve 10 dk bekletildikten sonra, 350 nm dalga boyunda bu çözeltinin de absorbanı (As) okunmuştur. Daha sonrada belirlenen bu veriler kullanılarak, ruşeym yağlarının p-anisidin değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$p-AV = 25 (1,2As - Ab) / m$$

p-AV = para anisidin değeri

As = p-anisidin reaktifi ile reaksiyondan sonraki yağ çözeltisinin absorbanı

Ab = yağ çözeltisinin absorbanı

m = yağ örneğinin kütlesi (g)

2.7. Tokoferol İçeriği (Tocopherol content)

Tokoferol konsantrasyon analizi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (Agilent 1260, Agilent Technologies, Almanya) cihazı kullanılarak, IUPAC 2.432 [29]'ye göre belirlenmiştir. Analizlerde Fotodiode Array Dedektör kullanılmış olup, 295 nm de okumalar yapılmıştır. 1,0 g buğday ruşeymi yağ örneği, 10 mL mobil fazda [hekzan:izopropanol (99,5:0,5 v/v)] çözüldürülüp kolona (HICROM, Lichrosorb, Si-60, 250 mm uzunluk, 4,6 mm iç çap, 5 µm gözenek çapı) enjekte (20 µL) edilmiş, akış hızı da 1mL/dk.'ya ayarlanmıştır. Kullanılan standart maddeler şunlardır, α-tokoferol, β-tokoferol ve γ-tokoferol (Calbiochem, Darmstadt, Almanya). Sonuçlar, altı farklı konsantrasyonda hazırlanmış belirli standartların çözümlerinin verdiği sonuçlardan oluşturulan doğruya göre hesaplanmış olup, mg/kg yağ cinsinden verilmiştir.

2.8. İstatistik Analizler (Data Analysis)

Araştırma sonunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistik analiz sonuçları, tablolar halinde özetlenmiş, önemli bulunan interaksiyonlar ise şekiller üzerinde tartışılmıştır [30].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1. Küf-Maya Yüğü (Mold-Yeast Count)

Farklı stabilizasyon işlemleri uygulanan buğday ruşeymlerinin, küf- maya yüğü özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre; oda şartlarında depolanmış stabilize ruşeym örneklerinin (2,33 log kob/g), vakum ambalaj içerisinde depolanmış örneklere (1,38 log kob/g) göre daha fazla küf-maya yüküne sahip olduğu tespit edilmiştir. Buzdolabı şartlarında depolanmış ruşeym örneklerinin, küf-maya yüklerinin ise 1,88 log kob/g olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi ile de küf-maya yüğü artmıştır. Başlangıçta 1,33 log kob/g olan küf-maya yüğü, 90. gün sonunda 1,99 log kob/g'a, 180. gün sonunda ise 2,27 log kob/g'a çıkmıştır. Farklı stabilizasyon işlemleri, küf-maya yüğü değişimlerine farklı etkilerde bulunmuştur. En yüksek küf-maya yüğü infrared stabilizasyonu ile elde edilmişken, mikrobiyal yükün azaltılması açısından en etkili sonuçların sırasıyla otoklav (1,66 log kob/g), ultraviyole-C (1,78 log kob/g) ve mikrodalga (1,90 log kob/g), stabilizasyon işlemleri ile elde edilebildiği ortaya konulmuştur.

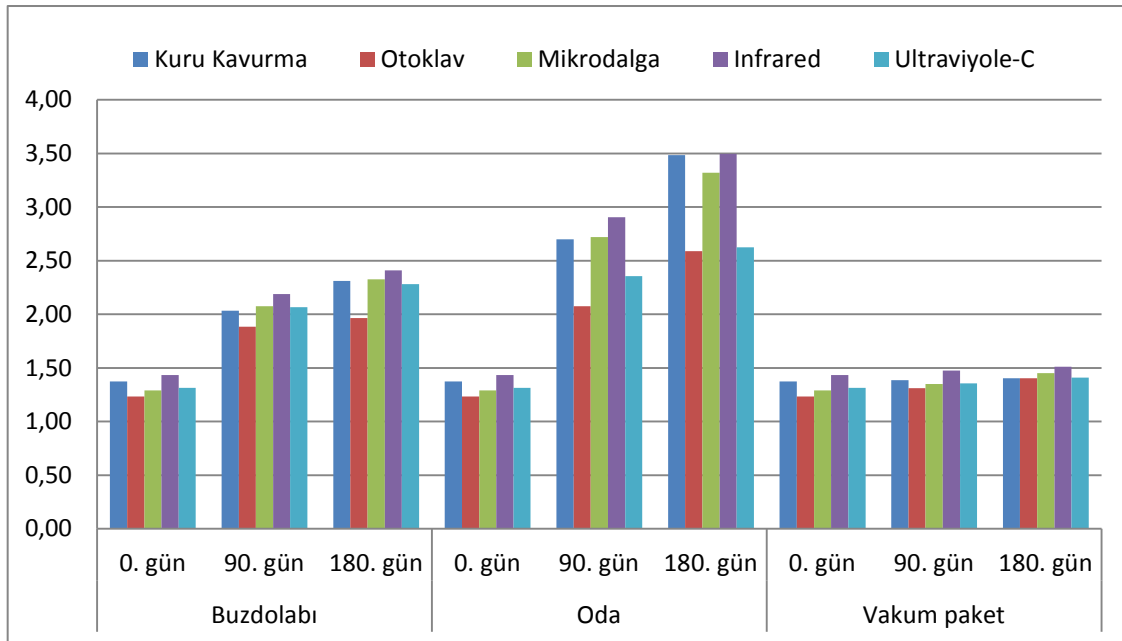
Varyans analizi sonuçlarına göre, istatistiki olarak önemli ($P < 0,01$) bulunan, ruşeym örneklerinin küf-maya yüğü değişimleri üzerine etkili "Depolama koşulu x Depolama süresi x Stabilizasyon metodu" interaksiyonu Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Ruşeym örneklerinin küf-maya yükü¹
(Table 1. Mould-yeast count of wheat germ)¹

	N	Küf- Maya Yükü (log kob/g)
Depolama Koşulu		
Buzdolabı	30	1,88 b
Oda	30	2,33 a
Vakum paket	30	1,38 c
Depolama Süresi		
0.Gün	30	1,33 c
90.Gün	30	1,99 b
180.Gün	30	2,27 a
Stabilizasyon Metodu		
Kuru Kavurma	18	1,94 b
Otoklav	18	1,66 e
Mikrodalga	18	1,90 c
İnfrared	18	2,03 a
Ultraviyole-C	18	1,78 d

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (P>0.05).

Şekil 1'de; depolama süresi arttıkça, özellikle buzdolabı ve oda koşullarında depolanan örneklerde küf-maya yükünün arttığı açıkça görülmektedir. Ruşeym tabakası buğday tanesinin atmosferik şartlara açık olan kısmı olması nedeniyle, mikrobiyolojik ve kimyasal kontaminasyonlara kolaylıkla maruz kalabildiği için [31], başlangıç mikrobiyal yüküne bağlı olarak depolama ile küf-maya yükünün artması doğaldır. Ayrıca küf- maya gelişimi için, ortam şartları oldukça önemlidir. Vakum paketleme yapılmış ruşeym örneklerinin hava ile teması kesildiği için, küf-maya yükü başlangıç değerlerine yakın izlemiştir. Oda şartlarında ise, küf- maya gelişimi en fazla olmuştur. Küf- maya gelişimi için oda sıcaklıklarının ideal bir ortam olduğu düşünüldüğünde, oda şartlarında depolanan ruşeym örneklerinin en yüksek artış göstermesi beklenen bir sonuçtur. Ayrıca otoklav ve ultraviyole-C stabilizasyon işlemlerinin, küf- maya yükü üzerinde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Birçok literatür çalışmasına bakıldığında, hem stabilizasyon ve hem de dezenfeksiyon yöntemi olarak kullanılan mikrodalga, otoklav, ultraviyole ve infrared işlemlerinin mikrobiyal yükü azaltıcı etkisinin ortaya konduğu görülmektedir [32-35]. Bu çalışmada da ruşeymin küf-maya yükü üzerinde; infrared ve kuru kavurma gibi stabilizasyon işlemlerinin yerine, otoklav ve Ultraviyole-C'nin daha etkin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1 ve Şekil 1).



Şekil 1. Ruşeym örneklerinin küf-maya yükü değişimleri (log kob/g)
(Figure 1. Changes in mold-yeast count of the wheat germ samples (log cfu/g))

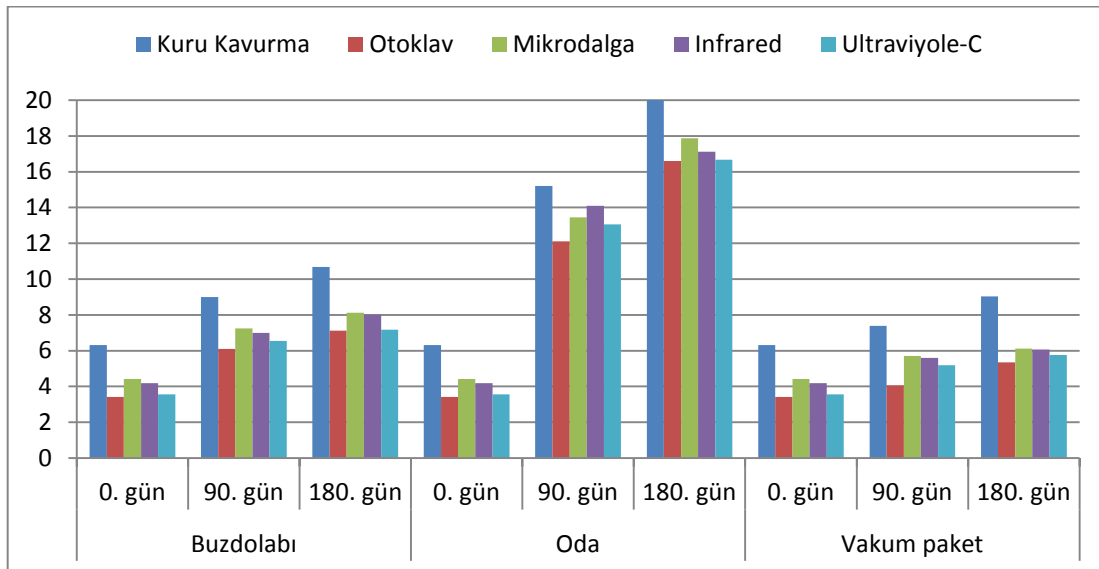
3.2. Peroksit, P-Anisidin ve Tokoferol İçeriği (Peroxide, P-Anisidine and Tocopherol Content)

Farklı stabilizasyon işlemleri uygulanmış buğday ruşeymlerden elde edilen ham yağların depolama stabilitesi özelliklerine (peroksit, p-anisidin ve tokoferol (α , β ve γ) içeriği) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'ye göre; ruşeym stabilizasyonu açısından en etkili depolamanın vakum paketleme olduğu belirlenmiştir. Gerek peroksit ve p-anisidin değerlerinin daha düşük olması, gerekse tokoferol içeriğinin daha fazla olması bir başka ifade ile korunması vakum paketlemeyi daha etkin kılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre, oda sıcaklığında depolanmış ruşeymlerden ekstrakte edilen yağların stabilitesi en fazla değişim göstermiştir. Ayrıca depolama süresi ve stabilizasyon işlemleri de, ruşeym stabilizasyonu üzerinde etkili olmuştur. Depolama süresinin artması ile peroksit değerleri ve p-anisidin değerleri artmıştır. Bu değerlerdeki artışlarla beraber ters orantılı olarak α -, β - ve γ - tokoferol içerikleri azalmıştır. Capitani vd. (2011) yapmış oldukları çalışmalarında; buğday ruşeym yağlarının 45°C'de depolama ile peroksit değerlerinin 6,11 meq/kg'a ulaştığını, depolama süresiyle peroksit değerlerin arttığını ve α , β ve γ - tokoferol içeriklerinin azaldığını bildirmişlerdir. Stabilizasyon işlemlerinin etkisi ise farklı olmuştur. Ruşeym stabilitesi açısından en iyi ve olumlu sonuçları, küf-maya yükü değişimlerinde olduğu gibi, otoklav ve Ultraviyole-C stabilizasyon işlemleri vermiştir. En olumsuz veriler ise, kuru kavurma işleminde elde edilmiştir (Tablo 2). Varyans analizi sonuçlarına göre, istatistiki olarak önemli ($P < 0,01$) bulunan, ruşeym örneklerinin peroksit değerleri üzerine etkili "Depolama koşulu x Depolama süresi x Stabilizasyon metodu" interaksyonu Şekil 2'de, tokoferol (α , β ve γ) içeriklerine stabilizasyon işlemlerinin etkisi ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. Ruşeym yağlarının depolama stabilitesi özellikleri¹
(Table 2. Storage stability properties of wheat germ oils)¹

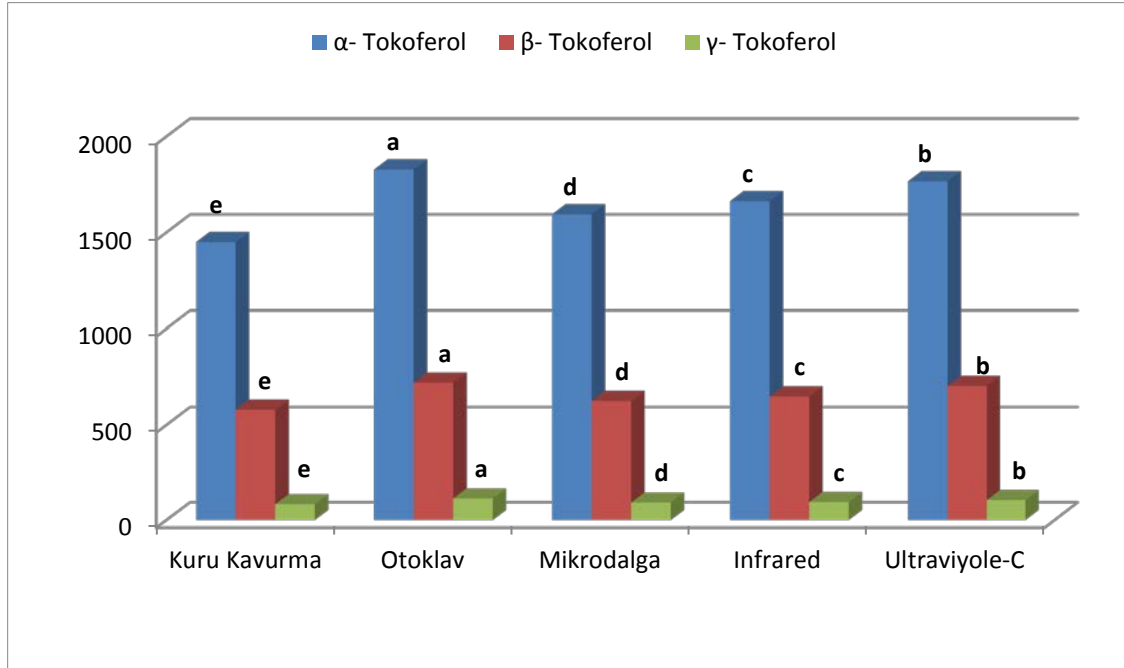
	N	Peroksit değeri (meq O ₂ /kg)	P-Anisidin Değeri	α -Tokoferol (mg/kg)	β -Tokoferol (mg/kg)	γ -Tokoferol (mg/kg)
Depolama Koşulu						
Buzdolabı	30	6,59 b	11,72 b	1652,03 b	647,23 b	94,33 b
Oda	30	11,99 a	13,40 a	1580,73 c	620,37 c	92,83 c
Vakum paket	30	5,47 c	5,45 c	1747,43 a	697,87 a	105,27 a
Depolama Süresi						
0.Gün	30	4,37 c	4,31 c	1867,60 a	755,20 a	113,60 a
90.Gün	30	8,78 b	12,12 b	1632,70 b	655,20 b	91,57 b
180.Gün	30	10,90 a	14,14 a	1479,90 c	555,07 c	87,27 c
Stabilizasyon Metodu						
Kuru Kavurma	18	10,24 a	14,77 a	1449,56 e	579,00 e	82,94 e
Otoklav	18	6,84 e	8,72 e	1827,61 a	720,39 a	113,06 a
Mikrodalga	18	7,96 b	9,37 b	1594,22 d	624,78 d	92,11 d
İnfrared	18	7,83 c	9,14 c	1662,56 c	647,94 c	94,44 c
Ultraviyole-C	18	7,23 d	8,94 d	1766,39 b	703,67 b	104,83 b

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($P>0.05$).



Şekil 2. Ruşeym örneklerinin peroksit değerleri (meq O₂/kg) değişimleri
(Figure 2. Changes in peroxide values (meq O₂/kg) of wheat germ samples)

Yağların oksitlenme derecelerini belirlemek için kullanılan en yaygın ve en eski analiz yöntemi peroksit değerleridir. Peroksit değeri (sayısı), yağın muhafaza durumunun kalitatif bir göstergesidir. Yağın oksijen, ısı, ışık, gibi elverişsiz ortamlarda ya da bu ortamların geçişini sağlayacak saydam ambalajlarda bulunması oksidasyonu, dolayısıyla peroksit sayısını arttırmaktadır [37,38]. Şekil 2'ye bakıldığında; vakum paketleme yapılmış stabilize ruşeymlerden ekstrakte edilen ham yağ örneklerin peroksit değerlerin daha düşük olduğu, depolama süresi ile tüm ruşeym örneklerinin peroksit değerlerinin arttığı ve kuru kavurma stabilizasyonda daha yüksek peroksit değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir. Ham yağ örneklerinin tokoferol değişimlerini ifade eden Şekil 3 incelendiğinde ise; en etkili ve olumlu sonuçlar otoklav ile yapılan stabilizasyonlarda, en olumsuz ve en düşük tokoferol içerikleri ise kuru kavurma stabilizasyon işlemlerinde elde edilmiştir. Bunda da, kuru kavurma işleminde, diğer stabilizasyon uygulamalarına nazaran daha yüksek sıcaklık derecelerinin daha uzun süre uygulanmış olması etkili olmuştur.



Şekil 3. Ruşeym örneklerinin α -, β - ve γ - tokoferol (mg/kg) içeriklerine stabilizasyon metotlarının etkisi
(Figure 3. Effect of stabilization methods on α -, β - and γ -tocopherol (mg/kg) contents of wheat germ samples)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada; farklı stabilizasyon işlemlerinin (kuru kavurma, otoklav, mikrodalga, infrared ve ultraviyole-C) ile elde edilen stabilize ruşeym örnekleri, farklı depolama koşulları (oda sıcaklığı, buzdolabı ve vakum ambalaj) ve sürelerinde (0, 90 ve 180 gün) saklanmış ve bu koşullardaki depolama stabilitesi özellikleri incelenmiştir. 180 günlük depolama süresince, en iyi depolama koşullarının vakum ambalajlanmış örneklerde elde edildiği gözlemlenmiştir. Yağların oksidasyonunun da sıcaklık ve oksijen (hava) oldukça önemli rol oynadığından; vakum ambalajlanmış ruşeym örneklerinde hava ile olan teması sonlandırıldığı için, daha az yağ oksidasyonu gerçekleşmiş ve daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak; stabilize edilmiş buğday ruşeymlerinde, vakum ambalajlama yapılması gerektiği, stabilizasyon metodu olarak ısı işlemlerden otoklav ve ısı olmayan işlemlerden ise ultraviyole-C işleminin etkili sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, TÜBİTAK-TOVAG tarafından 113 O 452 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. Elgün, Z. Ertugay, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:718, Erzurum, 1995.
- [2] S.A. Shurpalekar, P.H. Rao, Wheat germ, *Advances in Food Research*. 23 (1977), 187-304. doi:10.1016/S0065-2628(08)60329-8

- [3] Ü. Çakmaklı, E. Köse, K. Kemahlıoğlu, Ham ve stabilize ticari buğday ruşeyminin bir katkı maddesi kombinasyonu ile birlikte katımının hamur ve ekmek niteliklerine etkileri, *Gıda*. 20 (4) (1995), 243-248.
- [4] A.K. Srivastava, M.L. Sudha, V. Baskaran, K. Leelavathi, Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough, *European Food Research and Technology*. 224 (3) (2007), 365-372. doi:10.1007/s00217-006-0317-x
- [5] M.L. Sudha, , A.K. Srivastava, K. Leelavathi, Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ, *European Food Research and Technology*. 225 (3-4) (2007), 351-357. doi: 10.1007/s00217-006-0422-x
- [6] Ş. İbanoğlu, İ. Gökpınar, A.C. Dalgıç, M.D. Öner, Buğday ruşeymi özellikleri ve kullanım alanları, *Unlu Mamüller Teknolojisi*. 8 (6) (1999), 39-43.
- [7] T. Wang, L.A. Johnson, Refining high-free fatty acid wheat germ oil, *Journal of The American Oil Chemists' Society*. 78 (1) (2001), 71-76. doi: 10.1007/s11746-001-0222-2
- [8] O.A. Megahad, O.S. El Kinawy, Studies on the extraction of wheat germ oil by commercial hexane, *Grasas Y Aceites*. 53 (4) (2002), 414-418. doi: 10.3989/gya.2002.v53.i4.339
- [9] S. Türker, A. Elgün, Süne-kıvıllı zararlı tavlı buğdaylara mikrodalga uygulamasının öğütme ve un özelliklerine etkisi, *Gıda*. 23 (1) (1998), 67-73.
- [10] S.M. Nolasco, L.A. Aguirrezábal, J. Lúquez, C. Mateo, Variability in oil tocopherol concentration and composition of traditional and high oleic sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in the pampean region (Argentina), *Grasas Y Aceites*. 57 (3) (2006), 260-269. doi: 10.3989/gya.2006.v57.i3.47
- [11] K.X. Zhu, H.M. Zhou, H.F. Qian, Protein extracted from defatted wheat germ: nutritional and structural properties, *Cereal Chemistry*. 83 (2006), 69-75. doi:10.1094/CC-83-0069
- [12] Y. Hışıl, S. Ötleş, Vitamin and mineral contents of wheat germ, *Gıda*. 16 (5) (1991), 303-306.
- [13] L. Yu, S. Haley, J. Perret, M. Harris, Antioxidant properties of hard winter wheat extracts, *Food Chemistry*. 78 (4) (2002), 457-461. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00156-5
- [14] B. Xu, S.L. Zhou, W.J. Miao, C. Gao, M.J. Cai, Y. Dong, Study on the stabilization effect of continuous microwave on wheat germ, *Journal of Food Engineering*. 117 (1) (2013), 1-7. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.031
- [15] C.G. Rizzello, A. Cassone, R. Coda, M. Gobbetti, Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as an ingredient for bread making, *Food Chemistry*. 127 (3) (2011), 952-959. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.063
- [16] C.I. Febles, A. Arias, A. Hardisson, C. Rodriguez-Alvarez, A. Sierra, Phytic acid level in wheat flours, *Journal of Cereal Science*. 36 (1) (2002), 19-23. doi: 10.1006/jcrs.2001.0441
- [17] H.P. Rao, G.V. Kumar, R.G.C.P. Rao, S.R. Shurpaleker, Studies on stabilization of wheat germ. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 13 (1980), 302-307.
- [18] R. Vetrimani, N. Jyothirmayi, P.H. Rao, C.S. Ramadoss, Inactivation of lipase and lipoxygenase in cereal bran, germ and soybean by microwave treatment, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 25 (6) (1992), 532-535.
- [19] S. Kermasha, B. Bisakowski, H. Ramaswamy, F. Van de Voort, Comparison of microwave, conventional and combination heat treatment on wheat germ lipase activity, *International Journal of Food Science and Technology*. 28 (1993), 617-623. doi: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb01313.x
- [20] R.W. Klinker, Stabilization of wheat germ by microwave heating, *Getriede Mehl und Brot*. 48 (1994), 18-21.
- [21] H. Zwingelberg, B. Fretzdorff, Effect of microwave treatment on the keeping characteristics of food grade wheat germ, *Getriede Mehl und Brot*. 50 (1996), 214-218.
- [22] E. İbanoğlu, Kinetic study on colour changes in wheat germ due to heat, *Journal of Food Engineering*. 51 (3) (2002), 209-213. doi: 10.1016/S0260-8774(01)00057-7
- [23] P. Elez-Martinez, J. Escola-Hernandez, R.C. Soliva-Fortuny, O. Martin-Belloso, Inactivation of lactobacillus brevis in orange juice by high-intensity pulsed electric fields, *Food Microbiology*. 22 (4) (2005), 311-319. doi: 10.1016/j.fm.2004.09.005
- [24] Z. Liang, Z. Cheng, G.S. Mittal, Inactivation of spoilage microorganisms in apple cider using a continuous flow pulsed electric field system, *LWT-Food Science and Technology*. 39 (4) (2006), 351-357. doi: 10.1016/j.lwt.2005.02.019
- [25] S.Ö. Özkoç, Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı, *Gıda*. 35 (3) (2010), 211-218.
- [26] A. Elgün, S. Türker, N. Bilgiçli, M.K. Demir, N. Ertaş, Depolama stabilitesi, ekmekçilik kalitesi ve besin değeri daha yüksek tam buğday unu üretimi üzerine bir araştırma, Tübitak-TOVAG, Proje No: 106O187, Konya, (2009).
- [27] M. Certel, F. Erem, B. Karakaş, Farklı depolama koşullarında normal ve kepekli ekmeklerin mikrobiyolojik özellikleri, su aktivitesi ve sünme durumunun değişimi, *Gıda*. 34 (6) (2009), 351-358.
- [28] AOCS, In Official Methods and Recommended Practices of The American Oil Chemists' Society, AOCS Press: Champaign, IL., 1990.

- [29] IUPAC-International Union of Pure and Applied Chemistry, Method 2.432 in Standard Methods for The Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 7th edition, *Pergamon Press*, Oxford, 1992.
- [30] O. Düzgüneş, T. Kesici, O. Kavuncu, F. Gürbüz, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları-II), *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1021*, Ankara, 1987.
- [31] M.K. Demir, A. Elgün, Buğday Ruşeyminin Beslenmedeki Yeri, 1. *Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi*, Ankara, 184-185, 2011.
- [32] J. Tao, Rice bran stabilization by improved internal and external heating methods, PhD Thesis, *Louisiana State University, Baton Rouge, LA.*, 1989.
- [33] H.U. Hebbar, K.E. Nandini, M.C. Lakshmi, R. Subramanian, Microwave and infrared heat processing of honey and its quality, *Food Science and Technology Research*. 9 (1) (2003), 49-53. doi: 10.3136/fstr.9.49
- [34] N. Özkütük, Mikrodalga ve ultraviyole ile dezenfeksiyon uygulamaları, kullanım alanları genel özellikleri, 4. *Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi*, Samsun, 338-343, 2005.
- [35] M. Capitani, C.M. Mateo, S.M. Nolasco, Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 28 (2) (2011), 243-250. Doi: 10.1590/S0104-66322011000200008
- [36] H. Dıraman, Türkiye'nin farklı bölgelerinden çeşitli sistemlerle üretilmiş natürel zeytinyağlarında oksidatif stabilite ve serbest asitlik düzeyi üzerine çalışmalar, *Gıda*. 32 (2) (2007), 63-74.
- [37] D.B. Konuşkan, Hatay'da yetiştirilen halhali, sarı haşebi ve gemlik zeytin çeşitlerinden çözücü ekstraksiyonuyla elde edilen yağların bazı niteliklerinin belirlenmesi ve mekanik yöntemle elde edilen zeytinyağları ile karşılaştırılması, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Adana, 2008.