

GIDA (Gıda Teknolojisi Derneği Yayını)
THE JOURNAL OF FOOD (Published by the Association of Food Technology; Turkey)
Cilt / Volume: 40 • Sayı / Number: 1 • 2015
İki ayda bir yayımlanır / Published bimonthly
ISSN 1300 - 3070; ISSN 1309 - 6273 (GIDA on-line)

Sahibi / Owner

Gıda Teknolojisi Derneği Adına / *On behalf of the Association of Food Technology; Turkey*

Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN

Yönetim Kurulu Başkanı / *President of the Association*

Editörler Kurulu / Editorial Board	Danışma Kurulu / Advisory Board
Baş Editör/ Editor-in Chief Halkman, A. Kadir <i>Ankara University, Turkey</i>	Alichanidis, Efsthios <i>Aristotle University of Thessaloniki, Greece</i> Aran, Necla <i>Istanbul Technical University, Turkey</i> Artık, Nevzat <i>Ankara University, Turkey</i> Baysal, Taner <i>Ege University, Turkey</i> Boyacı, İsmail Hakkı <i>Hacettepe University, Turkey</i> Certel, Muharrem <i>Akdeniz University, Turkey</i> Draughon, Ann <i>Tennessee University, USA</i> Ekşi, Aziz <i>Ankara University, Turkey</i> El Soda, Morsi <i>University of Alexandria, Egypt</i> Fogliano, Vincenzo <i>University of Napoli Federico II, Italy</i> Ghosh, Bikash C. <i>National Dairy Research Institute, India</i> Gollop, Natan <i>The Volcani Center, ARO, Israel</i> Gökmen, Vural <i>Hacettepe University, Turkey</i> Griffiths, Mansel <i>University of Guelph, Canada</i> Göğüş, Fahrettin <i>Gaziantep University, Turkey</i> Gümüşkesen, Aytaç Saygın <i>Ege University, Turkey</i> Güven, Mehmet <i>Cukurova University, Turkey</i> Heperkan, Dilek <i>Istanbul Technical University, Turkey</i> Ho, Chi-Tang <i>The State University of New Jersey, USA</i> Kaya, Mükerrerem <i>Atatürk University, Turkey</i> Kaymak-Ertekin, Figen <i>Ege University, Turkey</i> Koçak, Celalettin <i>Ankara University, Turkey</i> Köksel, Hamit <i>Hacettepe University, Turkey</i> Morales, Francisco J. <i>CSIC Instituto del Fr o, Spain</i> Mujtaba, Mustafa G. <i>Florida Gulf Coast University, USA</i> Ögel, Zümrüt <i>Middle East Technical University, Turkey</i> Özilgen, Mustafa <i>Yeditepe University, Turkey</i> Paalme, Toomas <i>Tallinn University of Technology, Estonia</i> Parlar, Harun <i>Technical University of Munich, Germany</i> Raspor, Peter <i>University of Primorska, Slovenia</i> Rezessy-Szabo, Judit M. <i>Corvinus University of Budapest, Hungary</i> Şahin, Serpil <i>Middle East Technical University, Turkey</i> Üstünoğlu, Zeynep <i>Michigan State University, USA</i> Yetişemiyen, Atilla <i>Ankara University, Turkey</i>
Editörler / Co-Editors Çakır, İbrahim <i>Abant İzzet Baysal University, Turkey</i> Taban, Birce <i>Ankara University, Turkey</i> Tekin, Aziz <i>Ankara University, Turkey</i> Velioglu, Y. Sedat <i>Ankara University, Turkey</i>	
Yönetim Yeri Adres / Address Büyükelçi Sokak No: 18/1 Kavaklıdere/ Ankara Turkey	
Tel: (+90) 312 596 1180 • Faks: (+90) 312 317 8711 E-posta / E-mail: dergi@gidadernegi.org URL: http://www.gidadernegi.org/dergi.asp	
Yayın Türü: Yaygın süreli ve hakemli	
Basım Yeri / Printing House Sim Matbaacılık Ltd. Şti İvedik Organize San. Böl. Mat-Sit İş Mrk. 1518. Sk. No:2/14 Yenimahalle / Ankara Turkey Tel : (+90) 312 230 22 09 Faks: (+90) 312 230 41 39 e-mail: simmatbaasi@gmail.com	
Yayın Tarihi / Publication Date 15 02 2015	

Bu dergi, uluslararası **CAB Abstracts, Citefactor, Index Copernicus, EBSCO, ULAKBİM** (Yaşam Bilimleri) **FAO Agris** ve **DOAJ** veri tabanları kapsamındadır.

This journal is covered by **CAB Abstracts, Citefactor, Index Copernicus, EBSCO, ULAKBİM** (National Databases) **FAO Agris** and **DOAJ** database systems.

İçindekiler / Content

Andiç S, Tunçtürk Y, Javidipour I, Gençcelep H; <i>Effects of different herbs on biogenic amine contents and some characteristics of herby cheese / Farklı otların otlu peynirin biyojen amin içeriği ve bazı özellikleri üzerine etkisi</i>	1-8
Çalışkan G, Dirim SN; <i>Freeze drying kinetics of persimmon puree / Cennet elması püresinin dondurarak kurutma kinetiğinin belirlenmesi</i>	9-14
Kaya A, Kamer MS, Şahin HE; <i>Trabzon hurmasının (Diospyros kaki L.) kuruma davranışının deneysel incelenmesi / Experimental investigation of drying kinetics of Trabzon persimmon (Diospyros kaki L.)</i>	15-21
Argun MŞ, Elgün A; <i>Süne-kımlı zararına uğramış buğday unlarının ekmekçilik kalitesinin tahmininde kullanılan uzatmalı zeleny sedimentasyon testinin optimizasyonu ve diğer kalite parametreleri ile karşılaştırılması üzerine bir araştırma / A research on the optimization and comparing with other quality parameters of delayed zeleny sedimentation test which uses to predict baking quality of wheat flours damaged by sunn pest (Eurygaster intergriceps and Aelia rostrata)</i>	23-30
Özer N, Çoksöyler FN; <i>Şalgam suyunun bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri / Some chemical and microbiological properties of şalgam juice</i>	31-38
Kutlu N, İşci A, Demirkol ÖŞ; <i>Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri / Thin layer drying models in food systems</i>	39-46
Deniz E, Yeşilören G, Özdemir N, İşçi A; <i>Türkiye'de gıda endüstrisi kaynaklı biyokütle ve biyoyakıt potansiyeli / Biomass and biofuel potential of food industry in Turkey</i>	47-54
Boz H; <i>Tahıllarda sinapik asit / Sinapic acid in cereals</i>	55-60

Editörden,

Merhaba,

Gıda Teknolojisi Derneği'nin olağan Genel Kurulu toplantısı, 27 Ocak 2015 tarihinde yapılmıştır. Seçim sonrası yapılan Yönetim Kurulu toplantısı sonucu göreve gelen yeni Yönetim Kurulu görev dağılımı aşağıda verilmiştir:

Yönetim Kurulu:

Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN: Yönetim Kurulu Başkanı

Prof. Dr. Nevzat ARTIK: Başkan Yardımcısı; 2. Başkan

Arş. Grv. Onur KETENOĞLU: Sekreter

Petek ATAMAN: Eğitim ve Tanıtma Yönetmeni

Arş. Grv. Naciye KUTLU: Sayman

Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR: Yayın Yönetmeni

Doç. Dr. Birce M. TABAN: Dış İlişkiler Temsilcisi

Adı geçen toplantıda seçilen Denetleme Kurulu ise şöyledir:

Prof. Dr. Sedat VELİOĞLU

Prof. Dr. Aziz TEKİN

Dr. İsmail MERT

Dernek Tüzüğüme göre üç yıllık süreyle göreve gelen çalışma arkadaşlarım ile sadece [bu şekilde devam] değil yeni pek çok ilerleme sağlayacağımıza güvenim tamdır.

Türkiye 12. Ulusal Gıda Kongresini 2016 ekim ayı ortasında Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ile ortaklaşa yapmaya karar verdik. Hiçbir imza atılmadı ama 02 Şubat 2015 günü sevgili Prof. Dr. Zeynep KATNAŞ Hocam ve değerli çalışma arkadaşları ile yapmış olduğumuz toplantıda bu karar alındı. Kongre çarşamba sabahı başlayacak, cuma öğle saatinde bitecek. Cuma öğleden sonra Edirne şehir turu var. Cumartesi günü ise gününbirlik Balkan turu olacak.

Kuşadası'nda yapmış olduğumuz 2. Uluslararası Gıda Teknolojisi Kongresi öncesinde ücretsiz bir Gıda Mikrobiyolojisi kursu vermiş idim. Katılım çok yüksek idi. Bu programı Edirne'de yapacağımız 12. Ulusal Gıda Kongresi öncesinde de tekrarlayacağım.

Bu kongre için lütfen web sayfamızı izleyin.

Devamında, Kapadokya'da yapmayı planladığımız 3. Uluslararası Gıda Teknolojisi Kongresi için 2018 yılı sonbaharını kurşun kaleminden biraz daha silinmez bir kalem ile ajandanıza kaydedin.

Sevgi ve saygılarımla,

Prof. Dr. A. Kadir Halkman

A Message from the Editor-in-Chief

Hello,

The Annual General Assembly of the Association of Food Technology was held on January 27, 2015. The distribution of tasks in the new Board of Directors, which was elected for a 3-year period in the Board Meeting held just after the Assembly, is as follows:

Board of Directors:

Prof. A. Kadir HALKMAN: Chairman of the Board of Directors

Prof. Nevzat ARTIK: Vice Chairman

Res. Assist. Onur KETENOĞLU: Secretary

Petek ATAMAN: Training and Publicity Director

Res. Assist. Naciye KUTLU: Accounting Officer

Assoc. Prof. İbrahim ÇAKIR: Publication Director

Assoc. Prof. Birce MERCANOĞLU TABAN: Foreign Relations Executer

Members of Control Commission selected at the regarding meeting is as follows:

Prof. Sedat VELİOĞLU

Prof. Aziz TEKİN

Prof. Berrin ÖZKAYA

I am fully confident that I will provide many new advances with my colleagues, who were elected for a 3-year period according to the Charter of our Association,

We decided to hold the 12th National Food Congress jointly with the Food Engineering Department of Trakya University in the October of the year 2016. No signature has been put, but we have taken this decision on our meeting with dear Prof. Zeynep KATNAŞ and her esteemed colleagues on the day of February 2, 2015. The Congress will begin on Wednesday morning, will end at noon on Friday. There will be a Edirne city tour on Friday afternoon. There will be a Balkans tour for the day of Saturday.

I gave a free food microbiology course just before the 2nd International Congress on Food Technology. Participation to this course was very high. I will repeat this program before the 12th National Food Congress which will be hold in Edirne.

Please follow our website for this conference.

Subsequently, note the fall of the year 2018 by a ball-point pen to your calendar for the 3rd International Congress on Food Technology which we plan to do in Cappadocia.

Best Regards,

Prof. A. Kadir Halkman

EFFECTS OF DIFFERENT HERBS ON BIOGENIC AMINE CONTENTS AND SOME CHARACTERISTICS OF HERBY CHEESE

Seval Andic^{*1}, Yusuf Tunçtürk¹, Issa Javidipour¹, Hüseyin Gençcelep²

¹Department of Food Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
University of Yüzüncü Yıl, Van

²Department of Food Engineering, Faculty of Engineering,
University of Ondokuz Mayıs, Samsun

Geliş tarihi / Received: 01.07.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 14.07.2014

Kabul tarihi / Accepted: 21.10.2014

Abstract

In this study, the effects of different herbs (*Allium* sp., *Ferula* sp. and *Anthriscus* sp.) on some properties of Herby cheese, during 90 days, were studied. Herby cheese samples were analyzed in terms of selected organic acids (formic, lactic, acetic, citric, and butyric) and biogenic amines (phenylethylamine, histamine, tyramine, cadaverine, putrescine, and tryptamine). The dominant organic acid and biogenic amine found in herb added cheeses were lactic acid and phenylethylamine, respectively. Heliz and Sirmo added cheeses contained higher phenylethylamine than those of the Mendo added and control group cheeses. The highest mean value of lactic acid was found in Heliz added cheeses. Differences among the fatty acids of all samples were not significant ($P<0.05$) statistically. Total counts of mesophilic aerobic bacteria, lactic acid bacteria, and coliform bacteria decreased during ripening in all cheese samples.

Keywords: Herby cheese, organic acids, biogenic amines, microbiological characteristics, chemical characteristics

FARKLI OTLARIN OTLU PEYNİRİN BİYOJEN AMİN İÇERİĞİ ve BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Özet

Bu çalışmada 90 günlük depolama süresi boyunca farklı otların (*Allium* sp., *Ferula* sp. and *Anthriscus* sp.) Otlı peynirin bazı özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Otlı peynir örneklerinin organik asit (formik, laktik, asetik, sitrik, ve bütirik) ve biyojen amin (feniletülin, histamin, tiramin, kadaverin, putresin, ve triptamin) içerikleri belirlenmiştir. Otlı peynirlerde en yüksek miktardaki organik asidin laktik asit ve biyojen aminin ise feniletülin olduğu bulunmuştur. Otlı peynirlerin kontrol grubu örneklere göre daha yüksek miktarda feniletülin ve histamin içerdiği tespit edilmiştir. Peynir örnekleri arasında yağ asitleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Toplam mezofilik aerob bakteri, laktik asit bakterisi ve koliform bakteri sayılarının depolama süresi boyunca tüm peynir örneklerinde azaldığı saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Otlı peynir, organik asit, biyojen amin, mikrobiyel özellikler, kimyasal özellikler

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ sevalandic@yyu.edu.tr,

☎ (+90) 432 225 1025,

☎ (+90) 432 225 1730

INTRODUCTION

Recently specific attention has been given to the adaptation of traditional cheeses to industrial practices. Turkey has a very long tradition of producing a large variety of cheeses. Herby cheese is one of the popular products traditionally produced from raw milk in Eastern Turkey. This cheese variety has a semi hard texture and a salty taste and is produced in small family or artisan workplaces and generally made from raw sheep's milk. Furthermore mixtures of sheep's, cow's or goat's milk are used in the manufacture of Herby cheese. This cheese variety is ripened for about 3 months in order to get the desired taste and flavor. Almost 25 kinds of herbs are used for the production of Herby cheese. However most preferred herbs are "sirmo" (*Allium* sp.), "heliz" (*Ferula* sp.) and "mendo" (*Anthriscus* sp.) (1-3). This dairy product, is generally produced in homes under poor hygienic conditions and marketed in open markets.

In cheese, toxic compounds such as biogenic amines are produced during ripening. This compounds originate in foods from decarboxylation of specific amino acids (4, 5). Levels of biogenic amines vary according to ripening period and microflora. As raw milk and herbs are used in the production of traditional Herby cheese, the process should be investigated in terms of biogenic amines and microbial characteristics. Sağun et al. (6) noticed that the level of histamine in Herby cheese was 21.9 mg/kg on the first day of ripening, then gradually increased, and reached 46.2 mg/kg at day 90. Andiç et al. (1) analyzed some biogenic amines in Herby cheese, and tyramine was found to be dominant biogenic amine with levels ranging from 18 to 1125.5 mg/kg. Durlu-Özkaya (7) detected the average amounts of putrescine, cadaverine, histamine, tyramine, and spermidine in 9 Herby cheese samples as 24.3, 8.0, 17.4, 182.4, and 115.7 mg/kg, respectively.

It was reported in the studies which were carried out to determine the microbiological characteristics of Herby cheese that *S. aureus* and *E. coli* were present in fairly high numbers, with average of 6.10 and 3.68 log CFU/g, respectively in 50 unripened Herby cheese (8). Sancak (9) stated that enterococci count was 6.3×10^4 log CFU/g.

Many studies were carried out to determine amine contents of different types of cheese, but there are only few studies focusing on the effect of herb addition on biogenic amine accumulations in Herby cheese. The aim of this study was to

determine the effect of different herbs on the biogenic amines and other characteristics (organic acids, and some microbiological, chemical, and biochemical properties) of Herby cheese during 90 days of storage.

MATERIAL and METHODS

Manufacture of the Herby Cheese

The pickled forms of the most preferred herbs are "sirmo" (wild garlic) (*Allium* sp.), "heliz" (*Ferula* sp.), and "mendo" (*Anthriscus* sp.); they were separately used for cheese production. The raw milk mixture [cow (50%) and sheep (50%)] was heated to 32°C and coagulated with microbial rennet (Mayasan Company, Istanbul, Turkey) for 45 min. After coagulation, the curd was cut, partly drained, and divided into 4 groups. (1 control group, 2 mendo-added groups, 3 heliz-added groups, and 4 sirmo-added groups). Then the pickled herbs were added to the cheese curds and mixed. Levels of the herbs in pickled form were 1% of milk weight used. The control cheese contained no herb. After that, the curds were drained and pressed for 3 h. After draining, cheeses were cut into blocks of 7x7x5 cm. These were placed into plastic boxes and filled with brine containing 14% NaCl. Samples were taken on the 30th, 60th, and 90th days of the ripening period for chemical and microbiological analyses. The experiment was repeated twice and the analyses were done in duplicate.

Chemical Analysis

Titrateable acidity, dry matter, fat, total nitrogen, and salt contents of the cheese samples were determined according to the methods described by AOAC (10). Water-soluble nitrogen (WSN), trichloroacetic acid-soluble nitrogen (TCA-SN), and phosphotungstic acid-soluble nitrogen (PTA-SN) ratios were determined according to the methods given by Bütikofer et al. (11). Lipolysis measurement was done by using BDI method and recorded as acid degree value (ADV) (12). pH values of the cheese samples were measured by using a HANNA pH meter (HANNA Instruments, Cluj-Napoca, Romania).

Analysis of Biogenic Amines

Six aqueous standard solutions containing cadaverine dihydrochloride, putrescine dihydrochloride, tyramine hydrochloride, tryptamine hydrochloride, phenylethylamine hydrochloride, histamine dihydrochloride, and 1,7-diaminoheptane (as internal standard)

from Sigma (St. Louis, MO) were derivatized as described for the cheese samples. Biogenic amine contents of the samples were determined according to the method of Eerola et al. (13). Biogenic amines were extracted from 2.0 g samples with 0.4 M perchloric acid and detected as their dansyl derivatives by HPLC. The gradient-elution system was 0.1 M ammonium acetate as solvent A, and acetonitrile as solvent B. The gradient-elution program was started at 50% solvent B and ended at 90% solvent B in 25 min. The system was equilibrated for 10 min. before the next analysis. The flow rate was 1.0 mL/min. and the column temperature was 40 °C. A 20- μ L sample was injected onto the column. Peaks were controlled at 254 nm using the HPLC system with a column Spherisorb ODS2 150A, 150 x 4.60 mm (Waters, Milford, MA, USA) and a gradient pump, which included an Agilent HPLC (1100 series, G1311A quaternary pump, G1315A diode array detector, G1313A auto sampler, and G1322A vacuum degasser; Agilent, Palo Alto, CA), and a computer including the Agilent package program. The quantitative determinations were carried out with internal standard (1.7-diaminoheptane) method, by using peak heights. Biogenic amine contents were expressed as mg/kg.

Analysis of Organic Acids

Extraction and determination of organic acids were performed according to the modified method of Bevilacqua and Califano (14). In order to do this, approximately 100 g of a representative cheese sample was ground (A-10 analytical mill, Tekmar, Cincinnati, OH, USA) and homogenized (Heidolph Silent Cruster M, Schwabach, Germany). Fifty mL of 0.009 N H₂SO₄ (mobile phase) was added to 7 g of ground cheese and extracted for 1 h by mixing in a shaker (Heidolph Unimax 1010, Schwabach, Germany) and centrifuged at 7000 x g for 5 min. (Hettich Zentrifugen Universal 32 R, Tuttlingen, Germany). The supernatant was filtered once through coarse filter paper and twice through a 0.45- μ m membrane filter (Millipore Millex-HV Hydrophilic PVDF, Millipore, Billerica, MA, USA) and 10 μ L was injected into an HPLC system (1100 series G 1322 A, Santa Clara, CA, USA) equipped with an Aminex HPX-87 H column (300 mm x 7.8 mm). The UV detector was set at 214 and 280 nm. The mobile phase was 0.009 N H₂SO₄. The quantitative determinations were based on external standard method, using peak areas. Organic acid contents were expressed as mg/kg.

Analysis of Fatty Acid

Extraction of total lipids was carried out according to Folch et al. (15). After removing the solvent phase with a rotary evaporator at 40 °C, 0.2 g of fat was transferred into a tube, dissolved in 2 mL hexane, and then fatty acid methyl esters (FAMES) were prepared by using 0.2 mL 1 N methanolic KOH. Analysis of FAMES was made on an Agilent 6890 GC equipped with a 5973 mass-selective detector (Santa Clara, CA, USA) and fitted with a fused silica capillary column (DB-23; 60 m x 0.25 mm; film thickness 0.25 μ m; JandW Scientific Co, Folsom, CA, USA). Helium was used as the carrier gas. Inlet temperature was 250 °C. The initial oven temperature was 60 °C and increased to 120 °C at 10 °C/min. Then oven temperature was increased to 200 °C at 14 °C/min and the final temperature maintained for 45 min. One μ L and a 1:5 split ratio were used for injection. Supelco FAME 37 component FAME mix (Supelco, Bellefonte, PA, USA) was used as the standard. Chromatograms were evaluated by using MS software (Chem Station, A.10.02, Agilent) and MS (NIST) database. Percentages of FAMES were quantified according to their relative area.

Microbiological Analysis

The number of viable total mesophilic-aerobic bacteria (TMAB), lactic acid bacteria (LAB), and coliform counts in the samples were enumerated by using dilution plating technique. For microbiological analysis 10 g of sample was prepared by homogenizing with 90 mL of physiological saline solution (0.85% NaCl) in a sterile polyethylene bag by using a Stomacher 400 (Seward Laboratory, London, UK) for 1 min. Serial dilutions of homogenized samples were also made in physiological saline solution (0.85% NaCl) and drop-plated onto appropriate media. Samples were spread-plated on duplicate on plate count agar (PCA) (Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK) for TMAB; on acidified (pH 5.4) de Man, Rogosa, Sharpe agar (MRS) (Merck, Darmstadt, Germany) for LAB; and on violet red bile agar (VRBA) (Merck) for coliform group bacteria. PCA plates were incubated at 37 °C for 48 h MRS plates were incubated at 37 °C for 72 h and VRBA plates were incubated at 37 °C for 48 h. Then, viable counts of microorganisms were determined. Log₁₀ transformations were applied on microbiological data.

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed by using SPSS software version 13.0 (16). Variance analysis and Tukey's multiple comparison tests were used in order to determine the differences between samples.

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical properties of experimental cheese samples are given in Table 1. The use of herb did not significantly affect ($P>0.05$) the dry matter, fat, salt, and total nitrogen levels of the cheese samples. In the previous studies on the Herby cheese, the dry matter, salt and total nitrogen amounts were reported (17, 9, 18, 19) as 47.67, 6.39, 3.75%; 58.14, 7.21, 3.99%; 47.23, 6.45, 3.75%; and 43.05, 6.63, 2.03%, respectively. The amount of fat in Herby cheeses noted by Sancak (9) and Sönmezsoy (19) were higher (23.38% and 24.03%, respectively) than our findings.

The WSN, TCA-SN, and PTA-SN contents of the samples increased significantly ($P<0.05$) during the ripening period. Similar findings were reported by Javidipour and Tunçtürk (20), Özer et al. (21), Chander et al. (22), and Fulco et al. (23) for different types of cheese. Ekici et al. (2) reported that WSN:TN ratio of Herby cheese supplemented with *Allium* sp. increased during ripening period and reached $34.07\pm 2.143\%$ at the end of ripening.

Allium sp. (sirmo)-incorporated samples had significantly ($P<0.05$) higher WSN, TCA-SN, and PTA-SN values than the other groups at the end of the ripening period.

ADVs of all groups significantly increased ($P<0.05$) during ripening. *Allium* sp. (sirmo) added samples had significantly ($P<0.05$) higher ADVs than the other treatments. ADVs of herb-added cheeses were significantly higher than that of the control ($P<0.01$). Differences between the samples in the study could be resulted from microflora of herbs besides microflora of raw milk.

Titrate acidity of all herb-added cheeses was significantly higher ($P<0.05$) than the titrate acidity of the control sample. Lactic acid bacteria from raw milk and herbs led to the formation of high acidity in Herby cheese. Similar findings were reported for 90 day-old Herby cheese by Ekici et al. (2) and for Turkish white cheese by Öner et al. (24). As expected, increases in the acidity during ripening correlated with the pH values of the cheese samples very well.

Biogenic amines determined in ripened samples after 90 days of storage were phenylethylamine, histamine, and tyramine. Cadaverine, putrescine, and tryptamine were not found in the samples during ripening period. Phenylethylamine was the major biogenic amine in all ripened cheeses, however, it was not found in the fresh samples (except in *Allium* sp.-added treatment)

Phenylethylamine was also found in *Anthriscus* sp. (mendo)-added treatment on the 30th day of ripening. Phenylethylamine content significantly increased ($P<0.05$) starting from the 60th day until the end of ripening period in all treatments (Table 2). Phenylethylamine level was reported to be 3.77 mg/kg in Feta cheese by Valsamaki et al. (25); 0.74 mg/kg in white cheese by Öner et al. (24); and 27.34 mg/kg in goat cheese by Novella-Rodríguez et al. (26).

Histamine, which was not found in the fresh control, *Anthriscus* sp. (mendo)-added, and *Ferula* sp. (heliz)-added samples was determined on the 60th and the 90th days of the ripening period. Histamine content of *Allium* sp. (sirmo)-incorporated sample significantly increased up to the 30th day of storage ($P<0.05$) and it then slightly increased up to the end of the ripening period. Histamine is accumulated in cheese during ripening as a result of the activity of lactic acid bacteria in milk and other sources. Ekici et al. (2) reported that addition of herbs caused an increase in histamine accumulation in cheese.

Tyramine was the most abundant biogenic amine in fresh samples. Tyramine significantly increased ($P<0.05$) at the late stages of ripening period. Valsamaki et al. (25) indicated that tyramine and putrescine were the major amines in ripened Feta cheese (120 days) and the concentrations of tyramine and histamine were 204 and 76.4 mg/kg, respectively, on the 90th day of storage. Histamine in herb-added cheese was reported to be between 0.00 and 52.5 mg/kg (7). Sancak et al. (27) found that histamine amount in 47 Herby cheeses ranged between 25.62 and 957.62 mg/kg. Andiç et al. (1) stated that phenylethylamine, histamine, and tyramine amounts of Herby cheese ranged between 0 and 100 mg/kg; 0 and 681.5 mg/kg; 18.0 and 1125.5 mg/kg respectively. Nout (28) pointed out that maximum allowable levels in foods should be in the range of 50-100 mg/kg for histamine and 100-800 mg/kg for tyramine. Concentrations of histamine and tyramine found in our study were lower than these levels.

Cheese samples were analyzed for formic, butyric, citric, lactic, and acetic acids. Formic and butyric acids were not found in the samples. Overall, organic acid contents of herb-added cheese samples had a tendency to increase during ripening period (Table 3). Cheese samples with *Allium* sp. (sirmo) had the highest citric acid content at the end of 90 days. Manolaki et al. (29) reported that lactic, citric, and acetic acids

Table 1. Effects of Herbs on the Some Chemical Characteristics of Herby Cheese

Item	Sample	Storage Period (day)			
		0	30	60	90
Dry Matter (%)	1	43.30±0.16 ^{aA}	42.62±0.35 ^{aA}	42.40±0.38 ^{aA}	42.62±0.39 ^{aA}
	2	44.61±0.24 ^{aA}	42.22±1.95 ^{aA}	43.97±0.15 ^{aA}	43.09±0.73 ^{aA}
	3	43.45±0.23 ^{aA}	43.59±0.45 ^{aA}	42.54±0.80 ^{aA}	43.19±0.56 ^{aA}
	4	43.29±0.41 ^{aA}	44.08±0.29 ^{aA}	42.67±0.23 ^{aA}	43.34±0.01 ^{aA}
Fat (%)	1	19.75±0.35 ^{aA}	20.25±1.06 ^{aA}	21.00±0.71 ^{aA}	20.50±1.02 ^{aA}
	2	19.75±0.35 ^{aA}	19.75±0.35 ^{aA}	20.00±0.00 ^{aA}	20.50±2.12 ^{aA}
	3	20.00±0.26 ^{aA}	20.00±0.54 ^{aA}	20.50±0.71 ^{aA}	20.00±0.71 ^{aA}
	4	20.50±0.71 ^{aA}	19.75±0.35 ^{aA}	19.75±0.35 ^{aA}	20.00±1.41 ^{aA}
Salt (%)	1	5.03±0.16 ^{aA}	4.91±0.16 ^{aA}	4.97±0.91 ^{aA}	4.56±0.61 ^{aA}
	2	4.80±0.16 ^{abA}	4.68±0.16 ^{aA}	5.00±0.58 ^{aA}	4.62±0.66 ^{aA}
	3	4.66±0.46 ^{abA}	4.74±0.25 ^{aA}	4.74±0.41 ^{aA}	5.03±0.43 ^{aA}
	4	4.74±0.08 ^{abA}	4.80±0.16 ^{aA}	5.15±0.33 ^{aA}	4.97±0.58 ^{aA}
Total Nitrogen (%)	1	2.40±0.69 ^{aA}	2.30±0.09 ^{aA}	2.38±0.31 ^{aA}	2.29±0.16 ^{aA}
	2	2.60±0.14 ^{aA}	2.47±0.15 ^{aA}	2.50±0.16 ^{aA}	2.47±0.35 ^{aA}
	3	2.68±0.21 ^{aA}	2.52±0.29 ^{aA}	2.44±0.24 ^{aA}	2.67±0.21 ^{aA}
	4	2.56±0.31 ^{aA}	2.65±0.14 ^{aA}	2.56±0.11 ^{aA}	2.54±0.25 ^{aA}
Water-soluble N (%)	1	0.11±0.02 ^{aC}	0.15±0.01 ^{cB}	0.20±0.02 ^{aA}	0.22±0.01 ^{cA}
	2	0.12±0.02 ^{aC}	0.17±0.01 ^{bcB}	0.21±0.01 ^{bA}	0.22±0.01 ^{cA}
	3	0.12±0.02 ^{aC}	0.19±0.01 ^{abB}	0.21±0.02 ^{bB}	0.26±0.02 ^{bA}
	4	0.12±0.03 ^{aC}	0.22±0.02 ^{abB}	0.30±0.01 ^{aA}	0.32±0.02 ^{aA}
Trichloroacetic acid-soluble N (%)	1	0.04±0.02 ^{aC}	0.12±0.01 ^{bB}	0.17±0.01 ^{bA}	0.18±0.01 ^{cA}
	2	0.05±0.03 ^{aC}	0.14±0.01 ^{abB}	0.17±0.01 ^{baB}	0.20±0.01 ^{bcA}
	3	0.05±0.03 ^{aC}	0.14±0.02 ^{abB}	0.20±0.02 ^{baB}	0.22±0.01 ^{bA}
	4	0.05±0.03 ^{aC}	0.15±0.01 ^{abB}	0.23±0.01 ^{aA}	0.26±0.01 ^{aA}
Phosphotungstic acid-soluble N (%)	1	0.03±0.01 ^{aC}	0.04±0.01 ^{bc}	0.06±0.01 ^{ab}	0.07±0.01 ^{bcA}
	2	0.03±0.01 ^{aC}	0.04±0.01 ^{bc}	0.05±0.01 ^{bb}	0.06±0.01 ^{cA}
	3	0.02±0.01 ^{ad}	0.05±0.01 ^{ac}	0.06±0.01 ^{ab}	0.08±0.01 ^{abA}
	4	0.03±0.01 ^{aC}	0.04±0.01 ^{bc}	0.06±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^{aA}
ADV (mEq/100 g of fat)	1	0.58±0.01 ^{bd}	0.79±0.01 ^{bc}	1.03±0.06 ^{cb}	1.33±0.08 ^{ca}
	2	0.60±0.03 ^{bd}	0.79±0.02 ^{bc}	1.30±0.09 ^{bb}	1.62±0.03 ^{ba}
	3	0.54±0.03 ^{bd}	0.80±0.01 ^{bc}	1.24±0.01 ^{bb}	1.72±0.04 ^{ba}
	4	0.81±0.02 ^{cd}	1.01±0.14 ^{ac}	1.73±0.09 ^{bb}	2.42±0.05 ^{aA}
pH	1	5.16±0.05 ^{aA}	4.85±0.05 ^{bb}	4.89±0.15 ^{bb}	4.95±0.01 ^{b^{AB}}
	2	5.04±0.01 ^{ba}	4.84±0.01 ^{bb}	4.67±0.02 ^{cb}	4.70±0.01 ^{cd}
	3	5.03±0.01 ^{ba}	4.88±0.01 ^{bc}	4.97±0.03 ^{bb}	4.90±0.01 ^{cc}
	4	5.07±0.01 ^{ba}	5.01±0.01 ^{ab}	5.06±0.01 ^{aA}	4.98±0.01 ^{ab}
Titratable acidity (%)	1	0.69±0.01 ^{cd}	0.85±0.01 ^{cc}	0.92±0.04 ^{cb}	1.24±0.01 ^{ba}
	2	0.83±0.01 ^{ad}	1.08±0.01 ^{ac}	1.24±0.01 ^{ab}	1.35±0.02 ^{aA}
	3	0.82±0.01 ^{ac}	0.96±0.03 ^{bb}	1.01±0.02 ^{bb}	1.30±0.02 ^{abA}
	4	0.77±0.01 ^{bd}	0.86±0.01 ^{cc}	1.05±0.01 ^{bb}	1.34±0.05 ^{aA}

^{a,b,c,d}Different lowercase letters within a column and item indicate significant differences between cheese samples ($P<0.05$).

^{A,B,C,D}Different uppercase letters within a row (sample) and item indicate significant differences between ripening periods ($P<0.05$).

1: control cheese; 2: mendo added cheese; 3: heliz added cheese; 4: sirmo added cheese.

are the main organic acids found in all Feta and Feta-type cheeses. Park and Lee (30) stated that the citric acids content of soft goat milk cheese aged at 4 °C for 4 weeks was 0.72 mg/kg. Kaminarides et al. (31) reported that lactic acid concentration reached 4.07 mg/kg in Halloumi cheese after 45 days of ripening. Bevilacqua and Califano (14) reported that lactic acid dominates organic acids in aged cheese and its concentration in different cheeses ranged from 1.94 to 17.4 mg/kg. Acetic acid was not found initially in cheese samples but was found on the 60th day and

increased until the end of ripening in herb-added treatments. Interestingly, acetic acid was not found initially and throughout ripening period in the control group. An increase in acetic acid content during ripening of Feta cheese was reported by Manolaki et al. (29). Kaminarides et al. (31) noted acetic acid as the second most abundant organic acid in Halloumi cheese.

Fatty acid profile of fresh cheese samples is classified according to their chain lengths and saturation levels (Table 4). Addition of herbs did

Table 2. Effect of Herbs on the Biogenic Amines Contents of Herby Cheese

Biogenic Amines (mg/kg)	Sample	Storage Period (day)			
		0	30	60	90
Phenylethylamine	1	ND	ND	13.37±1.97 ^{ab}	83.65±5.63 ^{ba}
	2	ND	4.67±0.82 ^{abc}	14.27±2.62 ^{ab}	94.53±7.18 ^{ba}
	3	ND	ND	7.68±1.18 ^{bb}	183.35±19.45 ^{ba}
	4	1.49±0.41 ^b	2.56±0.64 ^{bb}	14.85±1.64 ^{ab}	144.16±18.60 ^{ba}
Histamine	1	ND	ND	11.20±1.55 ^a	11.34±3.04 ^a
	2	ND	ND	9.97±2.62 ^a	11.00±3.76 ^a
	3	ND	ND	13.29±2.60 ^a	14.53±3.76 ^a
	4	1.25±0.21 ^{bb}	8.56±0.79 ^a	11.11±1.60 ^a	12.63±3.75 ^a
Tyramine	1	7.89±1.89 ^{ab}	9.65±1.63 ^{ab}	14.58±2.28 ^{ab}	32.00±4.96 ^a
	2	3.65±1.50 ^{bb}	5.27±1.20 ^{bc}	8.74±1.17 ^{bb}	21.56±2.98 ^{ba}
	3	2.36±0.92 ^{bc}	3.68±1.12 ^{cc}	8.42±1.00 ^{bb}	14.52±2.62 ^{ba}
	4	4.56±0.90 ^{abc}	8.65±1.19 ^{abc}	11.74±1.80 ^{ab}	16.84±2.76 ^{bab}

^{a,b,c}Different lowercase letters within a column and biogenic amine indicate significant differences between cheese samples ($P<0.05$).

^{A,B,C,D}Different uppercase letters within a row (sample) and biogenic amine indicate significant differences between ripening periods ($P<0.05$). 1: control cheese; 2: mendo added cheese; 3: heliz added cheese; 4: sirimo added cheese; ND: not detected.

not affect the fatty acids profile of herb-added cheese during storage period. SFA and PUFA contents of Turkish white cheese reported by Javidipour and Tunçtürk (20) were 72.30 and 1.26%, respectively.

Generally, TMAB, LAB, and coliforms counts of samples significantly decreased ($P<0.05$) throughout ripening. TMAB and of different treatments showed comparable counts at the same ripening period. The LAB counts of herby samples were higher than that of control sample. It was reported that some herbs and spices influence the growth and activities of lactic acid bacteria at different levels (32). Coliform bacteria counts decreased to an undetectable level in *Anthriscus* sp. (mendo)-added samples after 60 days of ripening. At the end of ripening, lowest LAB count was determined in the control samples.

Numbers of microorganisms such as coliforms, enterococci, and staphylococci found in cheese at relatively high levels were indicative of hygienic quality. These counts suggest that contamination was very high in raw milk (24). Ekici et al. (2) stated that TMAB counts in 90 days-old Herby and control cheese samples were 8.12 log CFU/g and 8.29 log CFU/g, respectively. Tekinşen and Özdemir (8) reported that *S. aureus* and *E. coli* were present in extremely high numbers in Herby cheeses, with average value of 6.10 and 3.68 log CFU/g, respectively.

CONCLUSION

Herbs used in the production of the cheeses led to increases in WSN, TCA-SN, PTA-SN, ADV, pH and titratable acidity values. Maximum values of

Table 3. Effect of Herbs on the Organic Acids Content of Herby Cheese

Organic acids (mg/kg)	Sample	Storage Period (day)			
		0	30	60	90
Citric acids	1	4560.00±1927.57 ^a	5508.00±1571.19 ^a	5360.00±1414.21 ^{ab}	6123.00±230.52 ^{bc}
	2	5322.00±1738.06 ^a	5074.00±1312.39 ^a	3998.00±285.67 ^{ba}	4296.00±436.99 ^{ca}
	3	5240.00±1480.68 ^a	4991.00±992.78 ^a	7298.00±421.44 ^a	7781.00±1166.73 ^{ab}
	4	5061.00±2542.76 ^{ab}	5185.00±1227.54 ^{ab}	7729.00±1035.20 ^{ab}	9908.00±1288.35 ^a
Lactic acids	1	9031.00±434.16 ^c	20661.00±1797.46 ^{ab}	23854.00±1432.60 ^{ab}	26443.00±2218.90 ^{bc}
	2	9382.00±937.62 ^c	20395.00±1975.66 ^{ab}	21894.00±1391.59 ^{bb}	27077.00±1508.97 ^{ab}
	3	10225.00±489.32 ^{bd}	21436.00±919.24 ^{ac}	27558.00±817.41 ^{ab}	31225.00±1735.24 ^{ba}
	4	10251.00±1578.26 ^{ab}	19981.00±1458.05 ^a	20764.00±2604.98 ^{ba}	22229.00±438.41 ^{ca}
Acetic acids	1	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	597.00±8.48 ^{cb}	756.00±100.41 ^{ca}
	3	ND	ND	1921.00±328.10 ^a	2549.00±414.36 ^{ba}
	4	ND	ND	1291.00±272.94 ^{bb}	3597.00±520.43 ^{ba}

^{a,b,c}Different lowercase letters within a column and organic acid indicate significant differences between cheese samples ($P<0.05$).

^{A,B,C,D}Different uppercase letters within a row (sample) and organic acid indicate significant differences between ripening periods ($P<0.05$). 1: control cheese; 2: mendo added cheese; 3: heliz added cheese; 4: sirimo added cheese; ND: not detected.

Table 4. Effect of Herbs on the Fatty Acids of Herby Cheese

Fatty Acids (relative area)	Sample	Storage Period (day)	
		0	90
SCFA	1	5.06±1.29 ^{aA}	7.39±2.54 ^{aA}
	2	5.45±1.84 ^{aA}	6.70±0.56 ^{aA}
	3	6.50±2.33 ^{aA}	6.51±0.61 ^{aA}
	4	5.92±0.19 ^{aA}	7.00±0.15 ^{aA}
MCFA	1	19.24±0.48 ^{aA}	20.69±0.53 ^{aA}
	2	20.00±2.48 ^{aA}	18.10±0.82 ^{aA}
	3	19.21±0.21 ^{aA}	20.33±1.32 ^{abA}
	4	17.19±0.40 ^{aA}	20.62±1.20 ^{aA}
LCFA	1	75.70±1.77 ^{aA}	71.92±3.07 ^{aA}
	2	74.55±4.32 ^{aA}	75.20±1.38 ^{aA}
	3	74.28±2.12 ^{aA}	73.15±0.70 ^{aA}
	4	76.89±0.60 ^{aA}	72.38±0.66 ^{aA}
SFA	1	67.65±0.68 ^{aA}	69.44±1.41 ^{aA}
	2	68.05±2.07 ^{aA}	66.70±0.64 ^{aA}
	3	68.25±0.66 ^{aA}	68.94±0.89 ^{aA}
	4	66.10±0.54 ^{aA}	68.94±0.75 ^{aA}
MUFA	1	27.30±0.52 ^{aA}	25.92±1.29 ^{aA}
	2	27.05±1.80 ^{aA}	28.17±0.32 ^{aA}
	3	26.86±0.50 ^{aA}	26.28±0.36 ^{aA}
	4	28.61±0.38 ^{aA}	26.33±0.38 ^{aA}
PUFA	1	5.05±0.16 ^{aA}	4.63±0.11 ^{aA}
	2	4.89±0.26 ^{aA}	5.12±0.32 ^{aA}
	3	4.89±0.16 ^{aA}	4.78±0.15 ^{aA}
	4	5.29±0.16 ^{aA}	4.73±0.13 ^{aA}

^aDifferent lowercase letters within a column and item indicate significant differences between cheese samples ($P<0.05$).

^ADifferent uppercase letters within a row (sample) and item indicate significant differences between ripening periods ($P<0.05$). 1: control cheese; 2: mendo added cheese; 3: heliz added cheese; 4: sirmo added cheese; SCFA: short chain fatty acids; MCFA: medium chain fatty acids; LCFA: long chain fatty acids; SFA: saturated fatty acids; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids.

these parameters were obtained in sirmo-added cheese. No significant difference in terms of histamine and tyramine contents of cheese

samples was determined; only phenylethylamine contents of cheeses that were produced by using heliz and sirmo increased significantly at the end of the ripening period.

Citric, acetic, and lactic acid concentrations increased in all cheese samples during storage. However, organic acid variations were different among the samples. The highest values for citric and acetic acids were determined in sirmo-added samples; while highest lactic acid values were in heliz-added cheese samples. Total aerobic mesophilic bacteria, lactic acid bacteria, and coliform bacteria counts decreased significantly in all groups during storage. Coliform bacteria counts decreased to an undetectable level only in mendo-added cheese samples by the end of the storage period. Herb addition had no effect on fatty acids profiles of cheeses. However, some biogenic amines and organic acids levels and microbiological and ripening criteria of the cheeses were influenced by herbs.

Funding

This research has been funded by the Scientific Research Projects Foundation of Yüzüncü Yıl University (Project No. 2008-ZF-B071).

REFERENCES

- Andiç S, Gençlelep H, Köse Ş. 2010. Determination of biogenic amines in Herby Cheese. *Int J Food Prop*, 13, 1300-1314.
- Ekici K, Coşkun H, Tarakcı Z, Öndül E, Şekeroğlu R. 2006. The contribution of herbs to the accumulation of histamine in "Otlu" cheese. *J Food Biochem*, 30, 362-371.
- Coşkun H, Tunçtürk Y. 1998. Van herby cheese. In *Traditional dairy products*, Demirci M (chief ed), MPM Press, Turkey, pp. 20-32.

Table 5. Effect of Herbs on the Microbiological Characteristics of Herby Cheese

Microorganisms	Sample	Storage Period (day)			
		0	30	60	90
Total aerobic mezofilic bacteria (log ₁₀ CFU/g)	1	8.52 ± 0.19 ^{aA}	7.13 ± 0.01 ^{cC}	7.75 ± 0.06 ^{aB}	7.40 ± 0.08 ^{aC}
	2	8.63 ± 0.03 ^{aA}	7.00 ± 0.01 ^{cC}	7.47 ± 0.24 ^{aB}	7.04 ± 0.19 ^{bC}
	3	8.37 ± 0.07 ^{aA}	7.36 ± 0.08 ^{bC}	7.02 ± 0.09 ^{bD}	7.58 ± 0.01 ^{aB}
	4	8.65 ± 0.25 ^{aA}	7.58 ± 0.07 ^{bB}	6.99 ± 0.12 ^{bC}	7.57 ± 0.02 ^{aB}
Lactic acid bacteria (log ₁₀ CFU/g)	1	8.41 ± 0.15 ^{bcA}	7.64 ± 0.15 ^{aB}	7.44 ± 0.14 ^{bB}	6.83 ± 0.18 ^{cC}
	2	8.65 ± 0.02 ^{abA}	7.69 ± 0.01 ^{aB}	8.92 ± 0.27 ^{aA}	7.94 ± 0.13 ^{aB}
	3	8.35 ± 0.10 ^{ca}	7.62 ± 0.02 ^{abc}	7.78 ± 0.08 ^{bB}	7.54 ± 0.02 ^{bC}
	4	8.82 ± 0.03 ^{aA}	7.86 ± 0.21 ^{aB}	7.64 ± 0.06 ^{bB}	7.57 ± 0.01 ^{bB}
Coliform bacteria (log ₁₀ CFU/g)	1	3.66 ± 0.07 ^{abA}	3.28 ± 0.34 ^{aB}	2.96 ± 0.16 ^{abc}	2.58 ± 0.16 ^{aC}
	2	3.58 ± 0.02 ^{ba}	3.05 ± 0.14 ^{aB}	ND	ND
	3	3.57 ± 0.02 ^{ba}	3.24 ± 0.05 ^{aB}	3.16 ± 0.02 ^{aB}	2.15 ± 0.21 ^{aC}
	4	3.81 ± 0.13 ^{aA}	3.50 ± 0.06 ^{abA}	3.10 ± 0.14 ^{aB}	2.23 ± 0.34 ^{aC}

^{a,b,c} Different lowercase letters within a column and item indicate significant differences between cheese samples ($P<0.05$).

^{A,B,C,D} Different uppercase letters within a row (sample) and item indicate significant differences between ripening periods ($P<0.05$).

1: control cheese; 2: mendo added cheese; 3: heliz added cheese; 4: sirmo added cheese; ND: not detected.

4. Silla-Santos MH. 1996. Biogenic amines: their importance in foods. *Int J Food Microbiol*, 29, 213-231.
5. O'Brien NM, O'Connor TP, O'Callaghan J, Dobson ADW. 2004. Toxins in cheese. In *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, Fox PF, McSweeney, PLH, Cogan TM, Guinee TP (chief ed), Volume 1, 3rd edition, Academic Press, UK, pp. 561-571.
6. Sağun E, Ekici K, Durmaz H. 2005. The formation of histamine in Herby cheese during ripening. *J Food Quality*, 28, 171-178.
7. Durlu-Özkaya F. 2002. Biogenic amine content of some Turkish cheeses. *J Food Process Pres*, 26, 254-265.
8. Tekinşen KK, Özdemir Z. 2006. Prevalence of foodborne pathogens in Turkish Van otlu (Herb) cheese. *Food Control*, 17, 707-711.
9. Sancak YC. 1989. Van ve çevresinde olgunlaştırılmış olarak tüketime sunulan Otlu peynirlerin mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kalitesi üzerine araştırmalar. PhD thesis, Ankara Univ, Institute of Health Sciences, Ankara, Turkey.
10. Anon 1995. *Official methods of analysis of AOAC international*. (16th ed.). Arlington, VA, USA.
11. Bütikofer U, Ruegg M, Ardo U. 1993. Determination of nitrogen fractions in cheese: Evaluation of a collaborative study. *Lebensm-Wiss Technol*, 26, 271-275.
12. Anon 1991. Routine methods for determination of free fatty acids in milk. Bulletin of the IDF. No: 265. p. 20-32.
13. Eerola S, Hinkkanen R, Lindfors E, Hirvi T. 1993. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. *J AOAC Int*, 76, 575-577.
14. Bevilacqua AE and Califano AN. 1989. Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *J Food Sci*, 54, 1076-1079.
15. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*, 232, 497-509.
16. Anon 2004. SPSS for Windows Release 13.0. Chicago, IL, USA: SPSS. Inc, 2004.
17. Kurt A, Akyüz N. 1984. Van Otlu peynirinin yapılışı ve mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal nitelikleri. *GIDA*, 9, 141-146.
18. Yetişmeyen A, Yıldırım M, Yıldırım Z. 1992. Ankara piyasasında tüketime sunulan Otlu peynirlerin kimyasal, mikrobiyolojik ve duysal niteliklerinin belirlenmesi. Publications of Ankara Univ. Faculty of Agricultural, 1273, 1-17.
19. Sönmezsoy A. 1994. Kozluk-Batman bölgesinde üretilen ve satışı sunulan Otlu peynirlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri üzerinde bir araştırma. MSc thesis. Yüzüncü Yıl University, Institute of Sciences, Van, Turkey.
20. Javidipour I, Tunçtürk Y. 2007. Effect of using interesterified and non-interesterified corn and palm oil blends on quality and fatty acid composition of Turkish white cheese. *Int J Food Sci Technol*, 42, 1465-1474.
21. Özer B, Atasoy F, Akın S. 2002. Some properties of Urfa cheese (a traditional white-brined Turkish Cheese) produced from bovine and ovine milks. *Int J Dairy Technol*, 55, 94-99.
22. Chander H, Batish VK, Elias J, Chand R. 1986. Biochemical changes in cheese by lipolytic and non-lipolytic cultures. *Milchwissenschaft*, 41, 400-402.
23. Fulco A, Candido A, Imbrq M, Truscelli A. 1989. Changes in nitrogen fractions during ripening of caciocavallo palermitano cheese. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 40, 51-63.
24. Öner Z, Karahan AG, Aloğlu H. 2006. Changes in the microbiological and chemical characteristics of an artisanal Turkish white cheese during ripening. *LWT- Food Sci Technol*, 39, 449-454.
25. Valsamaki K, Michaelidou A, Polychroniadou A. 2000. Biogenic amine production in Feta cheese. *Food Chem*, 71, 259-266.
26. Novella-Rodr guez S, Veciana-Nogués MT, Roig-Sagués AX, Trujillo-Mesa AJ, Vidal-Carou MC. 2004. Evaluation of biogenic amines and microbial counts throughout the ripening of goat cheeses from pasteurized and raw milk. *J Dairy Res*, 71, 245-252.
27. Sancak YC, Ekici K, İşleyici Ö, Şekeroğlu R, Noyan T. 2004. Histamine levels in Herby cheese. International Dairy Symposium; 24-28 May, Isparta, Turkey. Pp. 117-119.
28. Nout MJR. 1994. Fermented foods and food safety. *Food Res Int*, 27, 291-298.
29. Manolaki P, Katsiari MC, Alichanidis E. 2006. Effect of a commercial adjunct culture on organic acid contents of low-fat Feta-type cheese. *Food Chem*, 98, 658-663.
30. Park YW, Lee JH. 2006. Effect of freezing on organic acid contents and lipolytic index of plain soft and Monterey Jack goat milk cheeses. *Small Ruminant Res*, 63, 58-65.
31. Kaminarides S, Stamou P, Massouras T. 2007. Changes of organic acids, volatile aroma compounds and sensory characteristics of Halloumi cheese kept in brine. *Food Chem*, 100, 219-225.
32. Zaika LL, Kissinger JC. 1979. Effects of some species on acid production by starter cultures. *J Food Protect*, 47, 572-576.

FREEZE DRYING KINETICS OF PERSIMMON PUREE

Gülşah Çalışkan*, S. Nur Dirim

Ege University, Engineering Faculty, Department of Food Engineering, Izmir, Turkey

Geliş tarihi / Received: 03.09.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 03.11.2014

Kabul tarihi / Accepted: 23.11.2014

Abstract

This study was intended to determine the drying kinetics of persimmon puree in a freeze drier. Experimental drying data were fitted to theoretical (Fick's Law of Diffusion) and ten well-known empirical thin layer drying models. In addition, the effective moisture diffusivity and color changes depending on the drying time were determined. The criteria considered for selecting the most suitable model were to obtain the highest R^2 and lowest RMSE, and χ^2 values. Depending on these criteria, Logarithmic model ($R^2=0.994$, $RMSE=0.0250$ and $\chi^2=0.0009$) was chosen to estimate the moisture ratio of persimmon puree during the drying process with a great accuracy. The effective moisture diffusivity (D_{eff}) of freeze dried persimmon puree was calculated by using the Fick's Law of diffusion model, and it was found to be as $7.302 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. During the drying operation L^* values increased and a^* and b^* values of persimmon puree decreased with a total amount of color change (ΔE) of 32.20

Keywords: Persimmon, freeze drying, thin layer modelling, effective moisture diffusivity, color changes

CENNET ELMASI PÜRESİNİN DONDURARAK KURUTMA KİNETİĞİNİN BELİRLENMESİ

Özet

Bu çalışmada dondurarak kurutulmuş cennet elması püresinin kuruma kinetiğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Deneysel veriler teorik (Fick'in Difüzyon Yasası) ve on farklı ince tabaka kurutma modeli kullanılarak modellenmiştir. Bunlara ek olarak, etkin difüzyon katsayısı ve kuruma zamanına bağlı olarak meydana gelen renk değişimi belirlenmiştir. Uygun modelin seçilmesinde en yüksek R^2 değeri ve en düşük RMSE ve χ^2 değerleri kriter olarak seçilmiştir. Bu kriterlere bağlı olarak, kuruma işlemi boyunca cennet elması püresinin nem oranı değerlerini en iyi Logaritmik modelin ($R^2=0.994$, $RMSE=0.0250$ ve $\chi^2=0.0009$) temsil ettiği belirlenmiştir. Cennet elması püresinin etkin difüzyon katsayısı (D_{eff}) Fick' in Difüzyon Yasası ile belirlenmiş ve $7.302 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak bulunmuştur. Kurutma işlemi boyunca kuruma zamanına bağlı olarak L^* değerinin arttığı; a^* ve b^* değerlerinin ise azaldığı gözlenmiş ve toplam renk değişimi 32.20 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Cennet elması, dondurarak kurutma, ince tabaka modelleme, etkin difüzyon katsayısı, renk değişimi

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ gulsah.caliskan@ege.edu.tr, ☎ (+90) 232 311 3010, 📠 (+90) 232 342 7592

INTRODUCTION

Persimmon (*Diospyros kaki* L.) is rich in bioactive compounds, such as ascorbic acid, condensed tannins, and carotenoids, which contribute its antioxidant properties. In addition, it is also a good source of dietary fibers, phenolics and mineral compounds (1-3). Persimmon is cultivated in warm regions in the world (4, 5). It is an important fruit in China, Japan and Korea and is also gaining popularity in the Mediterranean countries such as Turkey (6). The persimmon fruits, harvested generally are two types being astringent and non-astringent. The heart-shaped Hachiya is the most common variety of astringent persimmon. The non-astringent persimmon can be consumed still very firm and remain edible when very soft. Astringent persimmons contain high levels of soluble tannins and they are unpalatably astringent if eaten before completely softened (6). Although, the persimmon is quite susceptible after their harvest, it can be stored for up to 6 months in modified or controlled atmospheres (7). In order to prolong the shelf life of persimmons and improve new consumption areas; canning, freezing and drying might be suitable techniques. Among these techniques drying constitutes an alternative way to increase the shelf life and consumption of persimmon by reducing physiological, microbial, and enzymatic degradation. With conventional hot-air drying, higher drying rate at the initial stage may cause case hardening of the product's surface, considerable shrinkage and formation of dense structure, color changes and totally significant quality losses. In order to protect foods from the above mentioned drying effects, freeze drying can be used. Although freeze drying is an expensive method, the obtained product with superior properties especially in texture, nutritional quality and color makes this process advantageous for drying of sensitive foods. Dried foods in form of slices or certain shapes need a rehydration stage before consumption and in most of the cases rehydration may lead to further undesirable quality changes. For this reason, if the end use of the dried food is suitable, production of the dried material in powdered form can be an alternative. Powdered foods have advantages in storage, transportation, dosing and mixing into food systems.

Describing dehydration kinetic is important for

the design and optimization of drying processes and to determine the effect of the processing variables on the drying process (8). Thin layer drying equations are important in mathematical modeling of drying. They are practical and provide sufficiently good results (9) where theoretical model and experimental data are not in a good correlation. Thin layer drying generally means to dry as one layer of sample which provide uniform temperature and physical properties assumption and suitable for lumped parameter models (9, 10). This work aimed at studying the freeze drying behavior of persimmon puree. Further, color changes during drying and effective moisture diffusivity value of persimmon puree were determined.

MATERIAL and METHODS

The fresh, mature and non-damaged persimmon fruits were obtained from a local supermarket in Izmir, Turkey. They were peeled; seeds were removed and ground into puree by using a home type blender (Tefal Smart, MB450141, Turkey).

Freeze Drying

Experiments were performed in a pilot scale freeze dryer (Armfield, FT 33 Vacuum Freeze Drier, England). The persimmon puree were frozen in a layer of 3 mm in the petri dishes at - 40 °C in an air blast freezer for two hours, then freeze dried under vacuum (13.33 Pa absolute pressure), at - 48 °C condenser temperature. For this process, each experiment for increasing time periods was carried out with new samples of equal mass. The moisture loss was determined by weighing the petri dishes using a digital balance with 0.01 precision (Ohaus AR2140, USA). The powder was obtained by grinding the dried material in a blender (Tefal Smart, MB450141, Turkey). Moisture content of the persimmon puree was determined by using AOAC methods (11). Water activity was measured by using Testo-AG 400, Germany, water activity measurement device.

Evaluation Modeling of Drying Data

In order to determine drying characteristics of persimmon puree during freeze drying, the obtained data was converted to moisture ratio which is given in Equation (1).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (\text{Eq. 1})$$

Where the M_t , M_0 and M_e are the moisture content at any time, initial, and equilibrium moisture content (kg H₂O/ kg dry matter (DM)), respectively.

Theoretical (Fick's Law of diffusion) and empirical model equations were used to determine the drying kinetics of persimmon puree. Theoretical equation is given in Equation (2);

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-(2n+1)^2 \pi^2 \frac{D_{\text{eff}}}{4L^2} t\right] \quad (\text{Eq. 2})$$

Where t is the time (s), D_{eff} is the effective diffusivity (m²/s) and L is the thickness of samples (m).

For empirical modeling; drying data was fitted to ten well-known thin layer drying models (Lewis, Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Midilli, Modified Midilli, Two-term, Two-term Exponential, Modified Two-term Exponential and Wang and Singh) (9).

Nonlinear regression analysis was used to evaluate the parameters of the selected model by using statistical software SPSS 16.0 (SPSS Inc., USA). The goodness of fit was determined using the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), and the reduced chi-square (χ^2) that can be described in Equations (3), (4) and (5) as;

$$R^2 = \frac{N \sum_{i=1}^N MR_{\text{pre},i} MR_{\text{exp},i} - \sum_{i=1}^N MR_{\text{pre},i} \sum_{i=1}^N MR_{\text{exp},i}}{\sqrt{\left(N \sum_{i=1}^N MR_{\text{pre},i}^2 - \left(\sum_{i=1}^N MR_{\text{pre},i} \right)^2 \right) \left(N \sum_{i=1}^N MR_{\text{exp},i}^2 - \left(\sum_{i=1}^N MR_{\text{exp},i} \right)^2 \right)}} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pre},i})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pre},i})^2}{N - n} \quad (\text{Eq. 5})$$

Where $MR_{\text{exp},i}$ and $MR_{\text{pre},i}$ is the experimental, and predicted moisture ratio at observation i ; N is number of the experimental data points, and n is number of constants in model.

The effective moisture diffusivity (D_{eff}) of freeze dried persimmon puree powder was calculated by using the Fick's Law of diffusion model which is given in Equation (2).

For long drying times, a limiting case of Equation (2) is obtained, and expressed in a logarithmic form;

$$\ln MR = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2}\right)t \quad (\text{Eq. 6})$$

The effective diffusivity was calculated by plotting experimental moisture ratio in logarithmic form versus drying time. From Equation (6), a plot of $\ln MR$ versus drying time gives a straight line with a slope of $\left(\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2}\right)$.

Determination of Color Changes of Persimmon Puree

The color values (L^* , a^* , and b^* values) of fresh persimmon fruits, and the powders were measured with Minolta CR-400 Colorimeter, Japan, calibrated with white standard plate three times and results as the average of three measurements were expressed in accordance with the CIE Lab. System. The L^* value, is a measure of lightness which ranges between 0 and 100. Increases in a^* value in positive, and negative scales correspond to increases in red or green color, respectively. The b^* value represents color ranging from yellow (+) to blue (-). Total color change (ΔE) of freeze dried persimmon puree with respect to fresh persimmon puree was calculated by using Equation (7);

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)} \quad (\text{Eq. 7})$$

RESULTS and DISCUSSION

Drying Characteristic and Evaluation of the Models

In this study, it was observed that freeze drying can satisfactorily be applied for drying of persimmon puree. During the drying process, total time was determined to be as 9 hours by following the changes in the weight of the samples. For each drying experiment only a small volume of the drying chamber was loaded. The temperature of the heating plate was set to +30 °C which accelerated the sublimation process, not leading to melting of the product under working conditions and kept as constant during the drying process. According to the results, moisture content (5.97 ± 0.55 %, wet

basis (wb)) and water activity values (0.253 ± 0.001) of the persimmon powders were in acceptable limits for safe storage of products.

Moisture content data were used in the form of the moisture ratio in curve fitting computations with respect to the drying time by using theoretical and thin layer drying models. The summary of models parameters of drying models that were used for expressing drying characteristics and the statistical evaluation of models using three different criteria (R^2 , RMSE and χ^2) are presented in Table 1.

used six thin-layer drying models (Lewis, Henderson and Pabis, Logarithmic, Page, Midilli et al., and Weibull) in order to evaluate the hot air drying (50, 60 and 70°C) kinetics of blanched and unblanched persimmon slices (5 mm thickness) and the research reported that Midilli et al., Page and Weibull models showed a better fit to experimental drying data compared to the other models.

It can be seen from Figure 1 and 2 that Logarithmic model showed a high level of concordance with the experimental results for persimmon puree.

Table 1. The model equations and statistical results (R^2 , RMSE and χ^2).

Models	Equations	R^2	RMSE	χ^2
Fick's Law of Diffusion	$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-(2n+1)^2 \pi^2 \frac{7.302 \times 10^{-10}}{4L^2} t\right]$	0.900	0.0227	0.1506
Lewis	$MR = e^{-0.404t}$	0.986	0.0399	0.0014
Page	$MR = e^{-0.325t^{1.187}}$	0.992	0.0285	0.0010
Henderson and Pabis	$MR = 1.019e^{-0.410t}$	0.987	0.0372	0.0017
Logarithmic	$MR = 1.076e^{0.338t} - 0.076$	0.994	0.0250	0.0009
Midilli	$MR = 1.003e^{-0.366t} - 0.007t$	0.993	0.0265	0.0010
Modified Midilli	$MR = e^{-0.364t} - 0.007t$	0.993	0.0265	0.0009
Two Term	$MR = 0.51e^{-0.410t} + 0.509e^{0.410t}$	0.987	0.0372	0.0023
Two-Term Exponential	$MR = 1.681e^{-0.523t} - 0.681e^{-0.523 \times 1.681t}$	0.992	0.0287	0.0010
Modified Two-Term Exponential	$MR = 822.229e^{-0.221t} - 860.229e^{0.221t}$	0.995	0.0440	0.1756
Wang and Singh	$MR = 1 - 0.276t + 0.019t^2$	0.991	0.0318	0.0013

In different studies, drying models in which (R^2) value is highest and RMSE, and χ^2 values are smallest was chosen to be the most suitable models (10,12-14). In this study, R^2 values of the models changed between 0.900 and 0.995. The highest R^2 (0.995) value was obtained from Modified Two-term Exponential model and the lowest R^2 value was obtained from theoretical model (Table 1 and Figure 1). In evaluation of the drying data with theoretical model the first three terms of the equation were used since the remaining terms were negligible on the calculation. Although the coefficient of correlation ($R^2=0.995$) of Modified Two-Term Exponential model RMSE= 0.0440 and $\chi^2=0.1756$ is higher compared with other models, the lowest values of RMSE (0.025) and χ^2 (0.0009) was obtained from Logarithmic model ($R^2=0.994$). For this reason, Logarithmic model was chosen to estimate the moisture ratio of persimmon puree during the drying process with great accuracy (Figure 1 and 2). Doymaz (15),

Figure 2 shows the experimental and predicted moisture ratio values of Logarithmic Model for pure freeze dried persimmon.

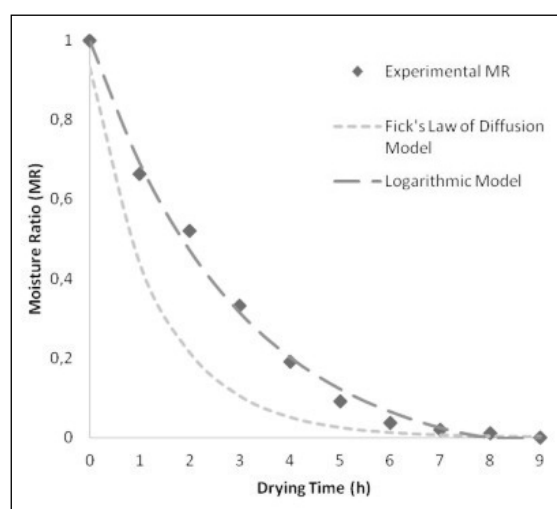


Figure 1. Experimental and computed moisture ratio values for freeze dried persimmon puree.

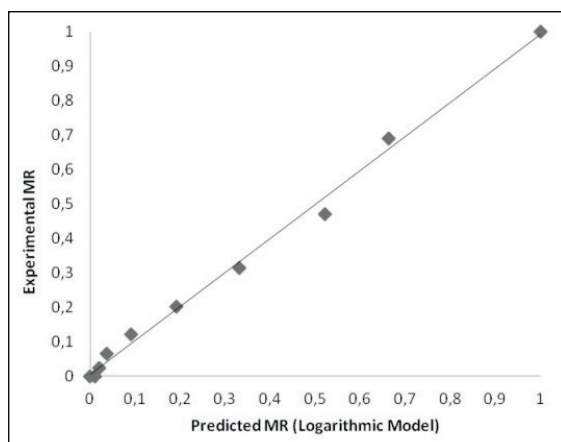


Figure 2. Experimental and predicted moisture ratio values of Logarithmic Model for freeze dried persimmon puree.

The effective moisture diffusivity (D_{eff}) of freeze dried persimmon puree was calculated by using the Fick's Law of diffusion model, and it was found to be as $7.302 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. Depending on the modeling part of this study, it was observed Fick's Law of Diffusion is not satisfactory for defining the drying behavior. However, the estimation of diffusion coefficient is important in drying studies to see the rate of drying. For this reason, to estimate the diffusion coefficient on an order of magnitude level the calculation was performed. In their review, Erbay and Icier (9) reported that the effective moisture diffusivity values in foods were in the range of 10^{-12} to $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ and 75% of these values were accumulated in the region 10^{-10} to $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, similar to this study. In addition, Doymaz, (15) studied on the effect of blanching and drying temperature (50, 60 and 70°C) on drying kinetics of persimmons under hot-air drying and reported that the effective moisture diffusivity values of persimmon slices ranged from 7.05×10^{-11} to $2.34 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$.

Color Changes of Persimmon Puree

The color values (L^* , a^* , and b^*) of fresh persimmon puree were measured as 50.20 ± 3.21 ; 7.98 ± 1.66 and 22.37 ± 2.58 . Karaman et. al. (16) measured the color values of fresh and freeze dried persimmon powders as 22.7 ± 0.05 (L), 7.1 ± 0.02 (a), 18.6 ± 0.08 (b) and 75.1 ± 0.01 (L), 19.5 ± 0.03 (a), 52.5 ± 0.35 (b), respectively. Total color change of persimmon pure after freeze drying process was calculated as 32.20. In the study of Karaman et. al. (16) total

color change of persimmon puree was found to be as 63.63. The differences between the results may cause the differences between process conditions. In addition, the operations before drying such as peeling, blending and freezing may cause some enzymatic reactions which cause the change of color of vegetables and fruits. The physical and chemical properties of vegetables and fruits changes depending on harvest time, cultivar, maturation stage, geography and climate. For this reason the differences between color values of fresh persimmon and persimmon powder were explained as color change (ΔE) values, by this way the effect of drying conditions were observed independent of the mentioned differences. The variation of the color values of samples depending on the drying time was shown in Figure 3. It can be seen that L^* values increased, a^* and b^* values of persimmon puree decreased depending on drying time. The increase in the brightness value and decrease in the redness value of persimmon after freeze drying operation was also observed by Karaman et. al. (16). On the contrary of the obtained results of this study, the researcher reported that yellowness value of the sample increased after freeze drying application.

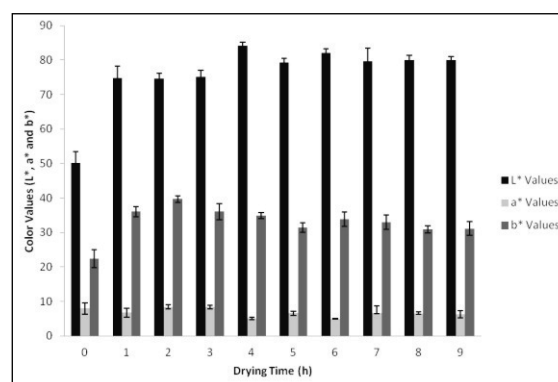


Figure 3. The variation of the color values of samples depending on the drying time.

CONCLUSION

In this study, it was observed that freeze drying can satisfactorily be applied for drying of persimmon puree. Logarithmic model was chosen to estimate the moisture ratio of persimmon puree during the drying process with great accuracy. The effective moisture diffusivity (D_{eff}) of freeze dried persimmon puree was found to be as 7.302×10^{-10}

m²/s which is in the same range (10⁻¹² to 10⁻⁶) with most of the foods. According to the measurement of color values, L* values increased, a* and b* values of persimmon puree decreased depending on drying time.

REFERENCES

1. Rao AV, Rao LG. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacol Res*, 55: 207-216.
2. Gorinstein S, Zemser M, Haruenkit R, Chuthakorn R, Grauer F, Martin-Belloso O, Trakhtenberg S. 1999. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. *J Nutr Biochem*, 10: 367-371.
3. Hertog MG, Kromhout D, Aravanis C, Blackburn H, Buzina R, Finanza F. 1995. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch Intern Med*, 155: 381-386.
4. Plaza L, Colina C, Ancos B, Sanchez-Moreno C, Cano MP. 2012. Influence of ripening and astringency on carotenoid content of high-pressure treated persimmon fruit (*Diospyros kaki L.*). *Food Chem*, 130: 591-597.
5. Nicoletti JF, Silveira V, Tlis-Romero J, Telis VRN. 2007. Influence of drying conditions on ascorbic acid during convective drying of whole persimmons. *Drying Technol*, 25: 891-899.
6. Akbulut M, Ercisli S, Yildirim N, Orhan E, Agar G. 2008. The comparison of persimmon genotypes (*Diospyrus kaki Thunb.*) by using RAPD and FAME data. *Roumanian Biotechnol Lett*, 13:3851-8.
7. Telis VRN, Gabas AL, Menegalli FC, Telis-Romero J. 2000. Water sorption thermodynamic properties applied to persimmon skin and pulp. *Thermochim Acta* 343:49-56.
8. Planinic M, Velic D, Tomas S, Bilic M, Bucic A. 2005. Modelling of drying and rehydration of carrots using Peleg's model. *Eur Food Res Technol*, 221: 446-451.
9. Erbay Z, Icier F. 2009. A review of thin layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 50: 441-464.
10. Akpınar E, Midilli A, Bicer Y. 2003. Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modeling. *Energy Convers Manage*, 44:1689-1705.
11. AOAC. 2000. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
12. Yaldız O, Ertekin C, Uzun HI. 2001. Mathematical modelling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26:457-465.
13. Togrul YT, Pehivan D. 2003. Modelling of drying kinetics of single apricot. *J Food Eng*, 58:23-32.
14. Ertekin C, Yaldiz O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *J Food Eng*, 63:349-359.
15. Doymaz I. 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki L.*). *Energy Convers Manage*, 56:199-205.
16. Karaman S, Toker OS, Cam M, Hayta M, Dogan M, Kayacier A. 2014. Bioactive and Physicochemical Properties of Persimmon as Affected by Drying Methods. *Drying Technol*, 32:258-267.

TRABZON HURMASININ (DIOSPYROS KAKI L.) KURUMA DAVRANIŞININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Ahmet Kaya*, Muhammed Safa Kamer, H. Emre Şahin

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

Geliş tarihi / Received: 14.06.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 05.08.2014

Kabul tarihi / Accepted: 18.08.2014

Özet

Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ta yetişen Trabzon hurmasının kuruma davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler üç farklı hız (0,5, 1,0 ve 1,5 m/s) ve üç farklı sıcaklıkta (40, 50 ve 60 °C) konvektif bir kurutucuda yapılmıştır. Elde edilen kuruma eğrileri, literatürde kullanılan üç farklı ince tabakalı kurutma modeline yerleştirilmiştir (Lewis, Henderson-Pabis ve iki terimli eksponansiyel). Hurmanın kuruma karakteristiğini tanımlamada iki-terimli eksponansiyel ve Henderson-Pabis modellerinin uygun olduğu belirlenmiştir. Difüzyon D_{eff} ve kütle taşınım h_m katsayılarının kurutma havası sıcaklığıyla değişimleri belirlenmiş ve artan sıcaklıkla bu katsayılarında arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca kurutma havası sıcaklığının hurmanın renk değişimi, su aktivitesi ve protein değişimine olan etkisi de belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Trabzon hurması, kuruma kinetiği, kurutma modelleri, difüzyon katsayısı, kütle taşınım katsayısı, renk analizi.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DRYING KINETICS OF TRABZON PERSIMMON (DIOSPYROS KAKI L.)

Abstract

In this study, drying behavior of Trabzon persimmon (*Diospyros kaki* L.) which grown in Kahramanmaraş has been investigated as experimentally. Experiments have been made in a convective dryer at three different drying air velocity ($U=0.5$ m/s, 1.0 m/s and 1.5 m/s) and at three different drying air temperatures (40, 50, and 60 °C). The experimental moisture data were fitted to some thin layer models (namely Henderson-Pabis, Lewis and two-term exponential models) available in the literature. The two-term exponential and Henderson - Pabis models were found to describe the drying characteristics of persimmon better. The variations of diffusion D_{eff} and mass transfer coefficients h_m with the drying air velocity and drying air temperature have been determined and these coefficients were increased with increasing velocity and temperature. Also, effect of the drying air temperature on change of color, water activity and protein of persimmon was determined.

Keywords: Trabzon persimmon (*Diospyros kaki* L.), drying kinetics, drying models, diffusion coefficient, mass transfer coefficient, color analyses

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ekaya38@gmail.com, ☎ (+90) 344 280 1694,

☎ (+90) 344 280 1602

GİRİŞ

Bir çok ülkede, sezon meyveleri, işletim imkanları olmadığı için bozulup atılmaktadır. Depolama süresinin uzaması ve bozulmalara karşı son derece önemli olan işlemlerden biri de gıdaların kurutulmasıdır (1). Kurutma; kurutma havası ile ürün arasında gerçekleşen eş zamanlı ısı ve kütle transferi işlemidir.

"Japanese Persimmon", "Kaki" veya "Japon Elması" isimleriyle de bilinen Trabzon hurması, başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere Karadeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde üretilmektedir (2). Türkiye'de Trabzon hurmasının yıllık üretimi 24302 ton'dur (3). Ortalama 500 g ağırlığında olan bu meyve yuvarlak şekle sahiptir. Yüzeyi pürüzsüz, kabuğu ince ve parlak, rengi sarıdan kırmızıya ya da turuncuya dönüşen bir meyvedir. Trabzon hurmasının tadı "buruk" ve "buruk olmayan" olmak üzere ikiye ayrılır (4).

Trabzon hurmasının kolesterolü azalttığı, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, sindirim sistemini hızlandırdığı ve kanseri önlemeye yardımcı olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (5, 6). Kullanım süresini artırmak amacıyla birçok gıda ürünü olduğu gibi Trabzon hurmasının da kuruma davranışı farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Zorlugenç (3) Türkay çeşidi buruk Trabzon hurmasının sakaroz, glikoz ve maltoz çözeltileri içerisindeki ozmotik dehidrasyon davranışlarını inceleyerek çözelti konsantrasyonu, bileşimi ve sıcaklık gibi işlem parametrelerinin kütle transfer mekanizması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ayrıca, ozmotik dehidrasyon ve sonrasında uygulanan kurutma işleminin hurmaların kuruma davranışı, sorpsiyon ve kalite özellikleri üzerine etkilerini de incelemiştir. Karakasova vd. (4) hurmanın güneş altında kurutulmasıyla antioksidan özelliklerinde (C vitamini, sitrik asit ve potasyum) meydana gelen değişimleri incelemiştir. Bölek ve Obuz (6) Trabzon hurmasının kuruma kalitesini belirlemek amacıyla, ince dilimler halinde ürünü 6 saat 50 °C'de, 4 saat 65 °C'de ve 3 saat 80 °C'de kurutmuşlardır. Ürüne farklı ozmotik işlemler uygulayarak yapılan bu kurutma yöntemi ile üründeki renk ve besin değerlerinin değişimleri araştırılmıştır. Park vd. (7) hurmanın kuruma davranışını doğrudan güneş altında doğal ve ozmotik çözeltide işleme tabii tutulan durumlar için incelemiştir. Doymaz (8) doğal ve kimyasal çözeltiye daldırılarak işleme tabii tutulmuş hurmanın

kuruma davranışını farklı sıcaklıklar için araştırarak kurutma katsayılarını belirlemiştir.

Bu çalışmada, tasarlanarak imal edilen bir konvektif kurutucuda hurma dilimlerinin kuruma davranışı ve kütle transfer parametreleri (difüzyon ve kütle taşınım) farklı sıcaklık ve kurutma havası hızlarında araştırılmıştır. Ayrıca kurutma havası sıcaklığının hurma dilimlerinin renk değişimi, su aktivitesi ve protein değerlerine olan etkisi de incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

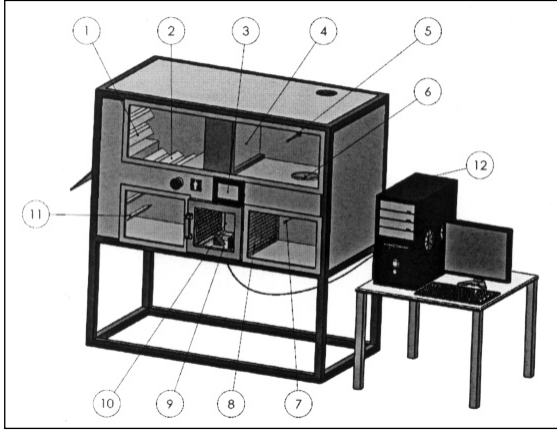
Malzeme

Yaklaşık aynı büyüklükte olan ve aynı cinsteki hurma (buruk olmayan hurma çeşidi) yerel bir marketten alınarak 4 °C sıcaklığa sahip soğutucuda saklanmıştır. Kurutma işlemi için hurmaların çekirdekleri çıkartılmış, dilim kalınlığı 1 cm olacak şekilde kesilerek hassas terazi üzerine yerleştirilmiştir. Konvektif kurutucu her deney öncesinde 30 dakika kadar çalıştırılarak dengeye gelmesi sağlanmış ve sonrasında ölçümlere başlanmıştır. Yapılan her bir deney için her 30 dakikada bir ölçüm alınmış ve doğrudan bilgisayara kaydedilmiştir. Hurmanın ilk nem içeriği, OHAUS marka infrared nem tayin cihazıyla belirlenmiştir.

Deney Düzenegi

Çalışmada kullanılan konvektif kurutucunun şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Deney düzenegi, hızı kontrol edilebilir fan, ısıtıcı, hava giriş damperi, hava çıkış damperi ve taze hava ile kullanılmış havanın belirli oranda karıştırıldığı karışım odacığı, test bölgesi, hassas terazi, sıcaklık ve nem ölçerler, akış düzenleyici, veri okuma ve kaydetme sistemi ile bilgisayardan oluşmaktadır. Isı yalıtımı iyi bir şekilde yapılan konvektif kurutucuda, proses boyunca test bölgesinde kurutma havası hızı ve sıcaklığı sabit tutulmaktadır. Bu amaçla konvektif kurutucuda hız ve sıcaklık kontrol üniteleri kullanılmıştır.

Test bölgesinde, akışı bozmayacak şekilde yerleştirilmiş ve sızdırmazlığı iyi bir şekilde sağlanmış olan hassas terazi bulunmaktadır. Test bölgesi içindeki hız, bağıl nem ve sıcaklık değişimleri ile hassas terazideki anlık kütle değişimleri, belirlenen periyotlarda, bir yazılım programı aracılığıyla doğrudan bilgisayara kaydedilebilmektedir. Ayrıca bu değerler konvektif kurutucu üzerinde bulunan PLC ekranı ile de takip edilebilmektedir.



Şekil 1. Deneyde kullanılan konvektif kurutucu
1) Taze hava damperi, 2) Karışım damperi, 3) PLC okuyucu, 4) Isıtıcı (5-7) Sıcaklık ve Nem ölçerler ve hız sensörü 6) Fan 8) Akış düzenleyici 9) Hassas terazi 10) Test bölgesi 11) Egzoz damperi 12) Bilgisayar

Figure 1. Convective dryer used in the experiment
1) Fresh air damper, 2) Mixing damper, 3) PLC monitor, 4) Heater (5-7) Temperature and Humidity meters and velocity sensor, 6) Fan 8) Flow regulator 9) Precision balance 10) Test section 11) exhausting damper 12) Computer

Konvektif kurutucu üzerinde bulunan PLC ekranında, test bölgesi içindeki istenilen hız ve sıcaklık değerleri girilmekte ve kurutma süresi boyunca bu değerler sabit tutulmaktadır. Beş farklı bölgeye yerleştirilen hız, sıcaklık ve bağıl nem sensörleri ile kurutma işlemi takip edilebilmekte, değerler istenen periyotlarda bilgisayara doğrudan kaydedilebilmekte ve PLC ekranından da görülebilmektedir.

Kurutma işlemine başlamadan önce, sistem yaklaşık 30 dakika kadar çalıştırılarak sistemin dengeye gelmesi sağlanmıştır. Hurmanın ilk nem içeriği % 75.20 y.m. (3.03 kg H₂O/kg k.m.) olarak belirlenmiştir. Deneyler, üç farklı kurutma havası hızında (0.5m/s, 1.0 m/s ve 1.5 m/s) ve üç farklı sıcaklıkta (40, 50 ve 60 °C) gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemine, üründe kütle değişimi olmayıncaya kadar devam edilmiştir (verilen sıcaklıkta denge nem değeri). Her deney en az

Çizelge 1. Kurutma modelleri
Table 1. Drying models

Model ismi Model Name	Denklem Equation	Referans Reference
Lewis	MR=exp(-kt)	Lewis (19)
Henderson-Pabis	MR=a exp(-kt)	Henderson ve Pabis (20)
İki-terimli eksponansiyel Two-term exponential	MR=a exp(-k ₀ t)+ b exp(-k ₁ t)	Sharaf-Eldeen vd. (21)

MR, nem oranı; a, b kurutma katsayıları; k, k₀ and k₁, kurutma sabitleri; t, kurutma süresi
MR, moisture ratio; a, b drying coefficients; k, k₀ and k₁, drying constant; t, drying time

üç kez tekrarlanarak ortalama değerler alınmıştır. Her deneyde hassas teraziye 300 g ağırlığında, çekirdekleri çıkartılmış 1 cm kalınlığındaki hurma dilimleri konulmuştur.

Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellere Uyarlanması

Boyutsuz nem oranı aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} \quad (1)$$

Burada M zamanla değişen ürün nem içeriği, M_i ilk nem içeriği, M_e ürünün verilen sıcaklıktaki denge nem içeriğidir (kurutma sonundaki nem içeriği). Çizelge 1'de verilen üç farklı ince tabakalı kurutma modeli, 1 cm kalınlığında dilim şeklinde kesilen hurmanın kuruma davranışını tanımlamada kullanılmıştır.

Deneyel verilerden faydalanarak kurutma katsayıları ile difüzyon ve kütle taşınım katsayılarını elde etmede bir bilgisayar programı olan Sigma Plot kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin kullanılabilirliğini sorgulamada korelasyon katsayısı R² ve tahmini standart hata önemli kriterlerdir (9, 10). Korelasyon katsayısı R²

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (2)$$

Tahmini standart hata (SEE)

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{deneyel,i} - MR_{hesaplanan,i})^2}{N}} \quad (3)$$

Difüzyon katsayısının belirlenmesi

Kurutmada önemli parametrelerden biri olan difüzyon katsayısı, hurma dilimi için farklı hız ve sıcaklıklarda hesaplanmıştır. Hesaplamada Fick difüzyon denklemi kullanılmıştır. Difüzyon katsayısının sabit, ilk nem içeriğinin homojen olduğu dilim şeklinde kesilen hurma için bu denklem Crank tarafından aşağıdaki gibi elde edilmiştir (11).

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (4)$$

Burada Deff difüzyon katsayısı (m²/s), L kurutulan ürünün yarı kalınlığı, t kurutma süresidir. Bu denklem serinin ilk terimi alınarak basitleştirilebilir (8);

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

(5) numaralı denkleme regresyon analizi uygulanarak difüzyon katsayısı elde edilmiştir.

Kütle Taşınım katsayısının belirlenmesi

Yüzeiden transfer edilen kütle miktarı kütle taşınım katsayısı ile doğrudan alakalıdır. Hurma diliminin kütle taşınım katsayısına kurutma havası hızı ve sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. Ürün nem içeriğinin zamana bağlı bir süreçte her noktada aynı olduğu kabulüne dayanarak (12);

$$V \frac{dM}{dt} = -h_m A (M_i - M_e) \quad (6)$$

(5) numaralı denklem düzenlenirse;

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \exp\left(-\frac{h_m A}{V} t\right) \quad (7)$$

elde edilir. Dikdörtgen şekilli ürünlerde V/A değeri yarı kalınlık olarak alınmıştır (12). (7) numaralı denkleme regresyon analizi uygulanarak h_m değeri belirlenmiştir.

Renk, Su aktivitesi ve Protein Analizi

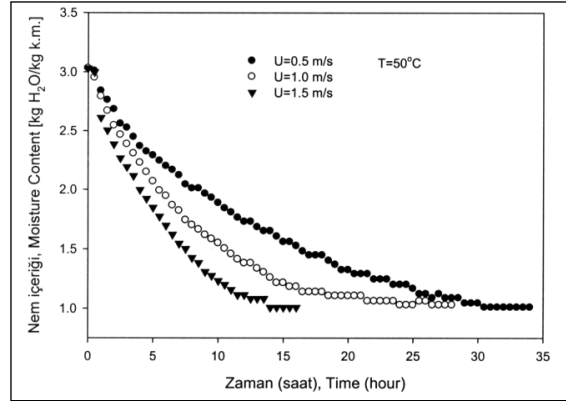
Yaş ve kuru hurma dilimlerinin renkleri Hunter-Lab renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Renk ölçüm işlemi, cihazın beyaz plakaya karşı kalibre edilmesinden sonra yapılmıştır. Renk ölçümü esnasında "L*", "a*" ve "b*" değerleri elde edilmiş olup, "L*" parametresinin artması parlaklıktan koyuluğa, "a*" değerinin artması kırmızılığa, azalması ise yeşillığe, "b*" parametresinin artması sarılığa, azalması ise maviliğe gidişi göstermektedir (3, 13).

Yaş ve kuru gıdaların işlenmeleri ve depolanmaları aşamalarında görülen bozulmalar ve kalite kayıpları, gıda ürünlerinin su aktivite değerlerinin bilinmeleri ile önlenabilir (3). Belirli bir bağlı nem ve sıcaklık değerine sahip bir ortamda bulunan ürünün sahip olabileceği denge nem içeriği ile su aktivitesi doğrudan alakalıdır. Su aktivitesi yaş ve kuru ürünlerin depolama koşullarının doğru bir şekilde belirlenmesinde son derece önemlidir. Yaş ve kurutulmuş hurmalara ait su aktivite (a_w) değerleri Aqua-Lab (standart) model su aktivitesi ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Yaş ve kurutulmuş hurmanın protein içeriğindeki değişim, Kjeldahl yöntemi kullanılarak Velpudk 127 model destinasyon cihazı ile belirlenmiştir.

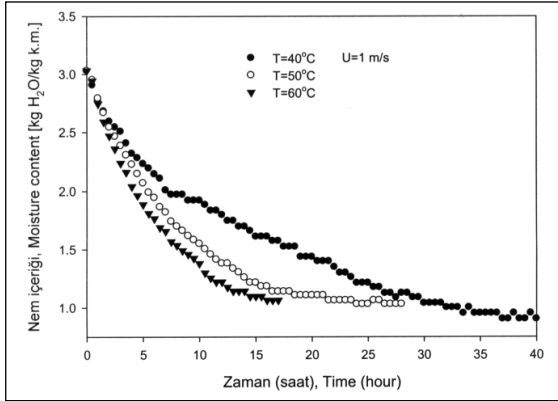
BULGULAR ve TARTIŞMA

Dilim şeklinde kesilen Trabzon hurmasının kuruma davranışı farklı hız ve sıcaklıklarda araştırılarak difüzyon ve kütle taşınım katsayıları araştırılmıştır. Şekil 2'de kurutma havası hızının kuruma süresine etkisi gösterilmiştir. Sabit sıcaklıkta tutulan (50 °C) kurutma havası hızının artması ısı transfer katsayısını da artırmıştır. Ayrıca kurutma havası hızının artması dilim şeklinde kesilen hurma yüzeyi ile ortam havası arasında olan ısı ve kütle taşınımını da artırmaktadır. Hurma yüzeyinin nemi yüksek olduğundan, eş zamanlı ısı ve kütle taşınımının artması kurutma süresinin azalmasına sebep olacaktır. Hızın 0.5 m/s'den 1.5 m/s'ye yükseltilmesiyle kurutma süresinin yaklaşık %53 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Kurutma havası hızının kuruma davranışı üzerine etkisi
Figure 2. The effect of drying air velocity on drying behavior

Şekil 3'te kurutma havası sıcaklığının kuruma süresine etkisi gösterilmiştir. Kurutma havası hızının 1 m/s'de sabit tutulup sıcaklığın 40 °C den 60 °C ye yükseltilmesi ile toplam kurutma süresinin %57.5 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığı ve hızının kuruma süresine etkisi incelendiğinde, kurutma havası sıcaklığının daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının yükselmesiyle hem difüzyon katsayısı hem de ürün yüzeyi ile ortam havası arasında meydana gelen eş zamanlı ısı ve kütle transferi artmaktadır (14,15). Hem difüzyon hem de taşınım etkilerinin artmasıyla kurutma süresinde önemli ölçüde azalma sağlanmaktadır.



Şekil 3. Kurutma havası sıcaklığının kuruma davranışı üzerine etkisi

Figure 3. The effect of drying air temperature on drying behavior

Deneyel olarak elde edilen veriler, kurutma modellerine yerleştirilmiş ve regresyon analiziyle kurutma katsayıları tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Deneyel veriler Lewis, Handerson-Pabis ve İki-terimli Ekspansiyel modellerine yerleştirilerek kurutma katsayıları ve kurutma sabitleri elde edilmiştir. Modellerin uygulanabilirliğinde en önemli istatistiki parametrelerden olan korelasyon katsayısı (R^2) ve tahmini standart sapmalar (SEE) her deney sonucuna göre belirlenmiş ve Çizelge 2 ve Çizelge 3'te gösterilmiştir. Her üç modelin uygulanmasıyla elde edilen R^2 değerinin, modelin

uygulanabilirlik kriteri olan 0.98'den büyük olduğu tespit edilmiştir (10). Her bir deney sonucunun Handerson-Pabis ve İki-terimli ekspansiyel modellerine uygulanmasıyla elde edilen R^2 değerlerinin Lewis modelinin uygulanmasıyla elde edilen R^2 değerlerinden büyük olduğu tespit edilmiştir. R^2 değerlerinin Handerson-Pabis ve İki-terimli ekspansiyel modellerinde 0.9858 ile 0.9947 arasında; Lewis modellerinde ise 0.9807 ile 0.9933 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2 ve 3 incelendiğinde, elde edilen istatistiki parametreler ışığında 40-60 °C sıcaklıkları ve 0.5-1.5 m/s hız değerleri arasında Henderson-Pabis ve İki-terimli Ekspansiyel modellerin hurmanın kuruma davranışını belirlemede oldukça iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ayrıca bütün kurutma modellerinde önemli bir parametre olan kurutma sabitlerinin (k) hız ve sıcaklıkla arttığı görülmüştür. Şekil 4 ve 5'te, deneysel olarak elde edilen boyutsuz nem içeriği ile model sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekillerden görüldüğü gibi her iki modelden elde edilen sonuçlar ve deneysel sonuçlar oldukça uyumludur. Benzer sonuçlara literatürde farklı gıda ürünleri için de rastlanmıştır (16-18).

(4) numaralı denkleme regresyon analizi uygulanarak hız ve sıcaklığın değişimine göre difüzyon katsayısı $Deff$ elde edilmiştir. Elde edilen

Çizelge 2. Kurutma sabit ve katsayılarının kurutma havası hızı ile değişimi ($T=50$ °C sabit)

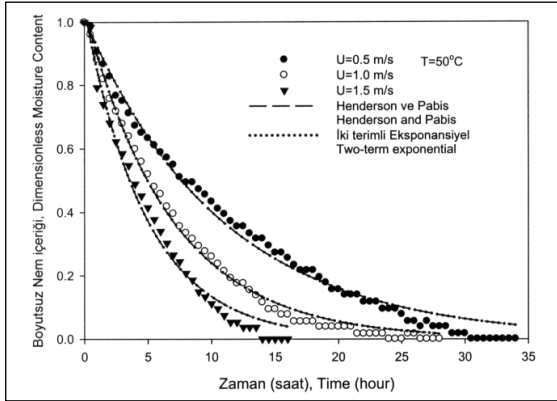
Table 2. Variation of drying constant and coefficients with the drying air velocity ($T = 50$ °C constant)

Model ismi Model Name	Katsayılar Coefficients	U=0.5m/s	R^2	SEE	U=1.0 m/s	R^2	SEE	U=1.5 m/s	R^2	SEE
Lewis	k (1/saat)	0.0913	0.9881	0.0305	0.1417	0.9933	0.0231	0.1975	0.9838	0.0380
Henderson-Pabis	a	1.0142	0.9883	0.0304	1.0390	0.9947	0.0207	1.0425	0.9858	0.0362
	k (1/ saat)	0.0926			0.1470			0.2056		
İki-terimli ekspansiyel Two-term exponential	a	0.5087			0.5340			0.5376		
	k_0 (1/ saat)	0.0926	0.9883	0.0309	0.1470	0.9947	0.0211	0.2056	0.9858	0.0374
	b	0.5055			0.5051			0.5049		
	k_1 (1/ saat)	0.0926			0.1470			0.2056		

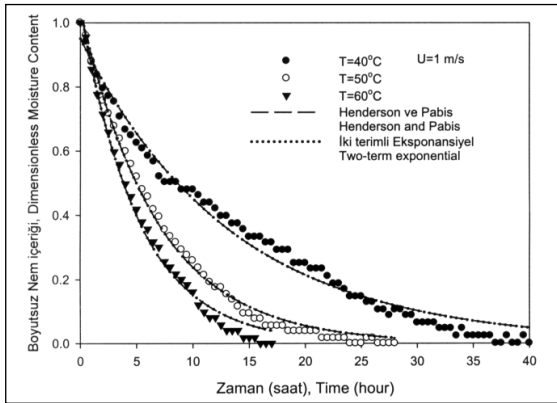
Çizelge 3. Kurutma sabit ve katsayılarının kurutma havası sıcaklığı ile değişimi ($U= 1$ m/s sabit)

Table 3. Variation of drying constant and coefficients with the drying air temperature ($U= 1$ m/s constant)

Model ismi Model Name	Katsayılar Coefficients	T=40°C	R^2	SEE	T=50°C	R^2	SEE	T=60°C	R^2	SEE
Lewis	k (1/saat)	0.0785	0.9807	0.0360	0.1417	0.9933	0.0231	0.1845	0.9886	0.0317
Henderson-Pabis	a	0.9506	0.9839	0.0331	1.0390	0.9947	0.0207	1.0476	0.9910	0.0285
	k (1/ saat)	0.0745			0.1470			0.1930		
İki-terimli ekspansiyel Two-term exponential	a	0.4484	0.9839	0.0336	0.5340	0.9947	0.0211	0.5376	0.9910	0.0294
	k_0 (1/ saat)	0.0745			0.1470			0.1930		
	b	0.5022			0.5051			0.5100		
	k_1 (1/ saat)	0.0745			0.1470			0.1930		



Şekil 4. Farklı hızlar için elde edilen deneysel sonuçların modellerle karşılaştırılması
Figure 4. Experimental results obtained for different velocities compared with the models



Şekil 5. Farklı sıcaklıklar için elde edilen deneysel sonuçların modellerle karşılaştırılması
Figure 5. Experimental results obtained for different temperatures compared with the models

sonuçlar Çizelge 4 ve Çizelge 5'te gösterilmiştir. Hızın ve sıcaklığın artmasıyla eş zamanlı ısı ve kütle transferi arttığından kurutma hızlanmış ve buna bağlı olarak difüzyon katsayısı D_{eff} 'in arttığı görülmüştür. Elde edilen bu değerlerin, literatürde gıda ürünleri için belirlenen 10^{-8} ile 10^{-12} m^2/s aralığında olduğu tespit edilmiştir (8).

Çizelge 4. Difüzyon ve kütle taşınım katsayılarının kurutma havası hızıyla değişimi ($T=50$ °C sabit)
Table 4. Variation of diffusion and mass transfer coefficients with drying air velocity ($T=50$ °C constant)

	U=0.5 m/s	R^2	U=1 m/s	R^2	U=1.5 m/s	R^2
D_{eff} (m^2/s) $\times 10^{10}$	2.662	0.9864	4.264	0.9844	5.752	0.9914

Çizelge 5. Difüzyon ve kütle taşınım katsayılarının kurutma havası sıcaklığıyla değişimi ($U=1$ m/s sabit)
Table 5. Variation of diffusion and mass transfer coefficients with drying air temperature ($U=1$ m/s constant)

	T=40 °C	R^2	T=50 °C	R^2	T=60 °C	R^2
D_{eff} (m^2/s) $\times 10^{10}$	2.212	0.9853	4.264	0.9844	5.743	0.9884
h_m (m/s) $\times 10^7$	1.111	0.9811	1.944	0.9931	2.500	0.9892

Kütle taşınım katsayısının kurutma havası hızı ve sıcaklığıyla olan değişimi Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir. Kurutma havası hızının ve sıcaklığının artmasıyla kütle taşınım katsayısının arttığı dolayısıyla üründen taşınım transfer edilen kütle miktarının da arttığı ve kuruma süresini azaldığı tespit edilmiştir.

Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla ürün renk değişimine rastlanmış, ürünün L^* parametresi ile parlaklıktan (16.35) koyuluğa doğru geçtiği (55.37); a^* parametresi ile kırmızılıktan (13.31) yeşillığe (8.95) doğru dönüştüğü ve b^* parametresi ile sarılığının arttığı görülmüştür (b^* değeri 10.84'ten 20.42'ye yükselmiştir) (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kurutma havası sıcaklığının hurmanın renk değişimi, su aktivitesi ve protein değişimine etkisi
Table 6. Effects of colour change, water activity and protein change of persimmon with drying air temperature

Parametre Parameter	Doğal hal Natural	T=40 °C	T=50 °C	T=60 °C
L^*	16.35	41.02	43.64	55.37
a^*	13.20	13.31	11.09	8.95
b^*	10.84	18.34	18.72	20.42
a_w	0.97	0.43	0.37	0.31
Protein (%)	0.90	2.42	2.80	2.90

Depolama koşullarının belirlenmesinde son derece önemli olan su aktivitesinin kurutma havası sıcaklığıyla değişimi Çizelge 6'da verilmiştir. Yaş haldeki su aktivite değeri yüksek olan hurmanın, kurutma havası sıcaklığının artmasıyla azaldığı görülmüştür. Üründeki nem gözeneklerde tutulduğundan belli bir basınç altındadır. Sıcaklığın artması hem gözenekleri küçültmekte hem de yüzey nemini hızla uzaklaştırdığından içteki nemin de yüzeye doğru çıkarak uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Denge nemi ve su aktivite özellikleri birbirine son derece bağlı olduğundan, kurutma havası sıcaklığının değişmesi bu özellikleri değiştirir. Çizelge 6'da ürün protein içeriğinin sıcaklıkla olan değişimi de verilmiştir. Yaş haldeki hurmada

protein içeriği düşükken, ürünün farklı sıcaklıklarda kurutulmasıyla protein içeriğinin arttığı görülmüştür. Ürünün belirli bir sıcaklıkta, kurutma sonunda ulaştığı denge nemi (su aktivitesi) ile protein içeriğindeki değişimin ters orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir.

SONUÇLAR

Kurutma havası hızı ve sıcaklığının Kahramanmaraş'ta yetiştirilen Trabzon hurmasının kuruma davranışı ile difüzyon ve kütle transfer parametrelerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Kurutma havası hızı ve sıcaklığının artmasıyla kurutma süresinin azaldığı, difüzyon ve kütle taşınım katsayılarının arttığı belirlenmiştir. Deneysel veriler üç farklı kurutma modeline yerleştirilmiş ve Handerson-Pabis ile İki-terimli Ekspansiyel modellerinin uygun sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca kurutma havası sıcaklığının artmasıyla üründe renk değişimine rastlanmış, su aktivitesinin azaldığı ve protein içeriğinin arttığı belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; KSÜ Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince 2013/3-38M nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Karim MA, Hawlader MNA. 2005. Mathematical modeling and experimental investigation of tropical fruits drying. *In. J Heat Mass Tran.* 48: 4914-4925
2. Karkacier M. 1998. Trabzon hurmasının (*diospyros kaki l.*) kimyasal bileşimi üzerine araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.
3. Zorlugenç FK. 2010. Ozmotik dehidrasyon uygulamasının Trabzon hurması meyvelerinin kuruma davranışı ve ürün kalitesi üzerine etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
4. Karakasova L, Babanovska-Milenkovska F, Lazov M, Karakasov B, Stojanova M. 2013. Quality properties of solar dried persimmon (*diospyros kaki*). *J Hygienic Eng Des.* 4: 54-59.
5. Yönel S, Uylaser V, Yonak S. 2008. Trabzon hurmasının bileşimi ve besleyici değeri, Türkiye
10. Gıda Kongresi, Erzurum, Türkiye, 339-342.

6. Bölek S, Obuz E. 2014. Quality characteristics of Trabzon persimmon dried at several temperatures and pretreated by different methods. *Turk J Agric For.* 38: 1-8.
7. Park YS, Jung ST, Kang SG, Licond ED, Ayala ALM, Tapia MS, Bellosso OM, Trakhtenberg S, Gorinstei S. 2006. Drying of persimmons (*Diospyros kaki L.*) and the following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. *LWT- Food Sci Technol.* 39: 748-755.
8. Doymaz I. 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki L.*). *Energ Convers Manage.* 56: 199-205.
9. Doymaz I. 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *J Food Eng.* 79: 243-248.
10. Saeed IE. 2010. Solar Drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) part I: Mathematical modelling, drying experiments, effects of the drying conditions. *Agric Eng Int: CIGR J.* 12 (3-4): 54-59.
11. Crank, J. 1975. *The Mathematics of Diffusion.* Oxford University Press, London.
12. Incropera FP, De Witt DP. 1990. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer.* John Wiley&Sons, New York
13. Gould AW. 1977. *Food Quality Assurance.* The AVI Publishing Company Inc. USA.
14. Kaya A, Aydın O, Demirtas C, Akgün M. 2007. An experimental study on the drying kinetics of quince. *Desalination* 212: 328-243.
15. Kaya A, Aydın O, Demirtas C. 2007. Drying kinetics of red delicious apple. *Biosyst Eng.* 96(4): 517-524.
16. Doymaz I. 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *J Food Eng.* 78: 1291-1297.
17. Ahmed J, Shivhare US. 2001. Effect of pre-treatment on drying characteristics and colour of dehydrated green chillis. *J Food Sci Technol.* 38: 504-506.
18. Akpınar EK, Bicer Y. 2004. Modelling of the drying of eggplants in thin-layers. *Int J Food Sci Technol.* 39: 1-9.
19. Lewis WK. 1921. The rate of drying of solid materials. *J Indian Eng Chem.* 13(5): 427-432.
20. Henderson SM, Pabis S. 1961. Grain drying theory. II. Temperature effects on drying coefficients. *J Agr Eng Res.* 6: 169-174.
21. Sharaf-Eldeen YI, Blaisdell JL, Hamdy MY. 1980. A model for ear corn drying. *Trans ASAE* 23: 1261-1271.

Yazım Kuralları

GIDA (2009) 34 (1): 55-58

www.gidadernegi.org/ Gıda Dergisi / Yayın kuralları

Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu

GIDA (2009) 34 (1): 65

www.gidadernegi.org/ Gıda Dergisi / Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu

Son Kontrol Listesi

GIDA (2009) 34 (1): 66

www.gidadernegi.org/ Gıda Dergisi / Son Kontrol Listesi

adreslerinden erişilebilir. Yazarlar, makale göndermeden önce yazım kurallarını tam olarak okumalı ve makalelerini burada verilen kurallara göre hazırlamalıdır.

SÜNE-KİMİL ZARARINA UĞRAMIŞ BUĞDAY UNLARININ EKMEKÇİLİK KALİTESİNİN TAHMİNİNDE KULLANILAN UZATMALI ZELENY SEDİMENTASYON TESTİNİN OPTİMİZASYONU VE DİĞER KALİTE PARAMETRELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA*

Mustafa Şamil Argun^{1**}, Adem Elgün²

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Bitlis

² İttifak Holding A.Ş. Konya

Geliş tarihi / Received: 14.07.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 08.11.2014

Kabul tarihi / Accepted: 14.12.2014

Özet

Bu araştırmada, süne-kımlı emgili buğday unlarının ekmekçilik kalitelerinin tahmin edilmesinde, diğer kalite parametrelerine karşılık gecikmeli olarak da tanımlanan, uzatmalı Zeleny sedimantasyon (UZS) değerinin etkinliğinin belirlenmesi ve metodun süre ve sıcaklık bakımından standardizasyonu amaçlanmıştır. Materyal olarak 3 adet süne-kımlı (*Eurygaster intergriceps* ve *Aelia rostrata*) emgili Bezostaya-1 buğday örneği kullanılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonuçlarından süne-kımlı zararının buğday örneklerinin tüm kalite parametrelerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Emgili buğdayların ekmekçilik kalitesinin tahmininde UZS yanında diğer un kalite parametreleri ile ekmek özellikleri arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Sonuç olarak süne emgili buğday unlarının ekmekçilik kalitesinin takdirinde uzatmalı veya gecikmeli sedimantasyonun 25 ve 40 °C'de 30 dk. bekleme normlarının diğer kalite parametrelerine göre daha iyi performans sağladığı gözlenmiştir. Süne-kımlı zararına uğramış unlar için, UZS testiyle unların ekmekçilik kalitelerini tahmin etmede optimum sıcaklık ve sürenin 25 °C'de 30 dk'lık uygulama normunun, şu anda kullanılmakta olan 120 dk'lık bekleme süresine göre oldukça etkin ve kısa süreli bir norm olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Un kalite parametreleri, ekmek özellikleri, standart ve uzatmalı Zeleny sedimantasyon

A RESEARCH ON THE OPTIMIZATION AND COMPARING WITH OTHER QUALITY PARAMETERS OF DELAYED ZELENY SEDIMENTATION TEST WHICH USES TO PREDICT BAKING QUALITY OF WHEAT FLOURS DAMAGED BY SUNN PEST (*Eurygaster intergriceps* and *Aelia rostrata*)

Abstract

In this research, we aimed to standardize the delayed Zeleny sedimentation test in terms of time and temperature against the other quality parameters in order to predict baking qualities of the damaged wheats (Bezostaya-1) by sunn pest (*Eurygaster intergriceps* and *Aelia rostrata*). Three damaged wheat (Bezostaya-1) samples by sunn pest were used as experimental material. The statistical analysis show that bug damaging reduced all quality parameters. The relations between delayed Zeleny sedimentation test as well as other flour quality parameters and bread properties were determined to predict of baking qualities of the damaged wheats. As a result, delayed Zeleny sedimentation tests were observed that better performance than the other quality parameters for the evaluation of the baking qualities of bug damaged wheat flours at 25 °C and 40 °C for 30 min. norms. It was concluded that for damaged flours by sunn pest, in predicting of the bread-making quality of flours by delayed Zeleny sedimentation test, this optimum application norm (30 min at 25 °C) is more effective than the currently being used 120 min retention time.

Keywords: Flour quality parameters, bread properties, standard and delayed Zeleny sedimentation

* Bu makale Mustafa Şamil Argun'un Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır / This paper is a part of Mustafa Şamil Argun's MSc thesis

** Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ msargun@beu.edu.tr,

☎ (+90) 434 228 5005,

☎ (+90) 434 228 5006

GİRİŞ

Beslenmemizde önemli yer tutan ekmeğin hammaddesi olan unun, ekmeklik kalitesini belirleyen en önemli kimyasal özellikleri; kül içeriği ile protein miktarı ve kalitesidir (1). Protein miktarı aynı olan unlarla yapılan ekmeklerdeki kalite farkı protein özelliklerinden ileri gelmektedir (2).

Buğday ve unun protein miktar ve kalitesi, bu ürünlerin kullanım amacını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Özellikle ekmek yapımında bu parametreler ekmek kalitesini bütünüyle etkilemekte ve ekmeklik un alımında başlıca tercih sebepleri olmaktadır. Bu yüzden doğru, güvenilir ve hızlı bir şekilde ölçümleri gerekmektedir.

Zeleny sedimantasyon testi protein kalitesini ve ekmek hacmini tahmin etmede kullanılan bir yöntemdir (3, 4). Dikici ve ark. (5), ekmekte en önemli kalite faktörü olan hacim verimini tahmin etmede, un tipine bağlı kalmaksızın normal şartlarda yaklaşık iki saatlik bir sürede gerçekleştirilen uzatmalı sedimantasyon değerinin en basit ve etkili parametre olduğunu ifade etmişlerdir.

Süne tükürük salgısında α -amilaz ve proteaz enzimleri bulunmaktadır (6). Enzimatik potansiyelin etkili olduğu standart yöntemler üzerinde yapılan değişiklikler, esas olarak, optimum su, sıcaklık ve süre kombinasyonunu sağlama yönünde olmaktadır (7-9).

Bu çalışmada, sedimantasyon testinde enzimatik potansiyelin de etkili olduğu savından hareketle, sıcaklık ve süre parametrelerini kullanarak, özellikle süreden, mümkünse sıcaklıktan ne kadar tasarruf edilebileceği araştırılmıştır.

Çalışmamızda süne emgili un örnekleri üzerinde çalışılarak önce un örneklerinin kalitatif değişimleri ortaya konmuş, ikinci aşamada uzatmalı sedimantasyon testinde optimum sıcaklık ve süre normu belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Buğday Örnekleri

Araştırmada, Konya bölgesinde 2008-2009 üretim döneminde hasat edilmiş, farklı düzeyde süne kımıl zararına uğramış 3 adet Besoztaya-1 (*Tr. aestivum* L.) çeşidi buğday örneği kullanılmıştır.

Emgi oranlarının ayarlanması

Örneklerin süne-kımıl emgili tane oranı belirlenirken homojen olarak karıştırılan buğday partisinden 20 g tartılıp, emgili taneler gözle seçilerek ayrılmıştır. Ayrılan emgili taneler tartılıp 5 ile çarpılarak emgi oranı % olarak ifade edilmiştir.

Farklı emgi düzeyine sahip buğday örneklerinin hazırlanmasında, önce görsel yolla emgili taneler ayrılmış, ikinci aşamada ayrılan emgili taneler, ağırlık esasına göre ve son örnekte %0, 3, 5 ve 10 olacak şekilde ilave edilerek, emgili tane içeren buğday örnekleri elde edilmiştir.

Öğütme İşlemi

Elde edilen buğday örneklerine %16 su içeriğine ulaşacak kadar su ilave edilmiş ve bir gün süre ile hermetik kapatılmış kavanozlarda bekletildikten sonra laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin, CD 1, Villeneuve La Garenne, Fransa) öğütülerek %70 (± 5) randımanlı un elde edilmiştir.

Buğday örneklerinden laboratuvarda elde edilen un örnekleri ağzı kapalı poşetler içinde üç hafta süreyle laboratuvar ortamında dinlendirildikten sonra analize alınmıştır.

Yöntem

Deneme Deseni

Çalışmada, 3 farklı buğday örneği, 4 emgi seviyesi ve 2 tekerürlü olarak 2x(3x4) faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. Korelasyon hesaplamalarında; süne emgili buğday unlarında "n= 12 adet" örnek sayısı ile değerlendirme yapılmıştır.

Laboratuvar Metotları

Analitik Metotlar

Örneklerde, su (AACC 44-19), protein (AACC 46-12), kül (AACC 08-01), gluten ve gluten indeks değerleri (AACC 38-12A) ile farinogram (AACC 54-21) ve extensogram (AACC 54-10) değerleri Anon (1990)'a göre belirlenmiştir (10). Zeleny sedimantasyon testi Atlı ve ark. (11), Greenaway and et al. (12) ve Özkaya ve Kahveci (13)'ye göre yapılmıştır. Uzatmalı sedimantasyon testinde 12 farklı un örneği bromfenol mavisi eklenip 5 dakika çalkalandıktan sonra standart metot (11)'a ilave olarak etüvde 3 farklı sıcaklık derecesinde (25, 40 ve 55 °C) ve 3 farklı sürede (30, 60 ve 120 dakika) bekletilerek yapılmıştır. Buğday örneklerinin tane sertliği, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı Elgün ve ark. (14)'na göre belirlenmiştir.

Araştırma Metotları**Ekmek Pişirme Denemeleri**

Ekmek pişirme denemeleri AACC 10-10 metodu modifiye edilerek yapılmıştır (10). Un örneklerine, 100 g un esasına göre, 3 g yaş maya, 1.5 g tuz ve farinografta kaldırdığı miktar kadar su ilavesi ile Hobart Tipi yoğurucuda yoğrulmuştur. Daha sonra yoğrulan hamurlar 30+30+60 dk. fermantasyona tabi tutulmuş ve 230 °C'deki fırında 15 dk. süre ile pişirilmiştir. Ekmekler fırından çıktıktan 25 dk. sonra ağırlıkları ölçülmüştür. Bir gün sonra da; hacim, tekstür, renk analizleri yapılmış ve spesifik hacim değerleri hesaplanmıştır. Hacimleri kolza tohumları ile yer değiştirme prensibine göre belirlenmiştir. Tekstür değeri 0-10 arasında puanlanmıştır. Ekmeklerin iç rengi değerlerinin ölçümünde Hunter Lab color Quest II Minolta CR-400 (Minolta Camera, Co., Ltd., Osaka Japonya) cihazı ile "L" [(0) siyah-(100) beyaz] belirlenmiştir (15).

İstatistiksel Analiz

Farklı süne emgili buğdaylardan elde edilen unlar için TARIŞT (Version 4.0, İzmir) programı kullanılarak korelasyon hesaplamaları yapılmıştır (16). İstatistiksel analiz sonuçları tablolar halinde özetlenmiş, önemli bulunan korelasyonlar ise tartışılmıştır.

SONUÇ ve TARTIŞMA**Analitik Sonuçlar**

Araştırmada kullanılan farklı süne emgi oranlarına sahip buğday kombinasyonlarından elde edilen unlarda yapılan kimyasal ve fizikokimyasal analizlere ait sonuçlar Çizelge 1'de, reolojik hamur özellikleri Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.

Standart ve Uzatmalı Zeleni Sedimentasyon Denemeleri

Standart Zeleni sedimentasyon (SZS) ve uzatmalı Zeleni sedimentasyon (UZS) analizi sonuçları Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir. Bu çizelgelerdeki tüm değerler deskriptif olarak incelendiğinde buğday örneklerinin kalitatif farklılığını ortaya koymada, (SZS) testi örnekler arasında 8.2 cc fark verirken, (UZS) testlerinde 9.6-9.8 cc gibi daha yüksek farklılıklar yakalanmıştır. Emgi seviyelerini değerlendirmede, SZS testi 3.0 cc fark verirken, uzatmalı sedimentasyon testlerinde farklılık 18 cc'nin üzerine çıkmıştır. Burada ısı işlem uygulamasının, protein disagregasyonunu hızlandırarak uygulamalar arası varyasyonu artırması sonucu farklılıkların daha belirgin şekilde ortaya çıkarıldığı söylenebilir. Muhtemelen, 55 °C'de yapılan ölçümlerde, ortamda jelatinizasyon aşaması başladığından, özellikle uzun süreli bekletmelerde heterojen sapmalar görülmüştür. Sonuç olarak 55 °C sıcaklık derecesi, 25 ve 40 °C'deki ölçümlere göre varyasyon düşüklüğü ve sapma göstermesi yanında, protein kalitesi dışındaki diğer faktörlerin etkileri olabileceği sebebiyle dikkate alınmamıştır. Çizelge 7'de verilen korelasyon katsayıları incelendiğinde de, 55 °C'deki sapmaların ilişkiyi düşürücü etkileri açıkça görülmektedir. Sıcaklık arttıkça korelasyon değerlerindeki düşme hızlanmıştır. Özellikle 55 °C'de süne emgi oranının artmasıyla sedimentasyon değerinin düşme hızı hızla artmıştır. Burada 55 °C'nin nişasta jelatinizasyonunun başlangıç sıcaklığı olmasının ve enzimatik aktivite degradasyonunun vizkoziteyi etkilediği söylenebilir. Böylelikle sedimentasyon değeri 40 °C'ye göre yüksekliğini bazı sapmalara karşılık koruyabilmiştir. Sivri ve

Çizelge 1. Farklı Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarının Bazı Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri

Table 1. Some Chemical and Physicochemical Properties of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

Buğday Örnek No Wheat Sample No	Emgili Tane Damaged Grain (w/w, %)	Su Moisture (%)	Kül Ash (%)*	Protein (%)**	Yaş Gluten Wet Gluten (%)***	Gluten İndeks Gluten Index (%)***
1	0	16.0	0.484	12.50	32.67	58.65
	3	15.9	0.470	12.29	32.55	46.71
	5	15.7	0.464	12.02	32.47	41.56
	10	15.1	0.450	12.13	32.41	29.21
2	0	15.4	0.471	12.57	32.89	63.48
	3	15.2	0.510	12.44	32.85	57.11
	5	15.7	0.470	12.29	32.55	48.59
	10	15.1	0.480	11.97	32.83	36.11
3	0	15.8	0.643	9.89	30.67	72.63
	3	15.0	0.590	9.58	30.42	58.26
	5	14.7	0.570	9.09	31.52	43.73
	10	15.5	0.584	9.08	31.11	36.07

*:Kuru madde esasına göre *: On dry matter basis **:Kuru madde esas ve Nx5.70'e göre **: On dry matter basis and Nx5.70
***:%14 Su esasına göre ***: On 14% Water basis

Çizelge 2. Farklı Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarına Ait Farinogram Değerleri
Table 2. Some Farinogram Values of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

Buğday Örnek No Wheat Sample No	Emgili Tane Damaged Grain (w/w, %)	Farinogram Değerleri Farinogram Values			
		Absorbsiyon Absorption (%)	Gelişme Development (dk)	Stabilite Stability (dk)	Yumuşama Softening (BU)
1	0	58.0	4.2	5.6	52
	3	57.6	4.5	4.4	67
	5	57.2	3.8	3.8	73
	10	57.3	3.4	2.5	152
2	0	58.1	4.2	5.7	55
	3	58.0	4.4	4.8	75
	5	58.6	3.9	3.7	94
	10	57.8	3.2	2.5	157
3	0	57.6	4.0	5.9	51
	3	58.4	3.2	3.2	87
	5	58.0	2.7	3.1	102
	10	59.4	2.7	2.1	188

Çizelge 3. Farklı Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarına Ait Ekstensogram Değerleri
Table 3. Some Extensogram Values of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

Buğday Örnek No Wheat Sample No	Emgili Tane Damaged Grain (w/w,%)	Ekstensogram Değerleri Extensogram Values								
		Enerji Energy (cm ²)			Max. Direnç Max. Resistance (BU)			Uzayabilirlik Extensibility (mm)		
		45.dk min	90.dk min	135.dk min	45.dk min	90.dk min	135.dk min	45.dk min	90.dk min	135.dk min
1	0	88	87	80	288	295	276	211	206	209
	3	54	42	36	177	142	126	200	195	178
	5	28	19	-	95	106	-	198	179	-
	10	5	-	-	77	-	-	58	-	-
2	0	74	86	86	269	285	293	198	211	206
	3	55	45	36	175	152	121	206	189	193
	5	27	13	-	109	74	-	183	155	-
	10	2	-	-	45	-	-	27	-	-
3	0	82	94	91	346	419	425	165	157	151
	3	40	27	23	146	111	99	180	164	163
	5	20	-	-	112	-	-	146	-	-
	10	2	-	-	50	-	-	29	-	-

(-) : Aşırı yapışkanlıktan dolayı çizilememiştir. (-): Could not be drawn due to excessive gumminess.

Köksel (17) yaptıkları bir çalışmada süne proteazının iki saat süreyle 50 °C'de inkübe edildiğinde, aktivitesinin başlangıç aktivitesinin yarısına kadar düştüğünü bildirmişlerdir. Bu bulgu da proteinlerin enzimatik degradasyonuna delil olarak gösterilebilir. Emgi seviyeleri, SZS uygulamasında %3'e kadar etkisiz kalırken, UZS uygulamalarında çok daha geniş değişim aralığı gösterdiği, tüm emgi seviyelerinde açıkça görülmektedir. Dolayısıyla UZS uygulamaları 30 dk. gibi kısa sürede, süne kimil zararını daha açık şekilde ortaya koyabilmiştir.

Ekmek Pişirme Denemeleri

Farklı emgili tane miktarlarına sahip buğday örneklerinin unlarından yapılan ekmeklerin bazı

kalitatif özellikleri Çizelge 6'da verilmiştir. Örnek çeşidinin, doğrudan tane kalitesinden etkilendiği Çizelge 1'den anlaşılmaktadır.

Emgili tane seviyeleri %3'e kadar, enzimatik katkı ile ekmek hacim özelliklerine zarar vermezken, iç özelliklerine özellikle Maillard reaksiyonu sonucu renk esmerleşmesi şeklinde zararlı olmuştur. Yüksek emgi oranlarında ise tüm kalite özelliklerinde hızlı bir düşüş gözlenmiştir. Şekil 1'de görsel olarak sunulduğu gibi, muhtemelen emgi seviyesi %3 düzeyindeyken normal düzeyde artan amilaz aktivitesinden dolayı hacim artarken, %5 ve 10 gibi yüksek emgi seviyelerinde aşırı proteolitik ve amilolitik aktivite artışıyla tüm ekmek özellikleri değer kaybetmiştir.

Çizelge 4. Farklı Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarının Standart ve Uzatmalı Zeleny Sedimentasyon Değerleri*
Table 4. Standart and Delayed Zeleny Sedimentation Test Values of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

Buğday Örnek No Wheat Sample No	Emgili tane Damaged Grain (w/w, %)	Standart Zeleny Sedim. (cc)**	Uzatmalı Zeleny Sedimentasyon Delayed Zeleny Sedimentation		
			25 °C		
			30dk min	60dk min	120dk min
1	0	33.25	38.00	38.00	39.50
	3	32.00	33.50	33.25	31.25
	5	31.25	29.00	28.50	20.75
	10	30.25	19.75	16.00	12.00
2	0	34.75	39.25	41.25	40.50
	3	33.00	33.75	30.25	29.00
	5	32.50	30.00	26.25	20.50
	10	30.00	19.50	14.00	9.50
3	0	24.50	28.00	29.00	31.50
	3	25.25	23.25	22.25	19.25
	5	24.75	20.00	17.00	12.00
	10	23.00	12.00	9.25	8.00

*: %14 Su esasına göre *: On 14% Water basis, **: Standart Zeleny Sedimentasyon **: Standart Zeleny Sedimentation

Çizelge 5. Farklı Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarının Farklı Sıcaklık ve Süre Normlarında Ölçülen Uzatmalı Zeleny Sedimentasyon Değerleri*
Table 5. The Delayed Zeleny Sedimentation Test Values Obtained at Different Temperature and Time of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

Buğday Örnek No Wheat Sample No	Emgili tane Damaged Grain (w/w, %)	Uzatmalı Zeleny Sedimentasyon Delayed Zeleny Sedimentation					
		40 °C			55 °C		
		30dk min	60dk min	120dk min	30dk min	60dk min	120dk min
1	0	38.25	37.75	34.75	38.50	36.25	33.00
	3	33.25	29.75	28.75	31.00	31.25	25.00
	5	28.25	26.00	20.50	26.50	25.25	20.00
	10	18.75	14.25	10.25	18.50	14.75	12.75
2	0	39.25	38.50	35.25	40.50	38.00	31.50
	3	33.50	31.50	26.00	33.00	29.25	26.25
	5	28.50	24.25	18.25	28.00	23.00	19.75
	10	18.00	12.25	10.00	15.25	12.75	10.50
3	0	27.25	31.50	31.25	29.25	32.50	31.00
	3	23.25	21.25	18.75	23.00	22.25	19.75
	5	19.00	14.75	11.75	17.75	16.00	13.25
	10	11.25	8.50	7.50	11.25	9.50	8.50

: %14 Su esasına göre: On 14% Water basis

Dizlek H (18), buğdayda süne emgili tane oranının artmasıyla buğdayın teknik özelliklerinin düştüğünü, bu oranın %2'ye kadar hamur ve ekmek özelliklerini olumsuz olarak etkilemediğini, daha yüksek seviyelerde ise hamur ve ekmek özelliklerinin önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmiştir.

Ekmek Özellikleri ile Un Kalite Parametreleri Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları

Çizelge 4 ve 5'te verilen, 3 buğday çeşidi ve 4 emgi seviyesi üzerinden 12 kombinasyona ait tüm kalite ölçüm parametreleri ile Çizelge 6'de

verilen aynı örneklere ait ekmek özellikleri arasında korelasyon hesapları yapılmış, elde edilen değerler Çizelge 7'de özetlenmiştir. Korelasyon hesaplarına 55 °C UZS sonuçları da dahil edilmiştir. Buna göre ekmekte hacim değerleriyle en yüksek korelasyon katsayısını uzatmalı sedimentasyon testinden 25 °C ve 40 °C' de 30 dk'lık bekletme sonunda okunan değerler ($r = +0.939$ ve 0.938 , " $P < 0.01$ ") sağlamıştır. Unda uygulanan diğer kalite ölçüm metotları daha düşük korelasyon katsayıları vermiştir. Burada ekonomiklik ve işlem kolaylığı açısından 25 °C'de 30 dk. UZS normu, klasik 120

Çizelge 6. Farklı Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarından Yapılan Ekmeklere Ait Bazı Analiz Sonuçları
Table 6. Some Bread Properties of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

Örnek No Sample No	Emgili Tane Damaged Grain (w/w, %)	Ağırlık Weight (g)	Hacim Volume (cc)	Spesifik Hacim Specific Volume (cc/g)	Tekstür Texture (0-10)	İç Rengi (L) Internal Colour (L)
1	0	143.90	675.00	4.69	7.00	62.93
	3	142.50	690.00	4.84	5.75	56.53
	5	141.70	646.50	4.56	4.75	53.64
	10	138.65	565.00	4.07	3.00	53.64
2	0	143.25	670.50	4.68	6.75	64.74
	3	142.15	691.50	4.86	5.75	54.22
	5	141.80	653.50	4.61	4.75	53.03
	10	138.55	565.00	4.08	3.25	53.60
3	0	144.70	603.00	4.17	6.00	56.76
	3	144.00	614.00	4.26	5.00	53.12
	5	144.00	585.00	4.06	4.25	53.58
	10	140.85	525.00	3.73	2.75	53.46

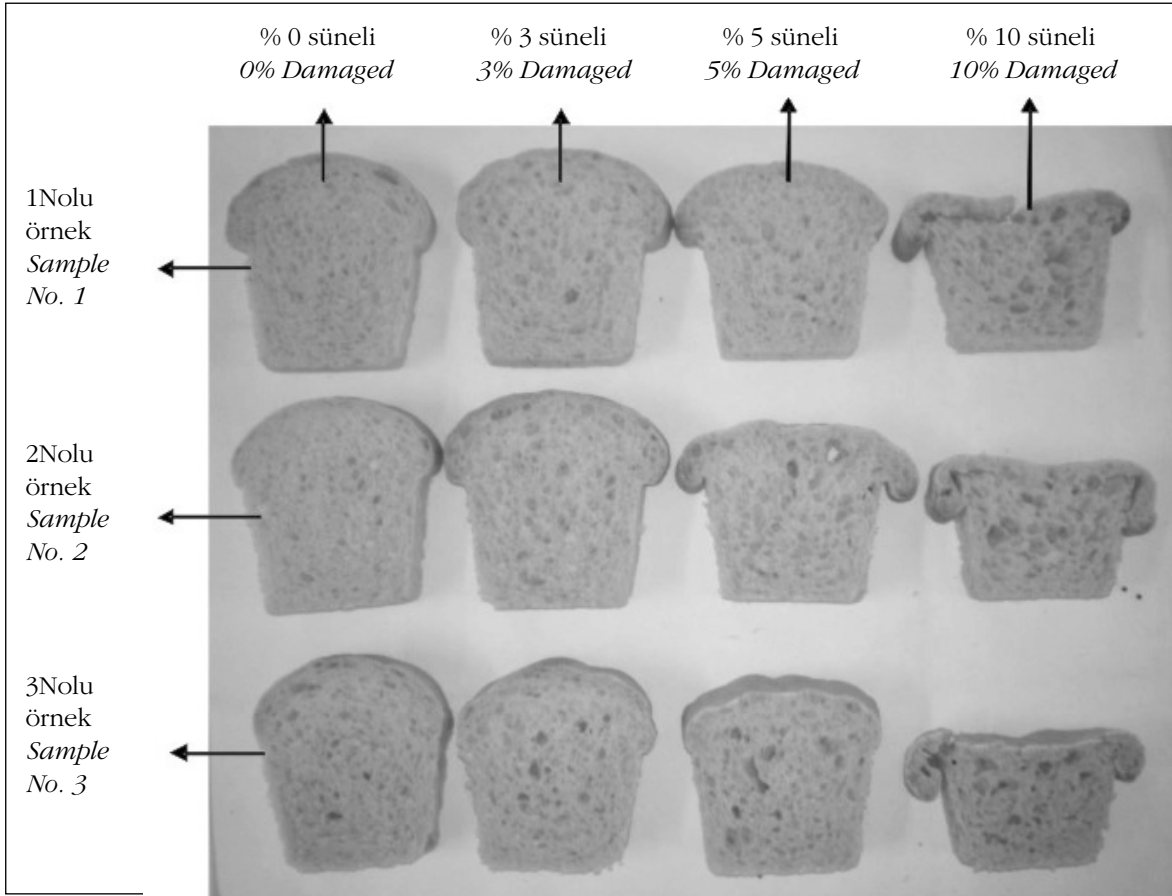
Çizelge 7. Farklı Kalite ve Süne Emgi Oranlarına Sahip Buğday Unlarının Kalite Parametreleri ile Ekmek Özellikleri Arasındaki İlişkiler (n=12)
Table 7. The Correlation Coefficients Between the Bread Properties and Some Quality Parameters of the Wheat Flours Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest (n=12)

Un analizleri Flour Analysis	Ekmek Özellikleri Bread Properties			
	Hacim Volume	Spesifik Hacim Specific Volume	Tekstür Texture	İç Rengi (L) Internal Colour (L)
Standart Z. Sedim	0.754**	0.824**	0.490ns	0.493ns
UZS 25 °C, 30dk min	0.939**	0.920**	0.923**	0.719**
UZS 25 °C, 60dk min	0.893**	0.863**	0.953**	0.772**
UZS 25 °C, 120dk min	0.819**	0.770**	0.969**	0.829**
UZS 40 °C, 30dk min	0.938**	0.916**	0.934**	0.733**
UZS 40 °C, 60dk min	0.870**	0.826**	0.971**	0.757**
UZS 40 °C, 120dk min	0.804**	0.750**	0.974**	0.794**
UZS 55 °C, 30dk min	0.896**	0.863**	0.951**	0.770**
UZS 55 °C, 60dk min	0.847**	0.796**	0.977**	0.768**
UZS 55 °C, 120dk min	0.791**	0.731**	0.974**	0.752**
Yaş Gluten Wet Gluten	0,500ns	0,598*	0,182ns	0,323ns
Gluten İndeks Gluten Index	0.535ns	0.437ns	0.851**	0.554ns
Kül Ash	-0.409ns	-0.517ns	-0.030ns	-0.196ns
Protein	0.652*	0.742**	0.368ns	0.392ns
Enerji Energy (135dk min)	0.484ns	0.411ns	0.849**	0.836**
Uzayabilirlik Extensibility (135dk min)	0.685*	0.626*	0.862**	0.682*
Max. Direnç Max. Resistance (135dk min)	0.390ns	0.311ns	0.790**	0.733**
Enerji Energy (90dk min)	0.582*	0.512ns	0.901**	0.815**
Uzayabilirlik Extensibility (90dk min)	0.899**	0.859**	0.892**	0.535ns
Max. Direnç Max. Resistance (90dk min)	0.515ns	0.439ns	0.852**	0.705*
Enerji Energy (45dk min)	0.705*	0.627*	0.965**	0.761**
Uzayabilirlik Extensibility (45dk min)	0.901**	0.838**	0.874**	0.426ns
Max. Direnç Max. Resistance (45dk min)	0.527ns	0.441ns	0.880**	0.742**
Su Absorbsiyonu Water Absorption	-0.281ns	-0.312ns	-0.201ns	0.080ns
Gelişme Süresi Development Time	0.887**	0.899**	0.786**	0.533ns
Stabilite Stability	0.733**	0.671*	0.949**	0.752**
Yumuşama Softening	-0.836**	-0.764**	-0.940**	-0.559ns

Z. Sedim: Zeleny Sedimentasyon Zeleny Sedimentation, UZS: Uzatmalı Zeleny Sedimentasyon Delayed Zeleny Sedimentation, *: $P < 0.05$ seviyesinde önemli $P < 0.05$ level of significance, **: $P < 0.01$ seviyesinde önemli $P < 0.01$ level of significance, ns: önemsiz insignificant

dk'lık standart uygulamaya göre öncelikli optimal metot olarak önerilebilir. Sonuç olarak süne emgili buğday örneklerinde, emgi seviyesi ve ekmekçilik kalitesinin tahmini amacıyla 25 °C'de 30 dk normunun rahatlıkla kullanılabilceği kanaatine

varılmıştır. 25 °C normu 40 °C'de 30 dk normuna benzer ve çok yakın sonuç vererek, daha az ısıltı ihtiyacı sebebi ile daha avantajlı olacağı düşünülmüştür. Ayrıca 40 °C 30 dk. normunun da daha az sapma ile daha istikrarlı sonuç verebileceği



Şekil 1: Üç farklı Bezostaya-1 Çeşidi Buğday Örneklerinin Dört Farklı Oranda Süne Emgi Seviyesine Sahip Numunelerinden Elde Edilen Unlara Ait Ekmek Resimleri

Figure 1. The Sectional Photos of the Breads Obtained From the Flours of Three Bezostaya-1 Cultivar Samples Damaged at Different Levels By Sunn Pest

göz ardı edilmemeli, daha kapsamlı araştırmalarla önemliliği test edilmelidir.

Spesifik hacim değerleriyle en yüksek korelasyon katsayısını UZS değerlerinden 25 °C ve 40 °C'de 30 dk'lık bekletme sonunda okunan değerler ($r = +0.920$ ve 0.916 , " $P < 0.01$ ") vermiştir. Bulgular hacim değerlerine göre paralellik göstermektedir. Bu korelasyon değerleri, SZS ve diğer kalite parametrelerine göre oldukça yüksektir.

Tekstür değerleriyle en yüksek korelasyon katsayısını UZS değerlerinden 55 °C'de 60 dk'lık bekletme sonunda okunan değer ($r = +0.977$, " $P < 0.01$ ") vermiştir. Bu sıcaklık derecesi jelatinizasyonun başladığı bir sıcaklık noktası olup, standart Zeleny sedimentasyon testi için önemsiz çıkmış, buna karşılık UZS normları içinde, özellikle 55 °C'de 60 dk normunda oldukça önemli bir ilişki konumuna yükselmiştir. Bu konuda 25 °C ve 40 °C'de 30 dk'lık bekletme sonunda okunan korelasyon değerleri ($r = +0.923$ ve 0.934 , " $P < 0.01$ ") de çok az

düşük, fakat oldukça önemli yüksektir.

Bu sonuçlara genel bir bakışla, UZS testlerinde uygulanan ısı işleminin, unların ekmekçilik özelliklerini tahmin etmede, sapmaları düşürdüğünü ve daha sağlam sonuç alınabileceğini göstermektedir. Artan uygulama süresi (30 dk, 60 dk ve 120 dk.) ekmeğin hacim özelliklerini tahmin etmede olumsuz etkide bulunurken, iç özelliklerinde korelasyon katsayısını artırıcı etkide bulunmuştur.

Diğer kalite parametrelerinden ekstensografta uzama, farinografta gelişme ve yumuşama değerleri önemli korelasyon katsayıları verse de, UZS korelasyon değerlerinin çok altında kalmışlardır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, 2008-2009 üretim döneminde değişik yörelerden hasat edilmiş süne kımlı zararlı üç farklı Bezostaya-1 çeşidi buğday örneği kullanılmıştır. Bu örneklerden hazırlanan %0, 3, 5 ve 10 oranlarında süne-kımlı emgili tane içeren örneklerden ($3 \times 4 = 12$ adet), yaklaşık %70 randımanla çekilmiş unların ekmekçilik kalitesini

belirlemede, 120 dk. bekleme süreli uzatmalı Zeleny sedimantasyon (UZS) testinin, zaman ve ısı işlem yönünden standardizasyonu ve en uygun test normlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak;

Süne kımıl zararına uğramış buğdayların, zarar düzeyleri ve ekmeçilik kalite kriterlerini tahmin etmede en uygun, basit ve ucuz analiz yönteminin, 25 ve 40 °C'de 30 dk'lık bekletme süreli uzatmalı Zeleny sedimantasyon (UZS) testinin olduğu tespit edilmiştir. 25 °C'de 30 dk'lık bekletme süreli uzatmalı Zeleny sedimantasyon (UZS) testinin Normal Zaratmalı Zeleny sedimantasyon, ekstensograf ve farinograf testlerinin yerini alabilecek bir parametre olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ercan R. 1989. Ülkemizde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Ekmeklik Kalitesi. *GIDA* 14 (4): 219-228.
2. Ertugay Z. 1982. Buğday, Un Ve Ekmek Arasındaki Kalite İlişkileri. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Dergisi*; 13 (1-2): 165-176.
3. Göçmen D. 1991. Marmara Bölgesinde Üretilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Ekmeklik Kalitesi Üzerinde Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 83 s.
4. Aydoğan S, Şahin M, Göçmen Akçacık A, Taner S. 2013. Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi. İç Anadolu Bölgesi 1. Tarım ve Gıda Kongresi 2-4 Ekim 2013, Niğde, Türkiye, s. 388.
5. Dikici N, Elgün A, Bilgiçli N, Ertaş N. 2008. Farklı Tipteki Unların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri ile Unun Ekmekçilik Değeri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ülkesel Tahıl Sempozyumu, 2-5 Haziran, Konya, Türkiye, 424-436.
6. Mehrabadi M, Bandani AR, Dastranj M. 2014. Salivary digestive enzymes of the wheat bug, *Eurygaster integriceps* (Insecta: Hemiptera: Scutelleridae). *C. R. Biol*, 337 (2014) 373-382.
7. Lorenz K, Meredith P. 1988. Insect damaged wheat, effects on starch characteristic. *Starch/Stärke* 40 (4):136-139.
8. Özkaya H, Özkaya B. 1993. Buğday Kalitesinde Süne ve Kımılın Önemi. Un Mamulleri Dünyası yıl 2 (3):20.İstanbul.
9. Tuncer T, Atlı A, Köksel H, Ozan AN, Sivri D, Çinkaya N, Köşker S, Çelik, S, Özderen T. 2002. Süne (*Eurygaster* spp.) ve Kımıl (*Aelia* spp.) Zararı Görmüş Buğdayın Kullanılabilirliği ve Kalitesinin Arttırılması. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim 2002, Gaziantep, Türkiye, 141-155.
10. Anon 1990. Approved Method of the Am Assoc Cereal Chem (AACC), U.S.A.
11. Atlı A, Köksel H, Dağ A. 1988. Unda Süne ve Kımıl Zararının Belirlenmesi İçin Geliştirilen Yöntemler ve Bu Yöntemlerin Uygulanabilirliği Üzerine Araştırmalar. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Genel Yayın No:1988/3, Tarım Matbaası, Ankara, 28s.
12. Greenaway W, Neustadt MH Zeleny L. 1965. A Test for Stingbug Damage in Wheat *Cereal Chem* 42: 577-579.
13. Özkaya H, Kahveci B. 1990. Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:14, Ankara.
14. Elgün A, Türker S, Bilgiçli N. 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası. Yayın No:2 Konya.
15. Oliver JR, Blakeney AB, Allen HM. 1993. The color of flour streams as related to ash and pigment contents. *J Cereal Sci*, 17 (2): 69-182.
16. Açıkgöz N, Akkaş ME, Moghaddam A, Özcan K. 1994. Database Dependent Turkish Statistical Software For PC's: TARIST (In Turkish). I. Congress of Field Crops, Izmir, V: 1, 264-267pp.
17. Sivri D, Köksel H. 2000. Characterization and partial purification of gluten hydrolysing protease from bug (*Eurygaster* spp) damaged wheat. Pages: 287 -290. In Gluten Proteins, Eds. P.R.Shewry and A.S. Tatham. Royal society of Chemistry, Cambridge, UK. (Alınmıştır: Köksel ve Sivri, 2002).
18. Dizlek H. 2010. Süne Zararına Uğramış Ekmeklik Buğdayların Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve İyileştirilmesi Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 252 s.

ŞALGAM SUYUNUN BAZI KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Nalan Özer^{1*}, F. Nafi Çoksöyler²

¹İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Elazığ

²Yüzüncü Yıl Üniversitesi Müh. Mimarlık Fak. Gıda Müh. Bölümü, Van

Geliş tarihi / Received: 26.11.2014

Kabul tarihi / Accepted: 04.12.2014

Özet

Bu çalışmada; tarafımızdan üretilen 3, piyasadan alınan 14 ve bozuk veya bozulmakta olan 9 olmak üzere toplam 26 adet şalgam suyu örneğinde; kuru madde (KM), tuz, pH, asitlik, toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), maya/küf (MK), koliform bakteri (KF), laktik asit bakterisi (LAB) tayini yapılmıştır. Ürettiğimiz 3 şalgam suyunda; %KM, %tuz, pH, asitlik (g/L), TAMB (KOB/ml), MK (KOB/ml) ve LAB (KOB/ml) ortalama olarak sırasıyla; 3.2; 1.6; 3.4; 7.3; 5.9×10^4 ; 3.2×10^4 ve 3.2×10^6 olmuştur. Piyasadan temin edilen toplam 14 farklı şalgam suyu örneğinde aynı parametreler sırayla; 2.0-2.9; 1.1-2.2; 3.3-3.6; 6.1-9.1; 2.8×10^4 - 7.4×10^6 ; 6.2×10^3 - 1.8×10^6 ; 2.4×10^4 - 8.6×10^7 aralığında değişmiştir. Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinde bu parametreler sırasıyla; 1.9-3.2; 1.1-1.6; 3.4-6.8; 0.2-8.7; 1.1×10^5 - 8.6×10^8 ; 9.2×10^5 - 2.2×10^8 ; 1.4×10^6 - 4.9×10^8 arasında bulunmuştur. Şalgam sularının hiçbirinde koliform bakteriye rastlanmamıştır. Belirtilen parametreler yönünden; ürettiğimiz 3 adet şalgam suyu örneği TS 11149'a uygun bulunurken, 14 piyasa örneğinden 9'unun KM, 1'inin tuz ve 8'inin TAMB yönünden TS 11149 şalgam suyu standardına uymadığı görülmüştür. Bozulmuş/ bozulmakta olan 9 örneğin hepsi en az bir parametre açısından standarda uygunsuz bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Şalgam suyu, kalite, kimyasal ve mikrobiyolojik bileşim

SOME CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF ŞALGAM JUICE

Abstract

In this study, a total of 26 şalgam juice samples; which were 3 pieces of our own product, 14 pieces bought from marketplace and 9 spoiled or about to be spoiled pieces; were analyzed in terms of dry material, salt, pH, acidity, total aerobic mesophilic bacteria (TVC), yeast and mold, coliform (KF) bacteria, lactic acid bacteria (LAB). In the 3 pieces of şalgam juice of our own product the results as dry material (%), salt (%), pH, acidity (g/L), TVC (CFU/ml), yeast and mold (CFU/ml) and LAB (CFU/ml) were as the average 3.2; 1.6; 3.4; 7.3; 5.9×10^4 ; 3.2×10^4 and 3.2×10^6 respectively. The same parameters in 14 different pieces of şalgam juice bought from the marketplace differed between 2.0-2.9; 1.1-2.2; 3.3-3.6; 6.1-9.1; 2.8×10^4 - 7.4×10^6 ; 6.2×10^3 - 1.8×10^6 ; 2.4×10^4 - 8.6×10^7 respectively. In spoiled or about to be spoiled samples these parameters were in between 1.9-3.2; 1.1-1.6; 3.4-6.8; 0.2-8.7; 1.1×10^5 - 8.6×10^8 ; 9.2×10^5 - 2.2×10^8 ; 1.4×10^6 - 4.9×10^8 respectively. No coliform bacteria were detected in all of the samples. On the basis of the aforementioned parameters; while the 3 şalgam juice samples of our own product were found in compliance with TS 11149, 9 pieces of the 14 samples from the marketplace were not found in compliance with TS 11149 şalgam juice standard in terms of dry material, 1 of the 14 sample in terms of salt and 8 in terms of TVC. All of the spoiled or about to be spoiled samples were non-compliant with the standard in terms of at least one of the parameters.

Keywords: Şalgam juice, quality, chemical and microbiological composition

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ salgamx33@hotmail.com,

© (+90) 424 241 16 16,

☎ (+90) 424 241 1078

GİRİŞ

Fermentasyon ve kurutma gıdaların saklanması için insanlığı tarafından uygulanan en eski yöntemlerdir. Fermentasyon, yüzyıllar boyunca birçok gıdanın muhafazasında uygulanan yöntemlerin en önemlilerinden birisi olarak günümüz koşullarında da bir gıda muhafaza yöntemi olarak geçerliliğini korumaktadır. Çeşitli turşular, sirke, fermente et ve süt ürünleri, asit üreten bakterilerin; bira ve şarap gibi alkollü içkiler ise alkol üreten mayaların fermentasyon ürünleridir (1). Fermente gıdalardan yoğurt, çeşitli peynirler, turşular, alkollü içkiler gibi bazıları evrensel nitelik kazanmasına karşın kefir, boza ve şalgam suyu gibi bazıları ise ülkeler veya bölgeler ile sınırlı kalmışlardır (2).

Şalgam suyu, kırmızı renkli, bulanık, ekşi, lezzetli bir içecek olup, Adana, İçel ve Hatay illeri ile bunlara bağlı bazı ilçelerde tüketilmektedir. Bu iller arasında kişi başına tüketimin en yaygın olduğu yöre Adana ve yakın ilçeleridir (3). Önceleri sadece yöresel/ bölgesel olarak üretilen şalgam suyu, son 20–30 yıl içinde tüketimi ülke çapına yayılmış olup marketlerde tüm yıl boyunca tüketime sunulmaktadır. Ülkemizde 163 adet işletmede, 215 ayrı marka altında şalgam suyu üretimi yasal olarak yapılmaktadır (4). Son yıllarda tüketimin yaygınlaşması ile özellikle Adana ve Mersin civarında küçük imalathanelerin yerini büyük tesisler almış ve şalgam suyu üretimi yapan işletme sayıları da yükselmiştir.

Şalgam suyu, bulgur unu (setik), ekşi hamur, içilebilir su (TS 266) ve yemeklik tuzun (TS 933) karıştırılıp laktik asit fermentasyonuna tabi tutulduktan sonra elde edilen özütün, şalgam (*Brassica rapa*), mor havuç (*Daucus carota*) ve istenirse acı toz biber (TS 2419) ilave edilerek hazırlanan karışımın tekrar laktik asit fermentasyonuna tâbi tutulması ile elde edilen ve istendiğinde ısı işlemiyle dayanıklı hale getirilen ürün şeklinde tanımlanmaktadır. Bu standarda göre şalgam suyunun pH'sı 3.3–3.8, titre edilebilir asitlik (laktik asit olarak) en az 6.0 g/L, çözünür katı madde en az %2.5 (m/m), tuz oranı ise en çok %2.0 (m/m), toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı en fazla 1.0×10^5 KOB/ml ve koliform bakteri en fazla 1100 KOB/ml olmalıdır (5). Yapım aşamasında hammadde olarak bulgur unu, su, kırmızı havuç, tuz, maya ve şalgam kullanılır. Bu fermente içeceğin ismi şalgam suyu olmakla beraber, şalgam formülasyondan genellikle çıkarılmıştır. Buna neden olarak şalgam eklendiğinde oluşan yüksek maliyet öne sürülmektedir (2). Yeni gelişen damak tadı da şalgamsız şalgam suyu doğrultusundadır.

Şalgam suyu üretimi için iki metot kullanılmaktadır: Geleneksel metot ve direkt metot. Geleneksel metot, hamur fermentasyonu ve havuç fermentasyonundan oluşur. Direkt metotta ise hamur fermentasyonu yapılmaz ve direkt havuç fermentasyonu yapılır. Mayalanma esnasında, laktik asit bakterileri etanol ve bazı diğer organik bileşikler üreterek şalgam suyuna tipik tadını ve aromasını verir (6).

Adana piyasasında satılan şalgam suları üzerine yapılan bir incelemede ise pH 3.33–3.67, toplam asit 66.9–99.19 mg/L, laktik asit 5.1–8.44 g/L, uçar asit 0.57–1.16 g/L, alkol 1.32–7.30 g/L, protein 0.88–1.83 g/L, karbondioksit 0.44–1.41 g/L, kuru madde 22.90–29.20 g/L, kül 14.60–20.65 g/L, tuz 13.7–19.7 g/L değerleri arasında tespit edilmiştir (3).

Spontan olarak ekşi hamur elde edilerek üretilen şalgam suyunda fermentasyon süresince gelişen mikrobiyel floradan *Lb. plantarum* subsp. *arabinosus*, *Lb. fermentum* ve *Lb. brevis* izole edilmiştir (7).

Mersin'de 10 farklı yerden alınan şalgam suyu örneklerinde ortalama olarak; toplam kuru madde 26.90 g/L, toplam asit 74.70 mg/L, pH 3.78, laktik asit 7.10 g/L, uçar asit 0.95 g/L, tuz 16.29 g/L, kül 17.80 g/L, karbondioksit 0.66 g/L, renk indisi 82 olarak belirlenmiştir. Ayrıca fekal koliform, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, küf sayımı da yapılmış olup örneklerin büyük çoğunluğunun standart değerlere sahip olmadığı ve bu durumun hijyen kurallarına uyulmadan üretim yapılmasından ileri geldiği belirtilmiştir (8).

Geleneksel yöntemle ve *Lb. plantarum* eklenerek üretilen şalgam suyunu karşılaştıran bir çalışmada; *Lb. plantarum* eklenerek üretilen şalgam suyunda ortalama pH değeri 4.2 ve toplam asitlik % 0.75, toplam canlı bakteri 4.59×10^7 KOB/g, maya 5.67×10^5 KOB/g, laktobasil 4.06×10^7 KOB/g olarak tespit edilirken olarak tespit edilirken, geleneksel yöntemle üretilen şalgam suyunda aynı parametreler sırasıyla; 3,9, % 0.71, 3.25×10^7 KOB/g, 5.6×10^5 KOB/g, 3.18×10^7 KOB/g olarak bulunmuştur. Araştırmacı, *Lb. plantarum* ilavesinin ürünün duyuşal olarak tat ve aromasında, yapı ve görünüşünde çok büyük farklılıklar oluşturmasa da kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarında farklılıklar olduğunu belirtmiştir (9).

25 adet şalgam suyu örneğini içeren bir tarama çalışmasında, pH 3.16–3.60, toplam asitlik % 0.106–0.718 ve toplam laktik asit 0.578–3.632 g/L, toplam canlı bakteri 8.0×10^5 – 6.1×10^7 KOB/ml, maya 1.1×10^4 – 3.1×10^7 KOB/ml, laktik asit bakteri 1.0×10^4 – 4.7×10^7 KOB/ml arasında bulunmuştur (10).

Bir başka çalışmada ise geleneksel yöntemle üretilen şalgam suyunda toplam asitlik (laktik asit), 4.95 g/L ile 7.45 g/L ve pH 3.39 ile 3.49 arasında belirlenmiştir. Öte yandan, şalgam sularının mikrobiyolojik analizlerinde genel olarak laktik asit bakterileri, toplam mezofil aerobik bakteri ve maya sayımında en yüksek değerler fermantasyonun 4.gününde belirlenmiş ve bunların sayılarında daha sonra azalma olduğu gözlemlenmiştir (11).

Adana piyasasında satılan şalgam sularının bileşimlerini inceleyen bir çalışmada; toplam asit (laktik asit), 3.92-10.85 g/L, laktik asit 2.61-8.75 g/L, pH 3.26-3.86, uçur asit (asetik asit) 0.75-1.80 g/L, tuz 11.16-17.84 g/L, kuru madde 20.7-31.9 g/L, kül 12.92-20.73 g/L arasında bulunmuştur. Aynı çalışmada şalgam suyu örneklerinde TAMB 1.8×10^3 - 4.6×10^7 KOB/ml, LAB 2.1×10^5 - 9.3×10^7 KOB/ml, maya 5.2×10^5 - 1.4×10^8 KOB/ml arasında belirlenmiştir. Öte yandan, araştırmacı bütün özellikler dikkate alındığında şalgam sularından biri dışında hiç birinin gıda mevzuatına uygun olmadığını saptamıştır (12).

Yapılan bir çalışmada şalgam suyunun fermantasyonunda etkili olan laktik asit bakterileri izole edilip tanımlanmış ve bu bakteriler arasından starter olarak kullanılabilir laktik asit bakterileri seçilmiştir. Elde edilen bulgulara göre tek aşamalı şalgam suyu üretiminde en fazla izole edilen laktik asit bakterisi *Lb.plantarum* olarak tespit edilmiştir olarak tespit edilmiştir (13).

Geleneksel yöntem ile şalgam suyu üretiminde fermantasyonda rol alan önemli laktik asit bakterilerinin birinci ve ikinci fermantasyon sürecinde değişimi izlenmiştir. *Lb. plantarum* ve *Lb. paracasei* subsp. *paracasei* genelde dominant olarak kalırken başlangıçta görülen *Leuconostoc* ve *Pedioococcus*'ların zamanla yok oldukları gözlenmiştir (14).

Tarafımızdan yapılan bu çalışmada ise Adana ve Mersin illerinde üretim yapan firmalar tarafından üretilip, piyasada satılan 14 farklı şalgam suyu örneğinde ve kontrollü şartlar altında tarafımızdan ürettiğimiz 3 parti şalgam suyunda mikrobiyolojik ve kimyasal analizler yapılarak bir yandan piyasanın mevzuata uygunluğu belirlenmeye çalışılırken, diğer yandan geleneksel formülasyona ve üretim şemasına bağlı kalınarak yapılan "titiz" bir üretimde mevzuata uygunluk sağlanıp sağlanmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Üçüncü olarak bozulmuş veya bozulmakta olan kanısı ile toplanan örneklerde aynı parametreler belirlenerek bozuk şalgam suyunun bir veya birkaç parametre ile reddedilip edilemeyeceği belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Şalgam suyu üretimi

Şalgam suyu; bulgur unu, ekşi hamur, içilebilir su, yemeklik tuz ve mor havuç karışımı fermente edilerek tarafımızdan geleneksel metotla imal edilmiştir. Üretim iki aşamalı fermantasyonla gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada bulgur unu, ekşi hamur, tuz ve su karışımı fermantasyona bırakılmıştır. İkinci aşamada ise hamur fermantasyonundan sonra hamurun ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstrakt, içinde tuz ve siyah havuç bulunan kaba aktarıp fermantasyona bırakılmıştır.

Şalgam suyu farklı farklı tarihlerde (dönemsel farklılıklar açısından) üç parti halinde üretilmiştir. Yaklaşık 100 g ekmeklik hamur 4-6 saat fermantasyona bırakılmıştır. Daha sonra 563.3 g bulgur unu, 56.3 g ekşi hamur, 56.3 g tuz karışımı üzerine su ilave edilerek yoğrulmuş ve hamur çıgköfte kıvamına getirilmiştir. Karışım, oda sıcaklığında 3-5 gün fermantasyona bırakılmıştır. pH ölçümü yapılarak pH değeri sabitledikten sonra bu karışım su ile dört kez ekstrakte edilmiştir. Birinci ekstraksiyonda 2.8 L ve diğerlerinde 2.4 L su kullanılmıştır. Son iki ekstraksiyonda 12.6'şar g tuz ilave edilmiştir. Ekstraksiyon sonucu elde edilen ekstraktlar aynı kaptan toplanarak üzerine 1.7 kg siyah havuç ve 112.6 g tuz ilave edilmiştir. Kabın ağzı hava ile teması kesilecek şekilde kapatılarak oda sıcaklığında 7-10 gün fermantasyona bırakılmıştır. pH ölçümü yapılarak pH değeri sabitledikten sonra siyah havuçlar karışımın içerisinden çıkarılmıştır. Test ortamı olarak kullanılacak şalgam suyuna, herhangi bir koruyucu katılmamıştır ve denemelerde kullanılabilecek kadar +4 °C'de cam ve plastik şişelerde muhafaza edilmiştir.

Piyasadan temin edilen şalgam suları

Kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Adana ve Mersin'de üretim yapan firmalardan piyasada satılan 14 farklı şalgam suyu örneği temin edilmiştir. Bu şalgam suyu örnekleri N1'den N14'e kadar kodlanmıştır.

Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suları

Adana ve Mersin'de üretim yapan firmalardan pastörize edilmemiş ve içerisine herhangi bir koruyucu madde ilavesi yapılmamış, bozulmuş veya bozulmanın aktif olarak ilerlediği (yüzeyde zar oluşumunun görüldüğü ve/veya şalgam suyuna ait olmayan kötü kokuya sahip olan) 8 adet şalgam suyu örneği test materyali olarak kullanılmıştır. Ayrıca tarafımızdan laboratuvar ortamında üretilen

şalgam suyu örneğinde bozulma şartları sağlanarak (bozulmanın oluşup oluşmadığının takibi pH değişimi, titre edilebilir asitlik değişimi ile yapılmıştır ve kokuşma, pH yükselmesi, asitlik azalması bozulma belirtisi olarak kabul edilmiştir) denemelere eklenmiştir. Denemelerde kullanılacak toplam 9 adet şalgam suyu örneklerine de M1, E, F, G, H, I, J, K, L (L örneği tarafımızca üretilip bozulma şartları sağlanan şalgam suyu) şeklinde kodlama yapılmıştır.

Şalgam suyu örneklerinde kimyasal analizler

Toplam 26 farklı şalgam suyu örneğinde kuru madde miktarı, pH tayini, titre edilebilir asitlik (laktik asit olarak) tayini, tuz tayini yapılmıştır.

Kuru madde miktarının belirlenmesi-KM%

Darası alınan krozelere 5 g şalgam suyu örneği tartılarak kuru madde miktarı belirlenmiştir (15).

pH tayini

Şalgam suyu örneklerinde pH direk olarak pHmetre (J.P. Selecta, pH 2001, Spain) ile belirlenmiştir (16).

Titre edilebilir asitlik (laktik asit olarak) tayini-Asitlik%

Şalgam suyundan 10 ml örnek alınarak laktik asit cinsinden % asitlik miktarı belirlenmiştir (17).

Tuz tayini

Mohr metodundan yararlanılmıştır. Şalgam suyu örneklerinden 10 ml alınarak tuz miktarı (%) olarak belirlenmiştir (16).

Şalgam suyu örneklerinde mikrobiyolojik analizler

Şalgam suyu örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri, laktik asit bakteri, koliform bakteri ve maya-küf sayımı yapılmıştır.

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarının belirlenmesi-TAMB

Şalgam suyu örneklerinde dökme plaka yöntemiyle Plate Count Agar'a (PCA) ekim yapılmıştır. 30 °C'de 72 saat inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (18).

Laktik asit bakteri sayılarının belirlenmesi-LAB

Şalgam suyu örneklerinde yayma plaka yöntemi ile MRS Agar'a (Man, Rogosa and Sharpe) ekim yapılmıştır. 35 °C'de 72 saat inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (19, 20).

Koliform bakteri aranması-KF

Koliform bakterilerinin varlığının belirlenmesinde EMS (En Muhtemel Sayı) yöntemi (üçlü tüp) kullanılmıştır. 35 °C'de 24 saat inkübasyon sonrası tüplerdeki gaz oluşumuna göre değerlendirme yapılmıştır (20).

Maya-Küf sayımı-MK

Maya-küf sayımı yayma plaka sayım yöntemi ile PDA'ya (Potato Dextrose Agar %10'luk tartarik asit ile asitlendirilerek) yapılmıştır. 25 °C'de 3-4 gün inkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılmıştır. Oluşan kolonilerin mikroskop incelemesi sonucu maya olduğu belirlenmiştir (21).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Şalgam suyu örneklerinin kalite özellikleri

Tarafımızdan üretilen şalgam suyu üç parti (dönemsel farklılıklar açısından) halinde üretilmiştir. Kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları ve TS 11149 şalgam suyu standardına göre olması gereken değerleri çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü üzere tarafımızdan üretilen şalgam sularında yapılan analizler sonucunda; KM % 3.1-3.2; pH 3.4-3.5; asitlik 6.3-8.7 g/L; tuz %1.6; TAMB $5.0-7.6 \times 10^4$ KOB/ml; LAB $1.8 \times 10^6-1.6 \times 10^7$ KOB/ml; MK $1.4 \times 10^4-1.5 \times 10^5$ KOB/ml arasında değişmiş ve ortalama (mikrobiyolojik sayım sonuçlarında geometrik ortalama) olarak sırasıyla; 3.2, 3.4, 7.3, 1.6, 5.9×10^4 , 3.2×10^6 ve 3.2×10^4 olmuştur. Örneklerin hiç birinde koliform bakteriye rastlanmamıştır. Tarafımızca üretilen şalgam suyunun KM, asitlik, pH, tuz ve TAMB, KF yönünden tüm değerler TS 11149 standardına uygun bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada LAB ve maya yönünden 25 adet şalgam suyu örneğinde maya sayısı $1.1 \times 10^4-3.1 \times 10^7$ KOB/ml, laktik asit bakteri sayısı $1.0 \times 10^4-4.7 \times 10^7$ KOB/ml değerleri arasında saptanmıştır (10). Üretilen üç parti şalgam suyu laktik asit bakterisi ve maya yönünden yukarıda verilen değerlere uymaktadır.

Piyasadan temin edilen şalgam sularının kimyasal özellikleri

Adana ve Mersin'de üretim yapan firmalardan temin edilen 14 farklı şalgam suyu örneğinin kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Kimyasal analizi yapılan ve sonuçları çizelge 2'de verilen piyasa örneklerinde; KM % 2.0-2.9; pH 3.3-3.6; asitlik 6.1-9.1 g/L, tuz % 1.1-2.2 arasında değişmiştir. Bu örneklerden 9 adedi (N1, N2, N5, N6, N7, N8, N10, N12, N13) kuru madde yönünden ve 1 adedi (N12) tuz yönünden TS 11149 şalgam suyu standardındaki değerlere uymamaktadır. pH ve asitlik miktarı bakımından ise piyasadan temin edilen 14 adet şalgam suyu örneklerinin hepsi TS 11149 şalgam suyu standardındaki değerlere uymaktadır.

Şalgam Suyunun Bazı Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Çizelge 1. Tarafımızdan üretilen şalgam suyu analiz sonuçları ve TS 11149 değerleri

Table 1. Microbiologic and chemical properties of şalgam juice produced by us and maksimum and minumum limits permitted by related Turkish standard (TS 11149)

	Denemede kullanılan şalgam suyunda belirlenen düzey levels			TS11149'da verilen düzey Permitted levels by TS11149
	1. parti 1 st party	2. parti 2 nd party	3. parti 3 rd party	
Kuru madde miktarı (%m/m) Dry materials	3.2	3.2	3.1	2.5 (en az min)
pH	3.4	3.4	3.5	3.3–3.8
Asitlik (Laktik asit cinsinden, g/L) Acidity (as Lactic acid g/L)	8.7	7.0	6.3	6.0 (en az min)
Tuz miktarı (% m/m) Salt content (% m/m)	1.6	1.6	1.6	2 (en çok max)
Toplam aerobik mez. bakteri (KOB/ml) TVC (CFU/ml)	5.0 x10 ⁴	5.5 x10 ⁴	7.6 x10 ⁴	1.0x10 ⁵ (en çok max)
Laktik asit bakterileri (KOB/ml) LAB (CFU/ mL)	1.8 x10 ⁶	1.1 x10 ⁶	1.6 x10 ⁷	-
Maya Küf (KOB/ml) Yeast - Mold (CFU/ mL)	1.5 x10 ⁵	1.6 x10 ⁴	1.4 x10 ⁴	
Koliform bakteri EMS/ml Coliform bacteria (MPN/ml)	<0.3	<0.3	<0.3	1100 (en çok max)

Çizelge 2. Piyasadan temin edilen şalgam sularının kimyasal analiz sonuçları

Table 2. Chemical properties of şalgam juice samples obtained from marketplace

Şalgam Suyu Adı Code of Samples	KM miktarı (%m/m) Dry Material (%m/m)	pH	Titre edilebilir asitlik (g/L) Titrable acidity as lactic acid (g/L)	Tuz miktarı (% m/m) Salt content (% m/m)
N1	2.3	3.5	6.5	1.5
N2	2.0	3.3	9.1	1.8
N3	2.7	3.4	6.7	1.5
N4	2.9	3.4	6.7	2.0
N5	2.2	3.5	6.5	1.6
N6	2.4	3.5	6.5	1.5
N7	2.0	3.4	6.7	1.3
N8	2.3	3.6	6.1	1.6
N9	2.6	3.4	6.7	1.6
N10	2.3	3.5	6.5	1.1
N11	2.8	3.4	7.0	1.3
N12	2.1	3.6	6.3	2.2
N13	2.4	3.6	6.3	1.6
N14	2.5	3.6	6.3	1.8

Piyasadan temin edilen şalgam sularının mikrobiyolojik özellikleri

Adana ve Mersin de üretim yapan firmalardan temin edilen 14 farklı şalgam suyunun mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Mikrobiyolojik analizi yapılan ve sonuçları çizelge 3'te verilen piyasadan temin edilen toplam 14 farklı şalgam suyu örneğinin; TAMB 2.8x10⁴-7.4x10⁶ KOB/ml, LAB 2.4x10⁴- 8.6x10⁷ KOB/ml ve MK 6.2 x10³ -1.8 x10⁶ KOB/ml arasında tespit edilmiştir.

Mikrobiyolojik analizi sonucunda; 8 adet şalgam suyu örneği (N2, N5, N8, N10, N11, N12, N13, N14) toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı bakımından TS 11149 şalgam suyu standardındaki değerlere uymamaktadır. Maya-küf ve laktik asit bakteri sayısı bakımından TS 11149 şalgam suyu standardında herhangi bir değer yoktur. Yapılan bir çalışmada laktik asit bakteri ve maya sayısı

yönünden 25 adet şalgam suyu örneğinde maya 1.1x10⁴-3.1x10⁷ KOB/ml, 1.0x10⁴-4.7x10⁷ KOB/ml değerleri arasında saptanmıştır (10). Piyasadan temin edilen 14 farklı şalgam suyu örneği maya yönünden literatürle uyumlu olup laktik asit bakteri sayısı bakımından ise 2 adet şalgam suyu örneği (N7, N11) literatürle uyumlu değildir (10).

Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinde kimyasal analizler

Bozulmuş veya bozulmakta olan toplam 9 adet şalgam suyu örneğinde kimyasal analizler yapılarak elde edilen veriler çizelge 4'te verilmiştir.

Bu örneklerde; KM %1.9-3.2, pH 3.4-6.8, asitlik 0.2-8.7 g/L, tuz % 1.1-1.6 arasında değişmiştir. Bozulmuş ve bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinin 5'i (G, H, I, J, K) kuru madde miktarı, 4'ü (M1, G, H, I) pH; 5'i (M1, E, G, H, I) asitlik yönünden TS 11149 şalgam suyu standardındaki değerlere uymamaktadır. Tuz yönünden tüm örnekler TS 11149 şalgam suyu standardındaki

Çizelge 3. Piyasadan temin edilen şalgam sularının mikrobiyolojik analiz sonuçları
Table 3. Microbiologic properties of şalgam juice samples obtained from marketplace

Şalgam Suyu Adı Code of Samples	TAMB(KOB/ml) TVC (CFU/ml)	LAB sayısı LAB (CFU/ml)	MK (KOB/ml) Yeast and mold (CFU/ml)
N1	3,9x10 ⁴	4.4x10 ⁶	3.0x10 ⁴
N2	5,9x10 ⁵	2.4x10 ⁷	1.7x10 ⁵
N3	2,8x10 ⁴	3.3x10 ⁵	6.2x10 ³
N4	6.1x10 ⁴	2.3x10 ⁵	4.3x10 ⁴
N5	8.6x10 ⁵	5.2x10 ⁶	4.4x10 ⁵
N6	6.2x10 ⁴	1.6x10 ⁶	4.6x10 ⁴
N7	2.9x10 ⁴	8.6x10 ⁷	2.7x10 ⁴
N8	4.7x10 ⁵	6.2x10 ⁵	2.3x10 ⁴
N9	4.4x10 ⁴	9.8x10 ⁶	1.5x10 ⁴
N10	7.4x10 ⁶	4.4x10 ⁵	1.8x10 ⁶
N11	4.6x10 ⁵	7.6x10 ⁷	2.1x10 ⁵
N12	7.2x10 ⁵	6.5x10 ⁵	6.2x10 ⁵
N13	3.8x10 ⁵	9.9x10 ⁵	1.0x10 ⁴
N14	6.6x10 ⁵	2.4x10 ⁴	2.9x10 ⁵

Çizelge 4. Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinde kimyasal analiz sonuçları
Table 4. Chemical properties of spoiled or about to be spoiled şalgam juice samples

Şalgam Suyu Adı Code of Samples	KM miktarı (%m/m) Dry material (%m/m)	pH	Titre edilebilir asitlik (Laktik asit) (g/L) Titrable acidity as lactic acid g/L	Tuz miktarı (% m/m) Salt content (% m/m)
M1	2.6	6.8	0.2	1.6
E	2.7	3.8	5.7	1.1
F	2.7	3.4	8.2	1.1
G	2.3	3.9	5.7	1.5
H	2.1	4.2	5.1	1.6
I	2.1	4.0	5.5	1.4
J	1.9	3.5	8.3	1.1
K	2.2	3.4	8.7	1.1
L*	3.2	3.6	6.0	1.6

* L örneği tarafımızdan üretilip bozulma şartlarının sağlandığı şalgam suyudur

* The "L" coded sample is taken from our laboratory productions and stored at unfavorable conditions until spoilage

değerlere uymaktadır. Sonuçta bu örneklerin hepsinin bir veya daha fazla kriter yönünden ilgili standarda uymadığı veya TS 11149 şalgam suyu standardındaki sınır değerlerin bozuk şalgam sularını ayırmada başarılı olduğunu söylemek mümkündür.

Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinde mikrobiyolojik analizler

Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinde TAMB, LAB, MK, KF tayini yapılmış ve sonuçları çizelge 5'te verilmiştir.

Toplam 9 farklı bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneğinin; TAMB 1.1x10⁵-8.6x10⁸ KOB/ml; LAB 1.4x10⁶-4.9x10⁸ KOB/ml ve MK 9.2x10⁵-2.2x10⁸ KOB/ml arasında tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda hiçbir şalgam suyu örneğinde koliform bakteri rastlanmamıştır.

Mikrobiyolojik analizi yapılan 9 adet bozulmuş ve bozulmakta olan şalgam suyundan hiçbir örnek TAMB (KOB/ml) bakımından TS 11149 şalgam

suyu standardındaki değerlere uymamaktadır. Ancak koliform bakteri açısından tüm örnekler (9 adet bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu) TS 11149 şalgam suyu standardındaki değerlere uymaktadır. Laktik asit bakterisi ve maya sayısı bakımından TS 11149 şalgam suyu standardında herhangi bir değer yoktur. Çizelge 5'te verilen 9 adet bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyundan 3 adet şalgam suyu örneği (G, H, I) maya (KOB/ml) ve 3 adet şalgam suyu örneği (H, I, J) laktik asit bakteri sayısı (KOB/ml) bakımından literatürde verilen değerlere uymamaktadır (10).

Tüm örneklerde MK sayımı yapılan Petri kutularında küf kolonisine rastlanmamıştır. Bu nedenle MK sayıları hemen hemen sadece maya sayısını yansıtmaktadır.

SONUÇ

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde tarafımızca kontrollü şartlarda yapılan ve depolanan şalgam suyunda yapılan kimyasal ve mikrobiyolojik

Şalgam Suyunun Bazı Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Çizelge 5. Bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinde mikrobiyolojik analiz sonuçları
Table 5. Microbiologic properties of spoiled or about to be spoiled şalgam juice samples

Şalgam Suyu Adı Code of Samples	TAMB (KOB/ml) TVC (CFU/mL)	LAB (KOB/ml) LAB (CFU/mL)	KF (EMS/ml) Coliform (MPN/ml)	MK (KOB/ml) Yeast and Mould (CFU/mL)
M1	2.1x10 ⁵	1.4x10 ⁶	<0.3	1.3x10 ⁷
E	2.2x10 ⁶	4.3x10 ⁶	<0.3	3.0x10 ⁷
F	1.1x10 ⁵	2.8x10 ⁶	<0.3	1.5x10 ⁶
G	1.4x10 ⁷	1.3x10 ⁷	<0.3	6.1x10 ⁷
H	8.6x10 ⁸	4.9x10 ⁸	<0.3	2.2x10 ⁸
I	1.7x10 ⁸	7.9x10 ⁷	<0.3	1.6x10 ⁸
J	2.3x10 ⁸	5.9x10 ⁷	<0.3	1.6x10 ⁷
K	2.9x10 ⁶	4.9x10 ⁶	<0.3	9.2x10 ⁵
L*	3.8x10 ⁷	3.7x10 ⁷	<0.3	4.8x10 ⁶

* L örneği tarafımızdan üretilip bozulma şartlarının sağlandığı şalgam suyudur

* The "L" coded sample is taken from our laboratory productions and stored at unfavorable conditions until spoilage

analizlerde örneklerin Türk Gıda Mevzuatı ve literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Üretim aşamasında genel hijyen esaslarına uyularak depolama esnasında özellikle ürünün hava ile temasını kesecek şekilde ambalajlama ve depolama yapıldığı takdirde ürünün geleneksel yöntemle mevzuata uygun şekilde üretilebileceği düşünülmektedir. Başka bir deyişle geleneksel üretim prosesi titizlik ile uygulandığında üretilen ürünün standarda uygunsuz çıkması söz konusu değildir. Ancak piyasadan temin edilen şalgam sularında özellikle mikrobiyel açıdan değerlendirme yapıldığında 14 örneğin 8 adedinin (%57'sinin) TAMB açısından ilgili standarda uymadığı görülmüştür. Bu durum piyasada üretime ve üretim malzemelerinde temizliğe yeterli kadar hassasiyet gösterilmediğinin bir ölçüsüdür. Hiçbir örnekte koliform bakterilere rastlanmaması temizliğin değil, şalgam suyunda koliform bakterilerinin kısa sürede inaktive olmaları ile açıklanabilir. Yapılan bir çalışmada *E. coli*'nin şalgam suyunda bir günden kısa bir süre içinde inaktive olduğu tespit edilmiştir (22). Piyasa örneklerinde koliform bakteriye rastlanmaması bu sonuç ile açıklanabilir. Ayrıca TAMB açısından uygun olmayan ürünlerin daha sonraki depolama aşamalarında mikrobiyel bozulmayla karşı karşıya kalmaları muhtemeldir. Özellikle yaz aylarında olumsuz depolama koşullarında depolanan şalgam sularında bozulmaların yüksek olması beklenebilir. Bu nedenle piyasadaki şalgam sularında üretim metodu ve depolama şartlarında bir standart oluşturulması mutlaka gereklidir.

TAMB düzeyi 9 adet bozulmuş ve bozulmakta olan şalgam suyu örneklerinin hepsinde ilgili standartta verilen 1.0x10⁵ KOB/ml değerinin üzerindedir. Bu nedenle standardın TAMB için verilen maksimum değerinin yerinde olduğunu söylemek mümkündür. Bozuk olan şalgam sularında bakteri sayısı artmakta ve bu bakteriler

şalgam suyunun pH'sını yükseltip asitliğini düşürerek şalgam suyuna ait olmayan kötü koku oluşumunu sağlayarak ürünü bozmaktadırlar. Beklendiği gibi piyasadan temin edilen 14 farklı şalgam suyu örneğindeki TAMB (2.8x10⁴-7.4x10⁶ KOB/ml) ile MK sayısının (6.2 x10³-1.8x10⁶ KOB/ml), bozulmuş veya bozulmakta olan toplam 9 adet şalgam suyu TAMB (1.1x10⁵-8.6x10⁸ KOB/ml) ve MK (9.2x10⁵-2.2x10⁸ KOB/ml) göre daha az olduğu görülmektedir. Bir diğer deyişle bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam suyu olarak adlandırılan şalgam sularının MK ve TAMB sayıları piyasadan temin edilen ya da tarafımızca üretilen şalgam suyuna göre daha fazladır. Böylece özellikle bir şalgam suyunun bozulmuş olabileceği TAMB ve MK sayısı yükselişi ile belirlenebilir. Ayrıca bozulmuş veya bozulmakta olan şalgam sularının pH ve asitlik değerlerinin piyasadan temin edilen ya da tarafımızca üretilen şalgam suyuna göre farklılık gösterdiği tespit edildiğinden dolayı bu kriterler de bozulmanın göstergesi olarak düşünülebilir. Çünkü bozulmuş olan şalgam sularında 4 adet örnek pH ve 5 adet örnek ise asitlik yönünden mevzuata uygun bulunmamıştır. Bunun nedeni ortamda sayıları yükselmiş olan mikroorganizmalar laktik asidi parçalayarak pH'nın yükselmesine ve asitliğin düşmesi olmaktadır. Tarafımızca üretilen örneklerde de bozulmuş olan şalgam sularında pH yükselmiş ve asitlik ise düşmüştür.

Piyasadan temin edilen şalgam suları ile bozulmuş ve bozulmakta olan şalgam suları karşılaştırıldığında ise piyasadan temin edilen şalgam sularında 14 örnekten 9'u ve bozulmuş/bozulmakta olan şalgam sularından 9 örnekten 5'inin kuru madde açısından Türk Gıda Mevzuatına uymadığı belirlenmiştir. Bu da piyasada satılan ürünlerin içerisinde su oranının fazla olduğunu ve kullanılan üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TUBİTAK tarafından desteklenen 108O564 no'lu projenin bir bölümüdür.

KAYNAKLAR

1. Ünlütürk A, Turantaş F. 1998. Gıda Mikrobiyolojisi. Birinci Baskı, Mengi Tan Basımevi, İzmir. 605.
2. Canbaş A, Fenercioğlu H. 1984. Şalgam Suyu Üzerine Bir Araştırma. *GIDA*, 9(5): 279-286
3. Deryaoğlu A. 1990. *Şalgam Suyu Üretimi ve Bileşimi Üzerine Bir Araştırma*. Ç. Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye.
4. Anon 2009. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü veri tabanı. Yem ve Gıda Bilgi Sistemi. <http://tescil.vetbis.com/> (Erişim Tarihi 20.05.2009)
5. Anon 2003. TS 11149 Şalgam Suyu Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi. 112 Bakanlıklar, Ankara.
6. Erten H, Tangüler H, Canbaş A. 2008. A Traditional Turkish Lactic Acid Fermented Beverage: Shalgam (Salgam). *Food Reviews Int*, 24(3):352- 359.
7. Erginkaya Z, Hammes WP. 1992. Şalgam Suyu Fermantasyonu Sırasında Mikroorganizmaların Gelişimi ve İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanmaları Üzerine Bir Araştırma. *GIDA*, 17(5):311-314.
8. Yener D. 1997. Mersin il merkezinde değişik satış yerlerinden alınan şalgam suyu örneklerinin fiziksel, kimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine bir araştırma. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 45s.
9. Aydar A. 2003. Şalgam suyu üretiminde *Lactobacillus plantarum* ilavesinin ürün bileşim ve kalitesine etkileri. Trakya Üniv Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye.
10. Arıcı, M. 2004. Microbiological and chemical properties of a drink called shalgam (Mikrobiologische und chemische eigenschaften von Shalgam). *Ernahrungs- Umschau*, 51 (1)
11. Güneş G. 2008. Şalgam suyu üretiminde en uygun siyah havuç (*Daucus carota*) miktarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye. 48 s.
12. Öztürk O. 2009. Adana piyasasındaki şalgam sularının bileşimleri üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye, 50s.
13. Tangüler H. 2010. Şalgam suyu üretiminde etkili olan laktik asit bakterilerinin belirlenmesi ve şalgam suyu üretim tekniğinin geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 367s.
- 14- Tanguler H, Erten H. 2012. Occurrence and growth of lactic acid bacteria species during the fermentation of shalgam (salgam), a traditional Turkish fermented beverage. *LWT - Food Sci Techn*, 46, 36-41.
15. Altuğ T, Ova G, Demirbağ K, Kurtcan Ü. 1995. *Gıda Kalite Kontrolü*. Yayın No:29, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova. Türkiye, 98s.
16. Cemeroglu, B.1992. *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*. Biltav Üniversite Kitapları Serisi. No:02:2, Ankara. 380s.
17. AOAC Assn. of Official Analytical Chemist., 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed., Washington, DC:AOAC.
18. Harrigan WF. 1998. *Laboratuary Methods in Food Microbiology*, Third ed., Academic Pres, London. 532.
19. Gürgün V, Halkman AK. 1990. *Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri*. 2. Baskı. Basım ve Grafik, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 7, Ankara. 146.
20. Fleming HP, McFeeters RF, Daeschel MA. 1992. Fermented and acidified vegetables, *compendium for the microbiological examination of foods* (Eds:Vanderzant C, Splittstoesser F). 3rd Ed, American Public Health Association, Washington.1219.
21. Anon 2001. *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. Chapter18. Yeasts, Molds and Mycotoxins, www.fda.gov/Food/ScienceRes/LaboratoryMethods/BAM/default.htm (Accessed 15.07.2009).
22. Özhan N, Coksöyler N. 2005. Survival of *Escherichia coli* in traditional fermented turnip juice. *J Food Sci Techn*, 42, 67-69.

GIDALARDA İNCE TABAKA KURUTMA MODELLERİ

Naciye Kutlu*, Aslı İşci, Özge Şakıyan Demirkol

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / *Received*: 02.05.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 14.07.2014

Kabul tarihi / *Accepted*: 27.08.2014

Özet

Kurutma, ısı ve kütle aktarımıyla gerçekleşen en karmaşık proseslerden biridir. En genel tanımı ile kurutma, gıdadan suyun uzaklaştırılmasıdır. Kurutma işlemi ile su aktivitesi azalan gıda ürünlerinde, mikrobiyel aktivite ve enzim aktivitesi oldukça düşük seviyededir. Bu sebeple gıdaların kurutulması, uzun süreli depolamalarda çoğunlukla tercih edilir. Bu derlemede kurutma işleminin mekanizması, endüstride sıklıkla kullanılan kurutma yöntemleri ve ince tabaka kurutma modelleri özetlenmiştir. İnce tabaka eşitlikleri teorik, yarı teorik ve ampirik modeller olarak sınıflandırılabilir. Her ne kadar teorik modeller tüm proses koşulları için kullanılabilir olsa da, pratik olmayışları sebebiyle gıdalarda yapılan kurutma çalışmalarında genellikle yarı teorik ve ampirik modeller tercih edilmektedir. Bu modeller incelendiğinde, gıdaların kurutma verilerine en iyi uyum sağlayanların, yarı teorik modellerden Page ve Midilli olduğu görülmüştür. Ayrıca, Fick'in ikinci yasasından elde edilen efektif difüzyon katsayısı ve Arrhenius bağıntısı kullanılarak hesaplanan aktivasyon enerjisi, kurutma işlemi hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Literatürdeki farklı çalışmalarda efektif difüzyon katsayısının ve aktivasyon enerjisinin sırasıyla 10^{-7} - 10^{-11} m²/s ve 10-80 kJ/mol aralığında değiştiği bildirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Gıdalarda kurutma yöntemleri, kurutma mekanizması, ince tabaka kurutma modelleri, difüzyon katsayısı, aktivasyon enerjisi

THIN LAYER DRYING MODELS IN FOOD SYSTEMS

Abstract

Drying is one of the most complicated food processes which include simultaneous heat and mass transfer. It is generally defined as the removal of moisture from food. The microbial and enzyme activity in dry food products are quite low due to reduced water activity. Therefore, drying is widely preferred in long term storage of foods. The drying mechanism, common drying techniques used in industry and thin layer drying models were summarized in this review. Thin layer drying models can be classified as theoretical, semi-theoretical and empirical. Theoretical models can be applied to all process conditions. However, due to their practical inconvenience, semi-theoretical and empirical models are widely preferred in drying studies. Among the models studied in food drying, semi-theoretical models, Page and Midilli, were found to be the best fitting models. In addition, the effective diffusion coefficient calculated from Fick's Second Law and the activation energy, which is determined using Arrhenius equation, give valuable information regarding drying. The effective diffusivities and activation energy values in foods were reported in the range of 10^{-7} - 10^{-11} m²/s and 10-80 kJ/mol, respectively.

Keywords: Food drying methods, drying mechanism, thin layer drying models, diffusion coefficient, activation energy

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ nkutlu@ankara.edu.tr, ☎ (+90) 312 203 3300-3632,

☎ (+90) 312 317 8711

GİRİŞ

Kurutma işleminin amacı, gıdanın içerdiği %80-90 oranındaki suyu %10-20 oranına düşürerek, ürünün raf ömrünü arttırmaktır. Kurutulmuş üründe mikrobiyolojik bozulma ve enzim aktivitesi en düşük seviyededir. Depolanması, sevkiyatı kolay ve daha az masraflı olmaktadır. Kurutma birçok yöntemden daha ucuz bir muhafaza yöntemi olup, daha az işçilik ve daha az ekipman gerektirmektedir. Ayrıca, diğer koruma yöntemleri uygulanmış gıdalara göre, besin öğeleri özellikle lif içeriği açısından daha zengin durumdadır (1).

Meyve ve sebzelerde kurutma işlemi eski çağlardan beri kullanılan, gıda koruma yöntemlerinden biridir. Kurutma işlemi, eski tarihlerde sadece güneş ile doğal yolla yapılmakta idi. Fakat güneş ışınlarının sadece yılın belli dönemlerinde etkili olması, geniş alanlara ve uzun süreye ihtiyaç duyulması, böceklenme, tozlanma gibi hijyenik etkenlerden dolayı artık çok fazla tercih edilmemektedir. Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle kurutma işlemi artık çok farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir (2).

Kurutma sistemleri, "konveksiyon kurutma", "kondüksiyon kurutma" ve "elektro manyetik dalgalarla kurutma" olmak üzere başlıca üç farklı yöntemle ayrılabilir. Konveksiyon kurutmada (sıcak hava ile kurutma), buharlaştırma için gerekli olan sıcak gaz (hava) kurutulacak maddenin içinden, üzerinden ve arasından geçirilir, kurutucu yüzeye temas yoktur. Kondüksiyon kurutmada, buharlaştırma için gerekli ısı, sıcak bir yüzeyden kurutulacak olan maddeye iletilir. Sonucu yöntemde ise, kurutulacak maddeye ısı, elektromanyetik dalgalar şeklinde transfer edilir (1).

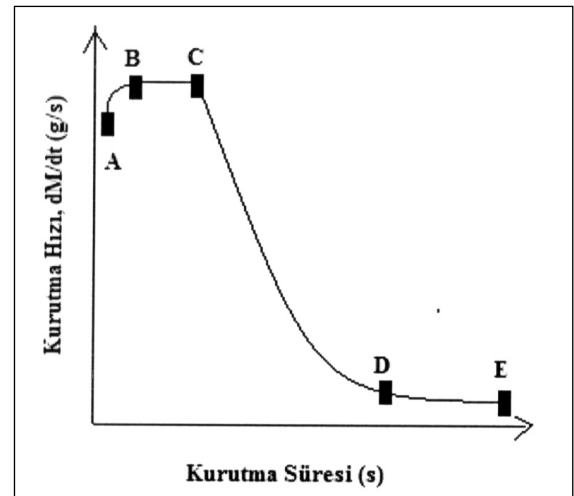
Türkiye’de kurutulmuş gıda sektöründe ürün çeşitliliği çok fazladır. Bu ürünlerin başında sebze, meyve ve et ürünleri gelmektedir. Kuru sebzeler, hazır çorba, bebek mamaları ve sos üretiminde direk olarak kullanılabilirler için tercih edilmektedirler. Toplam kurutulmuş sebze ihracatımızın yaklaşık %92’sini domates oluşturmaktadır. İhracattaki diğer önemli kurutulmuş sebzeler ise, mantar, patlıcan ve kabaktır (3). Kuru meyve sektöründe ise dünyadaki üretimin yaklaşık 9.5 milyar olduğu ve Türkiye’nin oranının ise %11 olduğu belirtilmiştir. Kuru incir, kuru üzüm ve kuru kayısı ürünlerinin ihracattaki payı çok yüksektir (4). Sucuk ve pastırma

ülkemizde en çok üretilen kurutulmuş et ürünlerindedir. İstatistiksel verilere göre, toplam et ürünleri pazarında sucuğun oranı yaklaşık %55, pastırmanın ise yaklaşık %6’dır (5).

İnce tabaka kurutma, genel anlamı ile örnek dilimlerinin bir tabaka halinde kurutulmasıdır. İnce tabaka eşitlikleri son yıllarda kullanım kolaylığından ve daha az veri gereksiniminden dolayı, karmaşık modellerin çözümünde geniş kullanım alanı bulmuştur (6). İnce tabaka eşitlikleri teorik, yarı-teorik ve ampirik modeller olabilir. Teorik modeller ile nem transferinde sadece iç direnç hesaba katılırken, diğerlerinde ürün ile hava arasındaki nem transferindeki dış direnç düşünülür (7).

KURUTMA MEKANİZMASI

Kurutma, genel tanımı ile gıdadan suyun uzaklaştırılmasıdır ve uzun süreli depolama için en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu aşamada depolama koşulları çok önem taşımaktadır. Ürünler kurutulduktan sonra, nem, sıcaklık ve hava hızı ayarlanabilen depolarda saklanmalıdır. Gıda maddelerinde, ürünün nem içeriği kuruma süresi boyunca azalarak belli bir noktadan sonra sabitlenmektedir. Kurutma hızı ise ilk saatlerde çok yüksek iken, sürenin ilerlemesiyle azalmaktadır (Şekil 1). Kurutma hızı, ürünün özellikleri, şekli, iriliği, kalınlığı, kurutma hava hızı, sıcaklığı ve nemi, kurutulacak olan ürünün miktarı gibi özelliklere bağlıdır. Kurutma sıcaklığının ve hava hızının artması, aynı zamanda kurutulacak gıdanın kalınlığının ve miktarının azalması, kurutma hızını arttırmaktadır (8).



Şekil 1 Kurutma hızının kurutma süresi ile değişimi (9)

Burada A-B bölgesi, denge bölgesidir. Kurutma hızı artıyor gözükmesine rağmen bu anlık bir durumdur ve gıda kurutma işlemlerinde bu bölge ihmal edilmektedir (10). B-C bölgesi, sabit hızda kuruma bölgesidir. Bu bölge çok kısa olmakta ve gıda ürünlerinin kurutulması sırasında sabit hızda kuruma görülmemektedir (11). C-D bölgesi, azalan kuruma periyodu olup, asıl kurutma işleminin gerçekleştiği bölgedir. Bu bölgede gıda maddelerinde difüzyon etkilidir. İlk kuru nokta bu bölgede görülmektedir ve bu noktaya kritik nokta adı verilmektedir (C noktası) (12). D noktasında ürünün yüzeyi artık tamamen kurudur ve ikinci azalan hız periyodu başlar. Buharlaşma düzlemi, yüzeyden yavaşça iç kısımlara doğru çekilir. Buharlaşma ısı, katıdan geçerek buharlaşma bölgesine aktarılır (10).

KURUTMA HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kurutma hızı, kurutma süresi boyunca birçok parametreden etkilenmektedir. Ürün kimyasal bileşimi, ürün boyutları, kurutma hava sıcaklığı, hava hızı, kuruluğu ve atmosfer basıncı, kurutma hızını etkileyen başlıca faktörlerdendir. Zhu ve Shen (2014) şeftali (13) ile yaptıkları çalışmada, kurutma hava hızının 0.423 m/s'den 1.120 m/s'ye artırılması ile kurutma hızının yaklaşık 2 kat arttığını göstermişlerdir. Kurutma sıcaklığının 20 °C artması ile kurutma hızında yaklaşık 1.7 kat artış gözlenmiştir. Aynı çalışmada dilim kalınlığının yarıya düşürülmesi de kurutma hızının 2 kat artmasına sebep olmuştur. Kurutma hızının, hava hızı ve sıcaklık artışı ile doğru, dilim kalınlığı artışı ile ters orantılı değiştiği görülmektedir. Kimyasal bileşimi bakımından, ürünün içerisinde yağ bulunması kuruma hızını sınırlamaktadır. Nişasta ve pektin içeren gıdalarda, kurutma çok zordur. Çünkü bu bileşenler suyu içinde tutarak jel oluşturur ve kuruma zorlaşır. Ayrıca, yüksek şeker içeren ürünler de geç kurumaktadır (14). Örneğin, benzer koşullarda gerçekleştirilen iki çalışmada, bal kabağı şeker içeriği sebebiyle 13.3 saatte kururken (15), patlıcan örnekleri yaklaşık 8 saatte kurumuştur (16).

GIDA KURUTMA YÖNTEMLERİ

Gıda endüstrisinde en çok kullanılan kurutma yöntemleri güneşte kurutma, dondurarak kurutma, tepsili kurutma, döner kurutucular, tünel kurutucular, sprey kurutucular, akışkan yatak kurutucular, vakum kurutma, mikrodalga ile kurutma ve radyo frekans kurutmadır. Bu yöntemler kısaca özetlenmiştir.

Bilinen en eski kurutma yöntemi güneşte kurutmadır. Güneşte kurutmanın en büyük avantajı düşük maliyetli olması, dezavantajı ise, ürünlerin kurutulurken toprak, toz, yağmur, böcek ve diğer hayvanların etkisine maruz kalması ve kalitenin olumsuz yönde etkilenmesidir. Bu tür dezavantajlar nedeniyle, güneş enerjisinden yararlanılan kurutma sistemleri geliştirilmiştir. Meyve ve sebzelerin yanında hububat, baharat, çay ve kahvenin kurutulmasında tercih edilmektedir (17, 18). Dondurarak kurutma yönteminde, kurutulacak olan gıdadaki su, donmuş halde tutulurken, yüksek vakum uygulaması sırasında ısı verilmesi ile buzun sublimasyonu sağlanır. Bu işlem sırasında, üründeki bağlı suyun bir miktarı donmamış halde bulunur. En önemli avantajı, ürünlerin duyuşal özelliklerinin ve besin değerlerinin, diğer yöntemlerle kurutulmuş ürünlere göre daha üstün olmasıdır. Dezavantajı ise ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır. Kahve ve çay esansları, hazır çorba, sebzeler, deniz ürünleri ve et ürünleri bu yöntemle kurutulabilirler (18, 19). Tepsili kurutucular, motor, fan ve tepsilerden oluşmaktadır. Bu tür kurutucularda, kurutulacak olan ürün, tepsi üzerine düzgün dağılımlı olarak serilir ve ürün kurumaya bırakılır. Tepsili kurutucuların dezavantajı, tepsiler üzerinde aynı kurutma hızının sağlanamamasıdır. Bu nedenle kurutma işlemi homojen olmamaktadır. Genellikle laboratuvar ölçekli çalışmalarda tercih edilmektedir (18). Döner kurutucular, dönen ve genellikle çıkışa doğru hafif eğimli olan boş bir silindir şeklindedir. Ürün girişi ile hava akımı zıt yönlüdür. Kurutulmuş üründe, sürtünme sonucu meydana gelen olumsuzluklar nedeniyle, bu yöntemin uygulandığı ürün sayısı çok fazla değildir. Genellikle, ıslak granül halindeki katıların ya da tohumların kurutulmasında kullanılırlar (10, 18). Tünel kurutucular, fan, ısıtıcı ve kurutulacak ürünlerin taşındığı araçlardan oluşmaktadır. Kurutulacak ürün, aralıklarla yerleştirilmiş tablaların üzerine yayılır ve tünel içerisinden geçirilir. Meyve ve sebze ürünlerinin, çoğunlukla da balık ürünlerinin kurutulmasında kullanılır (18). Sprey kurutucular, atomizer, büyük bir silindirik kurutma hücresi ve separatörden oluşur. Püskürtmeli kurutucu ile düzgün küresel şekilli, homojen boyutlu ürün elde edilebilmekte ve hızlı kurutma imkânı sağlanmaktadır. Fakat bu tür kurutucuların ilk yatırım maliyetleri çok yüksektir ve diğer kurutuculara göre fiziksel olarak daha büyüktürler. Süt tozu ve kahve üretiminde

yaygın olarak kullanılırlar (18, 20). Akışkan yatak kurutucular, ürünün parçacıklar halinde güçlü bir hava akımı ile kurutulması esasına dayanır. Bezelye ve hindistancevizi gibi gıda ürünlerinin kurutulmasında kullanılırlar (18, 21). Vakum kurutma, düşük derecelerde gerçekleştiği, hem sıvı hem de katı parçacıklar halindeki ürünlerin kullanılabilirdiği bir yöntemdir. Kurutma oksijensiz ortamda olduğu için ürün kalitesi yüksektir. Fakat maliyeti çok yüksek olduğu için, genellikle sıcaklığa duyarlı ürünlerde kullanılırlar. Meyve, sebze ve püreler bu yöntem ile kurutulurlar (22). Mikrodalgaya sistemleri elektrik enerjisini mikrodalgaya dönüştüren magnetron, dalga yayıcı, dönebilen tabla ve fandan oluşmaktadır. (23). Mikrodalgaya kurutma, yüksek frekans dalgalarını gıdanın direkt olarak absorbe etmesi ve bu enerjiyi ısıya dönüştürmesi prensibine dayanmaktadır (24). Bu iki şekilde gerçekleşir; dipolar rotasyon ve iyonik yer değiştirme (25). Mikrodalgaya içerisinde kurutulacak olan ürünlerin mümkün olduğu kadar homojen olması, etli doku, sap, çekirdek ve aşırı sıvı içermemesi gerekmektedir (26). Mikrodalgaya fırının avantajı, materyalin daha çok ve homojen ısınmasını sağlamasıdır. En önemli dezavantajı ise, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Mikrodalgaya kurutma son dönemlerde yaygınlaşan cips sektöründe, oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur (23). Radyo frekans kurutma, 1-300 MHz frekansları arasında elektromanyetik alan uygulanarak yapılan işlemdir. Kurutulacak ürün iki elektrot arasına alınır ve bir elektrik alanına maruz bırakılır. (27). Dalga boyunun yüksek olması, nüfuz derinliğini arttırmaktır, bu da homojen kuru ürün eldesini sağlamaktadır. Sürenin kısa olması da önemli avantajlarından. (28). Dondurulmuş ürünlerin çözündürülmesinde, ambalajlı

ekmeklerin ısıtılmasında, sebzelerin haşlanması gibi durumlarda kullanılabilir (29).

İNCE TABAKA KURUTMA MODELLERİ

İnce tabaka kurutma, genel anlamı ile örneklerin bir tabaka halinde kurutulmasıdır. İnce tabaka eşitlikleri son yıllarda birçok kurutma çalışmasında yer almıştır. Bunun nedeni, kullanım kolaylığı ve az veri gereksinimidir (6). İnce tabaka eşitlikleri teorik, yarı teorik ve ampirik modeller olarak sınıflandırılabilir. Her ne kadar teorik modeller tüm proses koşulları için kullanılabilir olsa da, pratik olmayışları sebebiyle gıdalarda yapılan kurutma çalışmalarında genellikle yarı teorik ve ampirik modeller tercih edilmektedir. Teorik modeller Fick'in ikinci yasasından türetilmektedir. Yarı-teorik modeller ise Fick yasasının yanı sıra Newton'un soğuma kanunundan da türetilmektedir. Yarı-teorik modellerin uygulanışları kolaydır ve deneysel verileri kullanmak için daha az varsayma ihtiyaç vardır. Fakat, bu modeller sadece uygulanan proses koşulları için geçerlidir. Ampirik modeller yarı-teorik modellere yakın özelliindedir. Deney koşullarına bağıdırlar ve ürünlerin kurutma davranışları hakkında sınırlı bilgi verirler (7, 30). Kurutma çalışmalarında kullanılan ince tabaka modelleri genellikle yarı teorik ve ampirik modellerdir (Çizelge 1).

Bu modellerde "ANO" olarak ifade edilen terim, ayrılabilen nem oranıdır ve aşağıdaki formül ile hesaplanır (34). "a, b, n, k, g, h" model katsayıları, "t" ise süredir.

$$ANO = [(M - M_e)/(M_0 - M_e)] \quad (1)$$

Bu eşitlikte, M, ürünün belli bir t anındaki nem içeriği, M_e, denge nem içeriği ve M₀, ürünün başlangıç nem içeriğidir. M_e değeri, diğer terimlerle

Çizelge 1 Gıda kurutma proseslerinde kullanılan matematiksel modeller

Model	Model Adı	Kaynak
$ANO = \exp(-kt)$	Newton	31
$ANO = \exp(-kt^n)$	Page	32
$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page I	33
$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page II	34
$ANO = a \exp(-kt)$	Henderson ve Pabis	15
$ANO = a \exp(-kt) + c$	Logaritmik	35
$ANO = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	İki terimli	36
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$	İki terimli exponansiyel	37
$ANO = 1 + at + bt^2$	Wang ve Sing	38
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$	Difüzyon yaklaşım	39
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$	Verma ve ark.	40
$ANO = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	Geliştirilmiş Henderson ve Pabis	41
$ANO = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli ve ark.	42

karşılaştırıldığında çok küçüktür. Bu sebeple uzun kurutma süreleri için ANO aşağıdaki formülü ile hesaplanabilir.

$$ANO = (M/M_0) \quad (2)$$

Bu modellerdeki katsayılar, doğrusal olmayan regresyon analizi yapılarak belirlenir. Modellerden en uygun olanı belirlemek için bazı istatistiksel parametrelerin hesaplanması gerekir. Bunlar RMSE (tahmini standart hata), R² (determinasyon katsayısı) ve χ^2 (ki-kare) değerleridir. Bu parametreler aşağıdaki eşitlikler kullanılarak bulunmaktadır. Tahmini standart hata (RMSE), modelden elde edilen tahmini ve deneysel veri arasındaki sapmayı ve ki-kare (χ^2) uyumun iyilik derecesini göstermektedir. En uygun model seçilirken, RMSE ve ki-kare değerinin sıfıra, determinasyon katsayısının ise bire yakın olması göz önünde bulundurulur (43).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{\text{tahmini}} - ANO_{\text{deneysel}})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$\chi^2 = \left[\sum_{i=1}^N (ANO_{\text{deneysel}} - ANO_{\text{tahmini}})^2 \right] / (N - n) \quad (4)$$

Bu eşitliklerde, ANO_{tahmini} modellerden elde edilen tahmini ayrılabilir nem oranı, ANO_{deneysel} ise deneysel verilerden elde edilen ayrılabilir nem oranıdır. "N" deneysel veri sayısı ve "n" kullanılan modeldeki katsayı sayısıdır.

Modelleme ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, zeytin küspesi farklı sıcaklıklarda kurutulmuş (50, 60, 70, 80 ve 90 °C), kuruma eğrisi modellenmiştir. Deney verileri 6 farklı modele (Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis, Geliştirilmiş Henderson ve Pabis, İki terimli,

Logaritmik) uygulanmış ve en iyi uyum sağlayan model Geliştirilmiş Henderson ve Pabis (R²=0.999, $\chi^2=9.3034 \times 10^{-5}$) olarak bulunmuştur (44). Diğer bir çalışmada, altın çilek 4 farklı sıcaklıkta kurutulmuş (60, 70, 80 ve 90 °C) ve deneysel veriler 11 farklı modele uygulanmıştır. R² ve χ^2 değerleri hesaplanarak en iyi uyum sağlayan model Midilli olarak bildirilmiştir (45). Soğan halkalarının güneşte, fırında ve mikrodalgada kurutulması ile yapılan bir çalışmada, deneysel veriler 8 farklı modele uygulanmıştır. Tüm koşullarlar için, Page, Geliştirilmiş Page ve Midilli modelleri en iyi uyumu göstermiştir (46). Antep fıstıklarının 500 W mikrodalga gücünde kurutulması ile ilgili çalışmada, deneysel veriler ile en iyi uyumun Page modeli ile sağlandığı belirtilmiştir (47). Mikrodalga ile 180-540 W güç aralığında kurutulan kırmızıbiberin deneysel verileri 7 modele uygulanmıştır. RMSE, R² ve χ^2 değerleri incelendiğinde, deneysel veriler ile Midilli modelinin uyumlu olduğu görülmüştür (48). Literatürde kullanılan modeller incelendiğinde gıdaların kurutma verilerine en iyi uyum sağlayanların yarı teorik modellerden Page ve Midilli olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

Difüzyon Katsayısı ve Aktivasyon Enerjisi

Gıdaların kurutulması sırasında gerçekleşen difüzyon karmaşık bir prostestir. Azalan hız periyodunda biyolojik ürünlerin kurutma karakteristikleri Fick'in difüzyon eşitliği kullanılarak tanımlanabilir (39, 57). Bu eşitlik, Crank (1975) tarafından (58) bazı varsayımlar kullanılarak aşağıdaki gibi çözülmüştür (Eşitlik 5). Bu çözüm yapılırken, nem transferinin sadece difüzyonla gerçekleştiği, ürünün büzülmediği, sıcaklık ve difüzyon katsayısının sabit olduğu ve kuruma süresinin uzun olduğu varsayılmıştır.

Çizelge 2. Gıdalarda en iyi uyum sağlayan ince tabaka kurutma modelleri, Deff ve EA değerleri

Gıda ürünü	Kurutma yöntemi	Belirlenen uygun model	D _{eff} (m ² /s)	E _A (kJ/mol)	Kaynak
Havuç	Püskürtme-yataklı kurutucu	İki terimli	2.58x10 ⁻¹⁰ -1.72x10 ⁻⁹	-	49
Patates	Bantlı kurutucu	Page	3.17x10 ⁻⁷ -15.45x10 ⁻⁷	39.49-42.34	50
Kekik	Güneşte kurutma	Page ve Geliştirilmiş Page	-	-	51
Domates	Tepsili Kurutucu	Midilli ve ark.	-	-	52
Hurma	Tünel Kurutucu	Midilli ve ark.	7.05x10 ⁻¹¹ -2.34x10 ⁻¹⁰	43.26	53
Kişiş	Mikrodalga Kurutma	Midilli ve ark.	6.3x10 ⁻¹¹ -2.19x10 ⁻¹⁰	-	54
Şeftali	Tünel Kurutucu	Logaritmik	6.6626x10 ⁻¹⁰ -1.135x10 ⁻⁹	42.53	13
Muz	Tepsili Kurutucu	Page	-	-	55
Bal kabağı	Tepsili kurutucu	Logaritmik ve Verma ve ark.	3.88x10 ⁻¹⁰ -9.38x10 ⁻¹⁰	78.93	15
Hintyağı tohumu	Akışkan Yataklı Kurutucu	Difüzyon yaklaşımı	8.21x10 ⁻¹⁰ -2.61x10 ⁻⁹	41.41	56
Zeytin küspesi	Tepsili kurutucu	Geliştirilmiş Henderson ve Pabis	2.03x10 ⁻⁹ -1.17x10 ⁻⁹	12.43	44

$$ANO = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{[2n+1]^2 \pi^2 D_{\text{eff}} t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

Burada;

ANO: Ayrılabilir nem oranı (M/M_0), t: Kurutma süresi (s), D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), L: Ürünün yarım dilim kalınlığı (m)'dir.

Uzun kuruma süreleri için bu formülde sadece serinin ilk terimi kullanılır ve logaritmik formda yazıldığında eşitlik (6) elde edilmektedir.

$$\ln ANO = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{4L^2} \quad (6)$$

ANO değerlerinin doğal logaritmik dönüşümleri zamana karşı grafiğe geçirilirse, elde edilen doğrunun eğimi kullanılarak D_{eff} değerleri eşitlik (7) ile hesaplanabilmektedir. Bu denklemde (Eşitlik 7) K, doğrunun eğimini göstermektedir (57).

$$K = \left[\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2} \right] \quad (7)$$

Difüzyon katsayısının değişimi Arrhenius tipi üssel bir fonksiyonla açıklanabilmektedir. Eşitlik (8) kullanılarak aktivasyon enerjileri hesaplanabilmektedir. Bir prosesin aktivasyon enerjisinin yüksek olması, o prosesin sıcaklık değişimine daha duyarlı olduğunu göstermektedir (59).

$$D_{\text{eff}} = D_0 \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right) \quad (8)$$

Bu denklemde;

D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), D_0 : Sonsuz sıcaklıktaki difüzyon katsayısına eşdeğer sabit (m^2/s), E_A : Aktivasyon enerjisi (kJ/mol), R: Evrensel gaz sabiti (kJ/mol.K), T: Kurutma hava sıcaklığıdır (K).

Yapılan çalışmalara bakıldığında, altın çileğin 4 farklı sıcaklıkta kurutulması sonucunda, efektif difüzyon katsayılarının $4.67-14.9 \times 10^{-10} m^2/s$ aralığında değiştiği, aktivasyon enerjisinin ise $38.78 kJ/mol$ olarak hesaplandığı görülmüştür (45). Sarımsak dilimlerinin $55, 65$ ve $75 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulması ile efektif difüzyon katsayısının $2.221-4.214 \times 10^{-10} m^2/s$ aralığında değiştiği ve aktivasyon enerjisinin $30.582 kJ/mol$ olarak hesaplandığı bildirilmiştir (60). Güneş, fırın (50 ve $70 \text{ }^\circ\text{C}$) ve mikrodalga (210 ve 700 W) olmak üzere 5 farklı koşulda kurutulmuş soğan dilimlerinin efektif difüzyon katsayıları sırasıyla, 8.339×10^{-10} , 7.468×10^{-10} , 1.554×10^{-9} , 4.009×10^{-8} ve $4.869 \times 10^{-8} m^2/s$

olarak hesaplanmıştır (46). Diğer bir çalışmada Sardalya balığı 4 farklı mikrodalga gücünde ($200, 300, 400$ ve 500 W) kurutulmuş ve efektif difüzyon katsayılarının $7.158 \times 10^{-8}-3.408 \times 10^{-7} m^2/s$ aralığında değiştiği belirtilmiştir (61). Mikrodalga ile 7 farklı güçte ($180-540 \text{ W}$) kurutulmuş kırmızıbiberin efektif difüzyon katsayıları $8.315 \times 10^{-8}-2.363 \times 10^{-7} m^2/s$ aralığında değişmektedir. Aktivasyon enerjisi ise 14.19 W/g olarak hesaplanmıştır (48). Gıda kurutma üzerine yapılan bazı çalışmalarda hesaplanan D_{eff} ve E_A değerleri çizelge 2'de verilmiştir.

SONUÇ

Kurutma, bir sıvı, katı ya da yarı-katı hammaddeyi nem düzeyi azaltılmış katı bir ürüne dönüştüren temel işlem olarak tanımlanabilir. Gıda endüstrisinde, güneş enerjili kurutma, dondurarak kurutma, tepsili kurutma, mikrodalga ile kurutma gibi çok sayıda farklı kurutma teknikleri kullanılmaktadır. Kurutma işlemi, sabit ve azalan kurutma hız periyotlarından oluşmaktadır. Ancak, gıdaların kurutulması sırasında sabit hız periyodu genellikle gözlenmemektedir. Kurutma hızı, kurutma süresi boyunca ürün kimyasal bileşimi, ürün boyutları, kurutma hava sıcaklığı ve hava hızı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Literatürde gıdaların kurutma verileri Newton, Page, Logaritmik, Wang ve Sing, Midilli ve ark. gibi yarı teorik ve ampirik modellerle açıklanmıştır. Bu modeller arasında Page ve Midilli'nin öne çıktığı gözlenmiştir. Ek olarak, kurutma ile ilgili modelleme çalışmaları incelendiğinde efektif difüzyon katsayısının ve aktivasyon enerjisinin sırasıyla $10^{-7}-10^{-11} m^2/s$ ve $10-80 kJ/mol$ aralığında değiştiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Cemeroglu B, Özkan M. 2004. Kurutma teknolojisi, *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi*, 2. Cilt, Cemeroglu B (baş editör), Bizim Büro Yayınevi, Ankara, Türkiye, s. 479-613.
2. Saldamlı İ, Saldamlı E. 2004. *Gıda Endüstrisi Makineleri*. Savas Yayınları, Ankara, Türkiye, 547 s.
3. Aytaç G. 2008. T.C. Kurutulmuş Sebzeler. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı geliştirme etüt merkezi.
4. Kuru meyve üretim miktarları. <http://www.ihracat.info.tr/> (Erişim 01 Temmuz 2014).

5. Kuru et ürünleri üretim miktarı. <http://www.ukon.org.tr/> (Erişim 04 Temmuz 2014).
6. Özdemir M, Devres YO. 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *J Food Eng*, 42, 225-233.
7. Fortes M, Okos MR. 1981. Non-equilibrium thermodynamics approach to heat and mass transfer in corn kernels. *Trans. ASAE*, 22, 761-769.
8. Sarsılmaz C. 1998. *Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 49-51 s.
9. Demirtaş C, Ayhan T, Kaygusuz K. 1998. Drying behaviour of hazelnuts. *J Sci Food Agric*, 76, 559-564.
10. Geankoplis CJ. 2011. *Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri*, Yapıcı S (Çeviren), İzmir Güven Kitabevi, İzmir, Türkiye.
11. Hall CW, Kunze OR, Calderwood DL, Hall CW, Maddex RL, Shove GC, Davis DC. 1980. *Drying and storage of agricultural crops*. Washington State Univ, Pullman, WA 99164, 381 p, USA.
12. Roberts JS. 1999. *Understanding The Heat and Mass Transfer of Hygroscopic Porous Materials*, Doktora Tezi, The State University Of New Jersey, Food Science, New Brunswick, NJ, USA.
13. Zhu A, Shen X. 2014. The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. *Int J Heat and Mass Trans*, 72, 345-351.
14. Chen XD, Mujumdar AS. 2008. *Drying Technologies in Food Processing*. Blackwell Publishing, OX, UK.
15. Doymaz İ. 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *J Food Eng*, 79, 243-248.
16. Ertekin C, Yaldız O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *J Food Eng*, 63, 349-359.
17. Doymaz İ, İsmail O. 2011. Drying Characteristics of sweet cherry, *Food Bioprod Process*, 89, 31-38.
18. Cemeroğlu B, Soyer A. 2004. Kurutma, *Gıda Mübendiliğinde Temel İşlemler*, Cemeroğlu B (baş editör), Bizim Grup Yayınevi, Ankara, Türkiye, s. 347-466.
19. Fissore D, Pisano R, Barresi AA. 2014. Applying quality-by-design to develop a coffee freeze-drying process. *J Food Eng*, 123, 179-187.
20. Kim EHJ, Chen XD, Pearce D. 2009. Surface composition of industrial spray-dried milkpowders. *J Food Eng*, 94, 169-181.
21. Madhiyanon T, Phila A, Soponronnarit S. 2009. Models of fluidized bed drying for thin-layer chopped coconut. *Appl Therm Eng*, 29, 2849-2854.
22. Zielinska M, Zapotoczny P, Alves-Filho O, Eikevik TM, Blaszcak W. 2013. A multi-stage combined heat pump and microwave vacuum drying of green peas. *J Food Eng*, 115, 347-356.
23. Karaaslan SN. 2008. *Sebze ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana, Türkiye, 195 s.
24. Li Z, Raghavan GSV, Wang N, Vigneault C. 2011. Drying rate control in the middle stage of microwave drying. *J Food Eng*, 104, 234-238.
25. Sumnu G. 2001. A review on microwave baking of foods. *Int J Food Sci Technol*, 36, 117-127.
26. Tunçer İK. 1990. *Characterization And Drying of Vegetables By Hot Air And Microwave Energy*. In Proceedings of The 4th Int Congress On Mechanization And Energy In Agri, Adana, Turkey (In Turkish). 1-4 October 1990, 472-480.
27. Shinde A, Das S, Datta AK. 2013. Quality improvement of orthodox and CTC tea and performance enhancement by hybrid hot air-radio frequency (RF) dryer. *J Food Eng*, 116, 444-449.
28. Baysal AH, İçier F, Baysal T. 2011. *Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri*. Sıdaş Yayınevi, Türkiye 348 s.
29. Zhu X, Guo W, Wu X, Wang S. 2012. Dielectric properties of chestnut flour relevant to drying with radio-frequency and microwave energy. *J Food Eng*, 113, 143-150.
30. Keey RB. 1972. *Introduction. In: Drying Principles and Practice*. Pergamon Press. Oxford, 1-18.
31. Bengston G, Rahman MS, Stanley R, Perera CO. 1998. *Effect Specific Pretreatment on the Drying Behaviour of Apple Rings*. New Zeland Inst Food Sci and New Zeland Conference, Nelson, 10 s.
32. Sarsavadiva P, Sawhney R, Pangavhane DR, Sing I. 1999. Drying Behaviour of Brined Onion Slices. *J Food Eng*, 40, 219-226.
33. Yaldız O, Ertekin C, Uzun Hİ. 2000. *Çekirdeksiz Üzümün İnce Tabaka Halinde Güneş Enerji İse Kurutulmasının Matematiksel Modellemesi Üzerinde Bir Araştırma*. 19. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı, Erzurum, 345-350 s.
34. Yaldız O, Ertekin C. 2001. Thin Layer Solar Drying of Some Vegetables. *Drying Technol*, 19, 583-597.

35. Doymaz İ. 2011. Drying of Eggplant Slices in Thin Layers at Different Air Temperatures. *J Food Process Preservation*, 35, 280-289.
36. Madamba PS, Driscoll RH, Buckle KA. 1996. Thin Layer Drying Characteristics of Garlic Slices. *J Food Eng*, 29, 75-97.
37. Sharaf-Eldeen YI, Blaisdell JL, Hamdy MY. 1980. A model for Ear Corn. *Drying Technol ASAE*, 23, 1261-1271.
38. Wang CY, Sing RP. 1978. *A Single Layer Drying Equation for Rough Rice*. Am. Soc. Agr. Eng, St. Joseph, MI, 78, 3001.
39. Sacilik K, Keskin R, Elicin AK. 2006. Mathematical modeling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *J Food Eng*, 73, 231-238.
40. Verma LR, Bucklin JB, Endan F, Wratten T. 1985. Effects of Drying Air Parameters on Rice Drying Models. *Technol ASAE*, 28, 296-301.
41. Karathanos VT. 1999. Determination of Water Content of Dried Fruits by Drying Kinetics. *J Food Eng*, 39, 337-344.
42. Midilli A, Küçük H, Yapar Z. 2002. A New Model for Single-Layer Drying. *Drying Technol*, 20, 1503-1513.
43. Pangavhane DR, Sawhney PN, Sarsavadia PN. 1999. Effect of Various Dipping Pretreatments on Drying Kinetics of Thompson Seedless Grapes. *J Food Eng*, 39, 211-216.
44. Vega-Galvez A, Miranda M, Diaz LP, Lopez L, Rodriguez K, Di-Scala K. 2010. Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake. *Bioresour Technol*, 101, 7265-7270.
45. Vega-Galvez A, Puente-Diaz L, Lemus-Mondaca R, Miranda M, Torres MJ. 2012. Mathematical Modelling of Thin-layer Drying Kinetics of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *J Food Process Preservation*, 38, 728-736.
46. Arslan D, Özcan MM. 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT- Food Sci Technol*, 43, 1121-1127.
47. Kouchakzadeh A, Shafeei S. 2010. Modelling of microwave-convective drying of pistachios. *Energy Conver Manag*, 51, 2012-2015.
48. Darvishi H, Rezaeiasl A, Asghari A, Azadbakht M, Najafi G, Khodaei J. 2014. Study of the drying kinetics of pepper. *J Saudi Soc Agri Sci*, 13, 130-138.
49. Zielinska M, Markowski M. 2010. Air drying characteristics and moisture diffusivity of carrots. *Chem Eng Process: Process Intensification*, 49, 212-218.
50. Aghbashlo M, Kianmehr MH, Arabhosseini A. 2009. Modeling of thin-layer drying of potato slices in length of continuous band dryer. *Energy Conver Manag*, 50, 1348-1355.
51. El-Sebaai AA, Shalaby SM. 2013. Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint. *Energy Conver Manag*, 74, 109-116.
52. Taheri-Garavand A, Rafiee A, Keyhani A. 2011. Mathematical Modeling of Thin Layer Drying Kinetics of Tomato Influence of Air Dryer Conditions. *Int Trans J Eng, Manag& Appl Sci&Technol*, 2, 147-160.
53. Doymaz İ. 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy Conver Manag*, 56, 199-205.
54. Sarimeseli A. 2011. Microwave drying characteristics of coriander leaves. *Energy Conver Manag*, 52, 1449-1453.
55. Silva WP, Silva CMDPS, Gama FJA, Gomes JP. 2014. Math. models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. *J Saudi Soc Agri Sci*, 13, 67-74.
56. Perea-Flores MJ, Garibay-Febles V, Chanona-Perez JJ, Calderon-Dominguez G, Mendez-Mendez JV, Palacios-Gonzalez E, Gutierrez-Lopez GF. 2012. Mathematical modelling of castor oil seeds (*Ricinus communis*) drying kinetics in fluidized bed at high temperatures. *Ind Crops Prod*, 38, 64-71.
57. Liu X, Qiu Z, Wang L, Cheng Y, Qu H, Chen Y. 2009. Mathematical modeling for thin layer vacuum belt drying of *Panax notoginseng* extract. *Energy Conver Manag*, 50, 928-932.
58. Crank J. 1975. *The mathematics of diffusion*. Oxford University Press, OX, UK.
59. Aghbashlo M, Kianmehr MH, Beygi SRH. 2010. Drying and Rehydration Characteristics of Sour Cherry (*Prunus Cerasus* L.). *J Food Process Preservation*, 34, 351-365.
60. Demiray E, Tülek Y. 2014. Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer. *Heat and Mass Trans*, 50, 779-786.
61. Darvishi H, Azadbakht M, Rezaeiasl A, Farhang A. 2013. Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating. *J Saudi Soc Agri Sci*, 12, 121-127.

TÜRKİYE'DE GIDA ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI BİYOKÜTLE VE BİYOYAKIT POTANSİYELİ

Ebru Deniz*, Gülen Yeşilören, Necla Özdemir, Aslı İşçi

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / Received: 15.05.2014

Kabul tarihi / Accepted: 15.09.2014

Özet

Gelişen teknoloji ve hızlı nüfus artışının doğal bir sonucu olarak fosil yakıt kaynaklarının giderek azalması; yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı arttırmıştır. Son yıllarda mevcut enerji kaynaklarına alternatif olarak, ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasına olan katkısı sebebiyle biyokütleden elde edilecek enerjiye (biyoyakıt) duyulan ilgi artmıştır. Gıda endüstrisi atıkları oldukça değerli biyokütle kaynaklarıdır. Bu makalede Türkiye'deki meyve suyu, bitkisel yağ ve et endüstrisi üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atık potansiyeli ve bu atıklardan üretilebilecek teorik biyoyakıt (biyogaz, biyoetanol ve biyodizel) miktarları hesaplanmıştır. Bir yılda üretilen meyve suyu, bitkisel yağ ve et endüstrisi atık miktarları sırasıyla 209.9 bin ton, 111.3 bin ton ve 118 milyon tondur. Bu atıklardan 6.9 bin ton biyoetanol, 33.5 bin ton biyodizel ve 25.3 milyar m³ biyogaz elde edilebilir.

Anahtar kelimeler: Meyve suyu endüstrisi atıkları, bitkisel atık yağlar, et endüstrisi atıkları, biyogaz, biyoetanol, biyodizel

BIOMASS AND BIOFUEL POTENTIAL OF FOOD INDUSTRY IN TURKEY

Abstract

Progressive decrease in fossil fuel resources as a natural consequence of rapid population growth and developing technology has increased the need for renewable and sustainable energy resources. In recent years, interest in energy obtained from biomass (i.e. biofuel) has increased as an alternative to existing energy sources due to its contribution to sustainable development. Food industry wastes are valuable sources of biomass. In this study, the amount of food waste generated in fruit juice, vegetable oil and meat industry as well as biofuel (biogas, bioethanol, biodiesel) potentials that can be produced from these wastes were estimated for Turkey. The amount of wastes generated from fruit juice, vegetable oil and meat industry are 209.9 thousands tons, 111.3 thousands tons and 118 million tons respectively. From these wastes 6.9 thousands tons bioethanol, 33.5 thousands tons biodiesel and 25.3 billion m³ biogas can be generated.

Keywords: Keywords: Fruit juice industry wastes, vegetable waste oil, meat industry wastes, biogas, bioethanol, biodiesel

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ edeniz@ankara.edu.tr, ☎ (+90) 312 203 3300/3600 - 3601,

☎ (+90) 312 317 8711

GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması, sanayi ve teknolojinin gelişmesi ve refah düzeyinin yükselmesine bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Mevcut enerji arzının talebi karşılayamamasından dolayı enerji fiyatları her geçen gün yükselmektedir (1, 2). Bugün, dünyada kullanılan enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan temin edilmektedir (3). Fosil yakıtların kullanımı; küresel ısınma, hava kirliliği, asit yağmurları, ozon tabakasının incilmesi, ormanların yok olması ve radyoaktif madde emisyonu gibi çevre sorunlarına yol açabilmektedir (4). Enerjiyi kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlayabilmek ve verimli kullanmak oldukça önemlidir (5). Bu nedenle alternatif enerji kaynağı arayışları yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesine yol açmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle (%63) önemli bir yer tutmaktadır (3). Biyokütle, genel anlamda yakıt veya endüstriyel üretim için kullanılacak biyolojik malzemeyi ifade eder (6). Başka bir deyişle biyokütle; biyoyakıt elde etmek için kullanılan, yaşayan organizmalardan elde edilen, depolanabilir, taşınabilir, dönüştürülebilir, ekonomik ve fosilleşmemiş organik madde kaynaklarıdır (7). Temelde biyoetanol, biyodizel ve biyogaz olmak üzere üç farklı biyoyakıt türü mevcuttur. Biyoetanol, fermente olabilen şekerlerin mayalar tarafından alkole dönüştürülmesi ile elde edilen bir üründür (8). Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir yağ stoklarından elde edilen uzun zincirli yağ asitlerinin monoalkil esterleri (9), biyogaz ise organik maddelerin anaerobik fermentasyonu sonucu oluşan gazların yanıcı karışımı (%55-70 CH₄ ve %30-45 CO₂) olarak tanımlanır (10).

Biyokütle kaynakları, genellikle bitkiler ve organik atıklar olarak sınıflandırılabilir. Biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkisel hammaddeler; tarım ürünleri (yağlı tohumlu, şekerli ve nişastalı bitkiler), otlar (dallı darı, fil otu), ve odunsu (kavak, söğüt vb.) bitkilerdir. Tarımsal (mısır, buğday, arpa samanı), kentsel ve hayvansal atıklar ile gıda endüstrisi atıkları ise atık kaynaklı biyokütle için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (11-13).

Gıda sektörü, tüm dünyada önemli miktarda katı organik atık ve kirli atık su açığa çıkarmaktadır. Bu atıklar yapı bakımından zararlı değildir ancak organik madde, askıda katı madde, azot ve fosfor bileşikleriyle patojen mikroorganizmalar yönünden zengindir. Bir atığın zararlı atık olarak kabul edilebilmesi için dört kriterden birisini göstermesi gerekmektedir. Bu dört kriter; tutuşabilirlik, koroziflik, reaktiflik, ve zehirliliktir. Bu kriterlerin tespiti için bir takım standart analizler belirlenmiştir (14, 15). Düzgün bir şekilde yönetilmedikleri takdirde çevreye (örneğin yüzey ve yeraltı suları), insan

ve hayvan sağlığına tehdit oluşturabilirler (16).

Biyoyakıt üretiminde gıda olarak tüketilen tarım ürünlerinin yerine organik madde içeren atıkların kullanılması hem etkin atık yönetimi hem de gıda fiyatlarını etkilememesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında belirlenen gıda endüstrilerinde (meyve suyu, bitkisel yağ ve et), üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atık potansiyeli ve bu atıklardan üretilebilecek teorik biyoyakıt (biyogaz, biyoetanol ve biyodizel) miktarları hesaplanmıştır.

MEYVE SUYU ENDÜSTRİSİ ATIKLARI VE BİYOYAKIT POTANSİYELİ

Meyve suyu üretiminden çıkan posa oldukça değerlidir. Ancak bu posanın mikrobiyel bozulmaya olan yatkınlığı proses sonunda derhal değerlendirilmesini veya uzaklaştırılmasını zorunlu kılmaktadır (17). Kimyasal bileşimi bakımından oldukça zengin olan posanın hayvan beslenmesinde kullanılanlar hariç önemli bir kısmı, kurutma ve depolama maliyeti yüksek olduğundan atık olmaktadır. Meyve suyu endüstrisi atıklarının biyoproseslerde substrat olarak kullanımı, atıklardan doğan kirlilik probleminin çözümü için önemli bir alternatiftir.

Meyve posalarının biyoetanol üretiminde kullanılmasıyla ilgili yapılan çalışmalar daha çok elma, üzüm ve portakal üzerine yoğunlaşmıştır (Çizelge 1). Elma, üzüm ve portakal suyu üretiminden sırasıyla ortalama %18, %28, %55 posa çıkmaktadır (18) Elma posası yüksek miktarda polisakkarit içermesinin yanında fruktoz, glukoz, sakkaroz gibi fermente edilebilir şekerleri de içerir (19). Hang vd. (1986) tarafından yapılan çalışmada elma posasına katı faz fermentasyonu uygulanarak etanol üretimi denenmiş ve etanol verimi ortalama 36 g etanol/kg atık olarak bulunmuştur. Üzüm posası ise üzüm suyu ve şarap üretiminin ilk basamağında elde edilen, kabuk, mayşe, çekirdek ve saptan oluşan bir atıktır. Selüloz, hemiselüloz, pektin gibi polisakkaritlerce zengindir ve bunlar ön işlemlerle fermente edilebilir şekerlere dönüştürülebilir (20). Katı faz fermentasyonu ile üzüm posasından etanol üretilen bir çalışmada verim 50 mg etanol/g atık olarak hesaplanmıştır (21). Sitrus meyvelerinin meyve suyuna işlenmesinden sonra ayrılan posanın büyük bir kısmını kabuk oluşturur. Selüloz ve pektince zengin olan kabuk ön işlemler yardımıyla biyoproseslerde kullanılabilir. Portakal posasının biyoetanol üretiminde kullanımında; öncelikle mayanın üremesini inhibe eden d-limonenin kabuktan uzaklaştırılması gerekmektedir (22). Bir ton sitrus meyve atığından 39.64 L (31.27 kg) etanol üretilmesi mümkündür (21). Kayısı ve şeftalinin meyve suyuna işlenmesinde çekirdek dışında %13-15 oranında posa ayrılmaktadır ve bu posa şeker, selüloz ve pektince zengin bir

posadır (23). Nar suyu üretiminden ise %55 oranında posa ayrılır. Kabuk, nar çekirdekleri (arıl) ve bazı organik maddelerden oluşan nar posası diyet lifi bakımından oldukça zengindir (24). Vişne suyu üretiminden ayrılan vişne posasının ise büyük bir kısmı çekirdek olmak üzere mayşe ve saptan oluşur ve şeker miktarı yüksektir.

Türkiye'nin Meyve Suyu Sanayisi Atık Durumu ve Atık Potansiyeli

Türkiye yılda 16.3 milyon ton meyve üretmekte ve dünya meyve üretiminde 6. sırayı alarak toplam

%70, %65, %80 nem içeriğine sahip olduğu varsayılmıştır. Kayısı, şeftali, vişne ve nar suyu üretiminden ayrılan posanın etanol üretimi amacıyla kullanılmasına ilişkin bir çalışmaya rastlanmadığından bu posaların kimyasal bileşimleri dikkate alınarak ortalama bir etanol verimi (25 g etanol/kg atık) kabul edilmiştir. Veriler ışığında 2010 yılında meyve suyu ve şarap üretiminden ayrılan posalar kullanılarak yaklaşık 7 bin ton (8.8 milyon L) biyoetanol üretilebileceği hesaplanmıştır

Çizelge 1. Türkiye’de 2010 yılı meyve üretimi ve potansiyel posa miktarı

Meyve	Üretim ¹	Meyve suyuna işlenen ¹	Randıman ²	Posa ³	Posa miktarı ⁴
Üzüm	4255	17.2	70-75	28	4.8
Elma	2600	376	80-85	18	67.7
Portakal	1710	53.8	40-50	55	29.6
Şeftali	539	95	60-70	14	13.3
Kayısı	476	36.5	65-70	14	5.1
Nar	208	78.7	35-55	55	43.3
Vişne	195	73.5	70-75	28	20.6

¹2010 yılı verileri, bin ton, ²Meyvelerin meyve suyu işleme randımanları (%) (18,23)

³ Posa miktarı randımandan yola çıkılarak ortalama olarak hesaplanmıştır (%)

⁴2010 yılı meyve suyu üretiminden ayrılan potansiyel posa miktarı (bin ton)

üretimin %3’ünü karşılamaktadır. Meyve suyu sanayisinin işlediği başlıca 7 meyve elma, vişne, kayısı, şeftali, portakal, nar ve üzümdür. Bu meyvelerin 2010 yılı üretim miktarları toplam 9.9 milyon ton ve meyve suyuna işlenen miktarları yaklaşık 731 bin tondur (Çizelge 1) (25). Meyve suyu sanayisine ek olarak ülkemizde üretilen üzümün %2’si şaraba işlenmektedir. Temelde şarap ve üzüm suyu üretiminden çıkan posa içeriği aynıdır (20). Türkiye’de, meyve suyu sektöründe üretilen toplam posa miktarı, meyve suyu prosesi sırasındaki randımanlar kullanılarak ve şarap sanayinden çıkan üzüm posası miktarı (25,5 bin ton) da dâhil edilerek yaklaşık 210 bin ton olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2)

Biyoyakıt Potansiyeli

Meyve suyu posalarından elde edilebilecek biyoetanol miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Hesaplamalarda elma, üzüm, portakal için literatürden bulunan etanol verimleri kullanılmıştır (21, 26). Bu değerler kullanılırken literatür verileri dikkate alınarak elma, üzüm ve portakal suyu üretiminden çıkan posaların sırasıyla yaklaşık

BİTKİSEL ATIK YAĞLAR VE BİYOYAKIT POTANSİYELİ

Biyodizel, günümüzde en çok araştırılan biyoyakıtlardan biridir. Üretimi diğer biyoyakıtlara oranla kolay olmasına rağmen, biyodizel endüstrisinin gelişmesinde hammadde tedariği sorun teşkil etmektedir. Yapılan çalışmalar, yağ maliyetinin %75’in üzerinde olabildiğini göstermiştir. Enerji, iş gücü ve ekipman için toplam maliyet % 15’den daha azdır (27). Bu nedenle, üretim maliyetini düşürmenin yolu, atık yağları veya düşük üretim maliyeti gerektiren bitkisel yağları hammadde olarak kullanmaktır. Kullanılmış atık yağların imhası önemli bir problemdir. Çevreyi tehdit eden bu problem, atık yağların fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılmasıyla, hem çevresel hem de ekonomik bir yarara dönüştürülebilir (28).

Akdeniz ülkelerinde oldukça yüksek miktarda zeytinyağı üretilmekte (29) ve buna bağlı olarak da önemli oranda pirina yağı ortaya çıkmaktadır. Yapılan son çalışmalarda, biyodizelin yağ asidi kompozisyonu ile pirina yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında bir ilişki olduğu

Çizelge 2. 2010 yılında meyve suyu ve şarap sanayisinden çıkan posa miktarı ve biyoetanol üretim potansiyeli

Meyve	Posa miktarı ¹	Biyoetanol verim ²	Potansiyel biyoetanol miktarı ¹
Üzüm	30.3	50	1.5
Elma	67.7	35.8	2.4
Portakal	29.6	31.3	0.9
Şeftali	13.3	25	0.3
Kayısı	5.1	25	0.1
Nar	43.3	25	1.1
Vişne	20.6	25	0.5
Toplam	209.9		6.9

¹ bin ton, ² kg/ton,

saptanmıştır (30). Çoğu araştırmacı, yüksek miktarda metil oleat içeren biyodizelin ateşleme kalitesi, yakıt stabilitesi, düşük sıcaklıkta akış özellikleri ve iyot sayısı ile bağlantılı olarak üstün özelliklere sahip olabileceğini belirtmiştir (31). Bu nedenle pirina yağı (%75'den daha fazla oleik asit içerir) özellikle sızma zeytinyağı endüstrisinde ikincil bir ürün olarak elde edilen ülkelerde, biyodizel üretimi için çok uygun bir hammadde olabilir (32). Atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel ile çok düşük sülfürlü dizel (ULSD) yakıtın egzoz emisyonu açısından karşılaştırıldığı bir araştırmaya göre; biyodizelin saldırdığı aerosol parçacık emisyonu, ULSD'den daha düşüktür. Cr, Cu, Fe, Zn ve Ni metalleri biyodizelin yanması sonucu yüksek konsantrasyonlarda ortaya çıkarken Co ve Cd metalleri de ULSD'de daha fazla ortaya çıkmıştır (33). Fosil kaynaklı dizel yakıtı, pirina yağı metil esterleri ve bunların karışımının kullanıldığı bir çalışmada; dizel yakıtı ile karıştırılmış pirina yağı metil esterinin herhangi bir modifikasyon olmadan dizel motorlarda kullanılabileceği ayrıca düşük sülfür ve aromatik bileşen içeriğinin avantaj olduğu vurgulanmıştır. Fosil kaynaklı dizel yakıtı, pirina yağı metil esterleri ve bunların karışımından oluşan dizel yakıtı arasında motor gücü açısından bir fark görülmemiştir (34). Petrodizel karışımı ve pirina yağı metil esterleri ile yanmış dizel motorunun gürültü ve hava kirliliklerinin karşılaştırıldığı bir araştırmada; dizel yakıtı yerine biyodizel kullanımının motor ses kalitesini artırdığı görülmüştür. Karışım içerisinde biyodizel oranının artması daha düşük hava ve gürültü kirliliğine ve aynı zamanda kabul edilebilir NO (azot monoksit) emisyonuna neden olmaktadır (32).

Türkiye'nin Bitkisel Atık Yağ ve Pirina Yağı Potansiyeli

Ülkemizde, 19.04.2005 tarihinde Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği'nin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürürlüğe koyulması ile birlikte bitkisel atık yağlar toplanmaya başlanmıştır. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü verilerine göre; ülkemizde her yıl ortalama 1.7 milyon ton bitkisel yağ tüketilmekte ve buna bağlı olarak yaklaşık 350 bin ton bitkisel atık yağ oluştuğu tahmin edilmektedir (35). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın kayıtlarına göre; 2010 yılında kayıt altına alınan toplam bitkisel atık yağ miktarı yaklaşık 111 bin tondur ve bunun 8 bin tonu kullanılmış kızartmalık yağ olarak belirtilmiştir. Bu bilgilere dayanarak

var olan 350 bin tonluk bitkisel atık yağ kapasitesinin 25 bin tonunun kullanılmış kızartmalık yağ olduğunu öngörebiliriz.

Pirina yağı Türkiye'de uygunluğu ve düşük maliyeti nedeniyle biyodizel üretimi için iyi bir potansiyel olarak değerlendirilebilir. Türkiye'de endüstriyel pirina yağı üretimi yaklaşık 12 bin tondur ve bu miktar dünyadaki endüstriyel pirina yağı üretiminin 1/3'dür (36).

Biyoyakıt Potansiyeli

Çizelge 3'te verilen kullanılmış kızartmalık yağ değeri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait 2010 yılı verisidir. Tahmini kullanılmış kızartmalık yağ miktarı ise yukarıda belirtilen varsayım üzerinden hesaplanmıştır. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, ülkemizde atık kızartmalık yağ ve pirina yağı kullanılarak toplam 17.2 bin ton biyodizel üretmek mümkündür. Ancak, atık kızartmalık yağ potansiyelinin tamamının kullanılması durumunda bu rakamın 33.5 bin tona çıkabileceği görülmektedir.

ET ENDÜSTRİSİ ATIK VE BİYOYAKIT POTANSİYELİ

Hayvansal üretim faaliyetlerindeki gelişmeler, atık bertaraf ve enerji üretim yöntemlerindeki yenilikler, hayvancılık ile yenilenebilir enerji sektörlerini ilişkilendirmiştir. 1900'lerin başından beri hayvan dışkı bertaraf ve hijyen sorununun çözümü için çalışmalar daha çok biyogaz üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, bu atıkların biyodizel üretiminde de kullanılabileceğini belirten çalışmalar mevcuttur (38). Biyogaz üretim teknolojisi, makul bir zaman diliminde ilk yatırım maliyetini geri ödeyen ve pahalı olmayan bir sistem olması nedeniyle birçok sektörde kullanılmaktadır. Biyogaz; ısı ve elektrik üretiminde kullanılabileceği gibi, ulaşım yakıtı olarak da değerlendirilebilmektedir (39). Et üretim faaliyetleri sırasında meydana gelen atıklar; yetiştiricilik, kesim ve et işleme aşamaları esnasında oluşmaktadır. Gerek yetiştiricilik sırasında oluşan atıklar (dışkı, yem artığı, ölü hayvanlar, atık su vb.) gerekse kesim ve işleme sırasında oluşan atıklar (bağırsak içeriği, yenilmeyen iç organlar, baş, deri, tüy vb. ve atık su) biyogaz üretimi için elverişli hammaddelerdir. Bu atık türlerinin birbirinden ayrımı çoğu kez mümkün değildir ayrıca entegre tesislerin varlığı da bu ayrımı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle et sektöründe atık potansiyeli değerlendirilirken bu aşamaları birbirinden ayırmamak gerekir. Buna ek olarak protein ve yağ içeriği yüksek hayvansal atıklar

Çizelge 3. Kullanılmış kızartmalık yağ ve pirina yağından elde edilebilecek biyodizel potansiyeli

Hammadde	Miktar ¹	Verim	Biyodizel Potansiyeli ¹
Kullanılmış kızartmalık yağ	8 (2010)	% 95 (37)	7.6
Pirina yağı	12 (2012)	% 80 (34)	9.6
Tahmini kullanılmış kızartmalık yağ	25.2	% 95 (37)	23.9

¹bin ton

için en uygun anaerobik fermantasyonun, düşük nitrojen ve lipit içerikli yardımcı substrat kullanımı (yem artığı, altlık malzemesi gibi) ile olduğu rapor edilmiştir. Ko-fermantasyon olarak da tanımlanan "birlikte fermantasyon" yönteminin biyogaz verimini arttırırken, yüksek konsantrasyonda amonyak ve uçucu bileşiklerin birikimi ile ilgili sorunları azalttığı gözlenmiştir (40-44).

Kırmızı ve beyaz et üretim faaliyetleri birbirinden farklılık göstermektedir. Beyaz et sektöründe, özellikle 1970’li yıllardan sonra ticari mahiyette işletmelere dönüşen tavukçulukta, daha fazla entegre tesis mevcuttur. Tavuk kesimi çoğunlukla işleme tesislerinde gerçekleştirildiğinden kesim ve işleme atıkları birlikte elde edilmektedir. Kırmızı et sektöründe ise kesim (genellikle mezbahalarda) ve işleme (üretim tesislerinde) daha çok birbirinden bağımsız bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Et sektöründe ortaya çıkan atıkların bertarafında biyogaz üretimi önemli iki avantaja sahiptir. Birincisi, ciddi bir atık oluşturan pis su, biyogaz üretim sisteminde fermantasyon materyalinin toplam katı madde içeriğini azaltmada değerlendirilebilir (45). Sadece kesim sırasındaki su tüketiminin büyükbaş için 10 lt/kg ve tavuk için 30 lt/adet olduğu düşünülürse oluşan atık suyun bir kısmını bu amaçla kullanmak bir avantaj olarak düşünülebilir (46, 47). İkinci olarak ise anaerobik fermantasyon sonrasında geriye kalan katı kısım (digestat), toprak düzenleyicisi (organik iyileştirici) ve düşük dereceli bir gübre (biyogübre) olarak kullanılabilir (39).

Türkiye’de biyogaz çalışmaları 1957 yılında başlamasına rağmen 2000’li yıllara kadar gelişme gösterememiştir (48). Son yıllarda kamu desteklerinin artması biyogaza olan ilgiyi tekrar arttırmış, tesis kurulumu, maliyet hesabı ve ülke potansiyeli konularında birçok çalışma yapılmıştır. Gıda sektöründe işletme halinde olan 17 adet biyogaz tesisi mevcuttur (49). Türkiye, sadece hayvan atıkları ile çalışabilecek, 2000 adet biyogaz tesisi kapasitesine sahiptir. Fakat şu anda ülkede 36’sı çalışmakta olan toplam 85 biyogaz tesisi bulunmaktadır (50).

Türkiye’nin Hayvansal Atık Durumu ve Atık Potansiyeli

Bu çalışmada, hayvancılık atıkları; büyükbaş ve kümes hayvancılığı atıkları olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilmiş ve toplam atık

potansiyeli hesaplanırken, yetiştiricilik ve kesim-işleme sırasında oluşan atıkların toplamı dikkate alınmıştır. Yetiştiricilik sırasında oluşan atık miktarının hesaplanmasında toplam hayvan sayısı, kesim sonucu oluşan atıklar içinse kesilen hayvan sayısı kullanılmıştır (Çizelge 4).

Bir sığır günde yaklaşık 37.5 kg dışkı üretir. Manda için de aynı değer öngörülebilir (49). Çiftliklerden toplanan büyükbaş hayvan atığının içinde yem, saman vb. artığı da bulunmaktadır. Fakat toplam miktar konusunda herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu sebeple büyükbaş hayvanlar için yetiştiricilik atığının sadece dışkı üretiminden kaynaklandığı varsayılabilir. Büyükbaş yetiştiriciliğinden elde edilen toplam dışkının yalnızca %65’i kullanılabilirken kanatlı yetiştiriciliğinde bu oran %99’a ulaşmaktadır (51). Kesim sonucu manda ve sığırlarda canlı ağırlığın yaklaşık %50’si kadar ticari olmayan atık oluşur. %25’i rendering için uygun olan bu atığın geri kalanı ise bertaraf edilmelidir (52). Kesim atığının hesaplanmasında sığır (1000 kg) ve manda(600 kg) için ortalama canlı ağırlıklar kullanılmıştır.

Türkiye’de kanatlı sektöründe etlik piliç, yumurtalık piliç, hindi, kaz ve ördek yetiştirilmesine rağmen etlik piliç yetiştiriciliği tek başına sektörü temsil edecek durumdadır. Dolayısıyla bu çalışmada atığın sadece etlik piliç yetiştiriciliği ve kesiminden kaynaklandığı varsayılmıştır. Etlik piliç yetiştiriciliği sırasında kullanılan altlık malzemesi nedeniyle kümes atıkları, dışkıya ek olarak tüy, yem artığı ve altlık materyali de içerir. Oluşan atık miktarı, kullanılan altlık malzemesi çeşidine, kanatlı sayısına, kümes temizleme sıklığına ve kümes büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte (53), piliç başına yaklaşık 6 kg olarak kabul edilebilir (54). Bir etlik pilicin ortalama canlı ağırlığının % 25’i kadar kesim atığı ortaya çıkar. Bir pilicin ortalama canlı ağırlığı 2 kg kabul edilirse kesimi ile ortaya çıkabilecek kesim atığı 0.5 kg/piliç olacaktır (55). Sığır, manda ve etlik piliç yetiştiriciliği ve kesimi sırasında oluşan atık miktarları Çizelge 4’te verilmiştir. Elde edilen verilere göre, Türkiye’de 2011 yılında kesilen hayvan sayısı temel alınarak hesaplanan potansiyel atık miktarı yaklaşık 118 milyon ton’dur.

Biyoyakıt Potansiyeli

Sığır gübresi 90-310 L/kg, kanatlı gübresi 310-620 L/kg (56), büyükbaş kesim atığı 400 L/kg ve

Çizelge 4. 2011 yılında kesilen hayvan sayısı ve üretilen atık miktarı

Hayvan sayısı			Üretilen atık miktarı ¹	
Sığır	Toplam	12386337	Yetiştiricilik atığı	110199.7
	Kesilen	2571765	Kesim atığı	642.9
Manda	Toplam	97632	Yetiştiricilik atığı	868.6
	Kesilen	7255	Kesim atığı	1.1
Etlik Piliç	Toplam	964000000	Yetiştiricilik atığı	5726.2
	Kesilen	964000000	Kesim atığı	482
			TOPLAM	117920.5

¹ bin ton/yıl

kanatlı kesim atığı ise 350 L/kg biyogaz verimine sahiptir (49). Sığır gübresi, kanatlı gübresi, büyükbaş ve kanatlı kesim atığı kullanılarak üretilen biyogazın metan oranları %60 ile %65 arasındadır (49). Biyogazın kalorifik değeri 6.5 kWh/m³ biyogaz, elektrik üretim verimliliği %38.5 ve ısı üretim verimliliği %44'tür (57). Sığır, manda ve etlik piliç yetiştiriciliği ve kesimi sırasında oluşan atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı Çizelge 5'te verilmiştir. Veriler ışığında, Türkiye'de et endüstrisi atıkları kullanılarak yılda yaklaşık 25.3 milyar m³ biyogaz üretilebileceği hesaplanmıştır.

GENEL DEĞERLENDİRME

7 Temmuz 2012 tarihli 28346 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan tebliğ uyarınca bazı benzin türlerinin en az %3 oranında biyoetanol içermesi zorunlu hale getirilmiştir. Petrol Sanayi Derneği 2012 yılı raporuna göre benzin tüketimi yaklaşık 2.5 milyar litredir. Bu tüketim için harmanlanması zorunlu etanol miktarı 75 milyon litredir. Ülkemizde meyve suyuna işlenen başlıca meyveler dikkate alındığında, 2010 yılında meyve suyu ve şarap üretiminden ayrılan posalar kullanılarak üretilebilecek biyoetanol miktarı yaklaşık 7 bin tondur (8.8 milyon L). Bu miktar harmanlama için gerekli olan etanolün %11.8'ini karşılamaktadır. Ancak unutulmamalıdır ki, bu çalışmada yalnızca meyve suyu ve şarap üretiminden ayrılan posaların biyoetanol potansiyeli değerlendirilmiştir. Dondurulmuş gıda ve şeker endüstrisi atıklarının yanı sıra hasat sonrası tüketilemeyecek durumdaki meyve ve sebzelerin, biyoetanol üretimi bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.

Biyodizel hammaddesi açısından incelendiğinde, ülkemizde 2010 yılında toplanan kullanılmış kızartmalık yağ miktarı yaklaşık 8 bin ton'dur ve bu yağdan yaklaşık 7.6 bin ton biyodizel elde edilebileceği düşünülmektedir. Ancak, kullanılmış kızartmalık yağ potansiyelinin yaklaşık 25 bin ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktar hesaba katılırsa biyodizel üretiminin yaklaşık 3 kat artacağı hesaplanmıştır. Prina yağının da hammadde olarak kullanılabilirliği de düşünülürse toplamda yıllık 33.5 bin ton biyodizel üretilebileceği bulunmuştur. T.C Enerji Piyasası Denetleme Kurumu'nun 2011 yılı

Petrol Piyasası Sektör Raporu'na göre Türkiye'deki motorin satış miktarı yaklaşık 15 milyon tondur. Atık yağlardan elde edilebilecek biyodizel miktarı, bu rakamın yanında oldukça düşüktür. Ancak 1 L atık yağın doğada 1 milyon L temiz su kaynağını kirlettiği düşünülürse, atık yağların bu şekilde bertaraf edilmesi biyoyakıt üretiminden daha çok çevre açısından büyük önem taşımaktadır.

Et endüstrisi atıkları incelendiğinde 2011 yılında potansiyel atık miktarının yaklaşık 118 milyon ton olduğu hesaplanmıştır. Bu miktardan yaklaşık 25.3 milyar m³ biyogaz üretilebilir. Belirtilen biyogaz miktarının tamamı elektrik üretiminde kullanılırsa 63.3 TWh elektrik enerjisi üretimi mümkündür. TÜİK'e göre Türkiye'nin 2011 yılı elektrik tüketimi yaklaşık 229 TWh'tir. En çok elektrik tüketen iller sırasıyla İstanbul (32.7 TWh), İzmir (16.4 TWh), Kocaeli (11.5 TWh) ve Ankara (10.3 TWh)'dir. Buna göre et endüstrisi atıkları kullanılarak üretilebilecek elektrik, yıllık elektrik tüketiminin % 27'sini veya en çok elektrik tüketen bu illerin toplam tüketiminin %90'ını karşılayabilecek potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Bu çalışma ile Türkiye'deki meyve suyu, et ve yağ endüstrileri ile evsel yağ atıklarının büyük bir biyokütle ve biyoenerji potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ancak, bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilirken atıkların toplanması, işlenmesi, tesisin kurulumu, nakliye ve depolama maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Meyve suyu işletmelerinin farklı bölgelerde yer almaları, atık yağların büyük miktarının evsel kaynaklı olması ve et üretim tesislerinin dağınık, çoğunluğun küçük ölçekli olması gibi olumsuzluklar atıkların toplanmasının ve değerlendirilmesinin önündeki en büyük engeldir.

SONUÇ

Bu çalışmada gıda endüstrisi atıklarının ciddi bir biyokütle ve biyoyakıt potansiyeli olduğu ortaya konulmuştur. Bir yılda üretilen meyve suyu, bitkisel yağ ve et endüstrisi atık miktarları sırasıyla 209.9 bin ton, 111.3 bin ton ve 118 milyon tondur. Bu atıklardan 6.9 bin ton biyoetanol, 33.5 bin ton biyodizel ve 25.3 milyar m³ biyogaz elde edilebilir.

Çizelge. 5 2011 verilerine göre hesaplanan biyogaz ve enerji üretim potansiyelleri

	Üretilen biyogaz miktarı ¹	Üretilen metan miktarı ¹	Üretilen toplam enerji miktarı ²	Elektrik üretimi ²	Isı üretimi ²
Sığır 3	22039.9	14326	143259.6	55154.9	63034.2
	257.2	154.3	1671.6	643.6	735.5
Manda	173.7	104.2	1129.2	434.7	496.9
	0.4	0.3	2.8	1.1	1.2
Etlik Piliç	2662.7	1597.6	17307.3	6663.3	7615.2
	168.7	101.2	1096.6	422.2	482.5
TOPLAM	25302.6	16283.6	164467.2	63319.9	72365.5

¹ milyon m³/yıl, ² GWh/yıl, ³ Sığır, manda ve piliç gruplarında ilk satır yetiştiricilik atığı miktarı, ikinci satır ise kesim atığı miktarı kullanılarak hesaplanan değerleri vermektedir.

Gıda atıkların enerji üretiminde kullanılması; depolama sorununun çözümü, doğal kaynakların korunması, sürdürülebilirlik ve ekonomiye katkı sağlanması açısından önemlidir. Böylece ulusal mevzuata ve AB müktesebatına uygun atık yönetimi gerçekleştirilirken atıkların kaynağında değerlendirilmesi ve katma değer yaratılması ile işletmenin rekabet gücünde artış sağlanabilir. Bu sebeplerle biyokütlesel yenilenebilir enerji kaynaklarına daha çok önem verilmeli ve gıda endüstrisi atıkları bu bakış açısıyla değerlendirilmelidir. Bu çalışma gıda endüstrisi atıklarından biyoyakıt eldesine genel bir bakış açısı sağlamak amacıyla ortaya konulmuştur. Ülkemizde bu konunun detaylı bir şekilde ele alınarak atık veri tabanının oluşturulmasına, biyoyakıt verimlerinin belirlenmesine, maliyet ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu bağlamda araştırmacılara, özel sektöre, kamu kurum ve kuruluşlarına büyük sorumluluk düşmektedir.

KAYNAKLAR

- Altıkat S, Çelik A. 2012. Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. *Iğdır Uni Fen Bilimleri Enst Der* 2(1): 61-66.
- Demircioğlu C. 2003. Türkiye İçin Sürdürülebilir Enerji Çevre Politikaları. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye. 197 s.
- Demirbas AH, Demirbas I. 2007. Importance of rural bioenergy for developing countries. *Energy Convers Manage*, 48(8): 2386-2398.
- Mansourpoor M, Shariati A. 2012. Effect of mixture of alcohols on biodiesel properties which produced from waste cooking oils and compare combustion performance and emissions of biodiesels with petrodiesel. *Adv Environ Sci*, 4(3): 153.
- MMO. 2012. Türkiye'nin Enerji Görünümü. Genişletilmiş İkinci Baskı. TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.
- Haggerty AP. 2010. *Biomass crops : production, energy, and the environment*. Nova Science Publisher's, Hauppauge, N.Y., 323 s.
- Klass D. 1998. *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Academic Press, San Diego, USA, 651 s.
- İşçi A, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyokütle Dönüşümleri lisanüstü dersi notları, 2013: Basılmamış.
- Diya'uddeen BH, Abdul Aziz AR, Daud WMAW, Chakrabarti MH. 2012. Performance evaluation of biodiesel from used domestic waste oils: a review. *Process Saf Environ Prot*, 90(3): 164-179.
- Abbasi T, Tauseef SM, Abbasi SA. 2012. Biogas and Biogas Energy: An Introduction. In *Biogas Energy*, Abbasi T. (baş editör), Springer, New York, pp. 1-10.
- Üçgül İ, Akgül G. 2010. Biyokütle Teknolojisi. *Journal of YEKARUM*, 1(1): 3-11.
- McGowan T. 2009. *Biomass and alternate fuel systems : an engineering and economic guide*. John Wiley & Sons Hoboken, New York, 264 s.
- Brown RC. 2003. *Biorenewable resources : engineering new products from agriculture*. Iowa State Press, Ames, Iowa, 286 s.
- EPA. 2009. Wastes - Hazardous Waste - Waste Types. (Erişim Tarihi 04.05.2014); <http://www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/characteristic.htm>.
- UNEP. 2009. Solid Waste Manual.(Erişim Tarihi 04.05.2014); <http://www.cep.unep.org/issues/solid%20waste%20manual/SOLID%20WASTE%204%20&%205%20ENGLISH.pdf>.
- GKGM. 2012. Türkiye’de Hayvansal Kaynaklı Ürünleri İşleyen Tarım-Gıda Tesisleri için bir Modernizasyon Planının Hazırlanması. Türkiye Gıda Güvenliği Teknik Yardım Programı Gıda İşletmelerinin Modernizasyonuna İlişkin İhtiyaç Değerlendirmesi (Erişim Tarihi 01.05.2013); <http://www.setbir.org.tr/ana/rapor.asp?uid=21>.
- Carson KJ, Collins JL, Penfield MP. 1994. Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient. *Journal of Food Science*, 59(6): 1213- 1215.
- Cemeroğlu B. 2004. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, Türkiye, 670 s.
- Gull n B, Falqué E, Alonso JL, Paraj JC. 2007. Evaluation of apple pomace as a raw material for alternative applications in food industries. *Food Technology and Biotechnology*, 45(4): 426-433.
- Zheng Y, Lee C, Yu C, Cheng Y-S, Simmons CW, Zhang R, Jenkins BM, VanderGheynst JS. 2012. Ensilage and Bioconversion of Grape Pomace into Fuel Ethanol. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(44): 11128-11134.
- Pourbafrani M, Forgács G, Horváth IS, Niklasson C, Taherzadeh MJ. 2010. Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. *Bioresource Technology*,101(11): 4246-4250.
- Wilkins MR, Widmer WW, Grohmann K. 2007. Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. *Process Biochemistry*, 42: 1614-1619.
- Ekşi A, Artık N. 1982. Kayısı ve şeftali palper posası ile atılan besin ögesi miktarı. *GIDA*, 3: 99-102.
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Martín-Sánchez A, Sánchez-Zapata E, Fernández-L pez J, Sandra E, Sayas-Barberá E, Navarro C, Pérez-Ivarez JA. 2012. Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum L.*) bagasses powder co-product. *Journal of Food Engineering*, 110(2): 220-224.
- Akdağ E. 2011. Türkiye Meyve Suyu v.b. Ürünler Sanayi Raporu. MEYED, Türkiye.
- Hang Y, Lee C, Woodams E. 1986. Solid-state fermentation of grape pomace for ethanol production. *Biotechnology letters*, 8(1): 53-56.

27. Du Z, Tang Z, Wang H, Zeng J, Chen Y, Min E. 2013. Research and development of a sub-critical methanol alcoholysis process for producing biodiesel using waste oils and fats. *Chinese J Catal*, 34(1): 101-115.
28. Patil PD, Gude VG, Reddy HK, Muppaneni T, Deng S. 2012. Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation processes. *J Environ Prot*, 3(1): 107-113.
29. Che F, Sarantopoulos I, Tsoutsos T, Gekas V. 2012. Exploring a promising feedstock for biodiesel production in Mediterranean countries: A study on free fatty acid esterification of olive pomace oil. *Biomass Bioenergy*, 36: 427-431.
30. Knothe G. 2008. "Designer" biodiesel: optimizing fatty ester composition to improve fuel properties. *Energy Fuels*, 22(2): 1358-1364.
31. Ramos MJ, Fernández CM, Casas A, Rodríguez L, Pérez . 2009. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresour Technol*, 100(1): 261-268.
32. Redel-Macias M, Pinzi S, Leiva D, Cubero-Atienza A, Dorado M. 2012. Air and noise pollution of a diesel engine fueled with olive pomace oil methyl ester and petrodiesel blends. *Fuel*, 95: 615-621.
33. Betha R, Pavagadhi S, Sethu S, Hande MP, Balasubramanian R. 2012. Comparative in vitro cytotoxicity assessment of airborne particulate matter emitted from stationary engine fuelled with diesel and waste cooking oil-derived biodiesel. *Atmos Environ*, 61: 23-29.
34. Çaynak S, Gürü M, Biçer A, Keskin A, İçingür Y. 2009. Biodiesel production from pomace oil and improvement of its properties with synthetic manganese additive. *Fuel*, 88(3): 534-538.
35. Anonim. 2010. Bitkisel Atık Yağların Yönetimi. (Erişim Tarihi 25.07.2013); http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/yayinlar/kitap/bitkisel_atik_yaglarin_yonetimi_kitapci.pdf.
36. Yücel Y. 2012. Optimization of biocatalytic biodiesel production from pomace oil using response surface methodology. *Fuel Process Technol*, 99: 97-102.
37. Al-Hasan MI. 2013. Biodiesel production from waste frying oil and its application to a diesel engine. *Transport*, 28(3): 276-289.
38. Toscano L, Montero G, Stoytcheva M, Campbell H, Lambert A. 2011. Preliminary assessment of biodiesel generation from meat industry residues in Baja California, Mexico. *Biomass Bioenergy*, 35(1): 26-31.
39. Anonim. 2010. Bioheat, Biopower and Biogas Developments and Implications for Agriculture. OECD.
40. El-Mashad HM, Zhang R. 2010. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresour Technol*, 101(11): 4021-4028.
41. Marañón E, Castrillón L, Quiroga G, Fernández-Nava Y, Gómez L, García M. 2012. Co-digestion of cattle manure with food waste and sludge to increase biogas production. *Waste Manag*. 32(10):1821-5.
42. Anonim. 2010. Guide to Biogas From Production to Use. (Erişim Tarihi 20.07.2013); http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf.
43. Avula RY, Nelson HM, Singh RK. 2009. Recycling of poultry process wastewater by ultrafiltration. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 10(1): 1-8.
44. Kavaklı M, Civan Z. 1997. Türkiye'de Su Kullanımı, Atık suları Geri Kazanma ve Yeniden Kullanma Uygulamaları. Su ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı (Erişim Tarihi 20. 04.2013); http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/996535e07258a7b_ek.pdf?dergi=178.
45. Topaloğlu B, İmren V. 2011. Samsun İlinde Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği. Samsun Sempozyumu, Samsun.
46. DBFZ. 2011. Türkiye'de biyogaz yatırımları için gerekli koşulların ve potansiyelin değerlendirilmesi. Türkiye'de Hayvansal Atıkların Biyogaz Yoluyla Kaynak Verimliliği Esasında ve İklim Dostu Kullanımı Projesi (Erişim Tarihi 01.04.2013); http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz_turkiye_biyogaz_potansiyel_raporu.pdf.
47. Anonim. 2011. Anaerobic Digestion Report Turkey's Situation in Biogas. IEA Bioenergy Task 37 (Erişim Tarihi 17.12.2013); <http://www.iea-biogas.net/country-reports.html>.
48. Başçetinçelik A. 2006. A Guide On Exploitation Of Agricultural Residues in Turkey. *Agro-Waste Exploitation Of Agricultural Residues in Turkey Project, EU- Life Programme Project, Project No: LIFE03 TCY/TR/000061*
49. Banks C, Wang Z. 2006. Treatment of Meat Wastes. In Waste treatment in the food processing industry, Wang L.K. (baş editör), CRC Press, USA, pp. 67-100.
50. Menjoulet B. 2011. Urban Chicken Manure Management. (Erişim Tarihi 17.12.2013); [http://extension.missouri.edu/webster/backyardchickens/UrbanChickenManureManagement-BrieMenjoulet\(ScreenVersion\).pdf](http://extension.missouri.edu/webster/backyardchickens/UrbanChickenManureManagement-BrieMenjoulet(ScreenVersion).pdf).
51. Çaycı G, Kütük C, Soba MR.2011. *Etlik Piliç Gübrelerinin Türkiye Tarımındaki Önemi ve Kullanım Uygulamaları. I. Uluslararası Beyaz Et Kongresi*. Antalya. p. 82.
52. Aydın A, Demirulus H. 1996. Tavukçuluk Artık ve Atık Maddelerinin İşlenerek Çevre Kirliliğinin Azaltılması. *Ekoloji*, (19): 22-26.
53. EİE.2013.Biyogaz Üretiminde Kullanılan Organik Atık/Artık Hammaddeler. (Erişim Tarihi06.11.2013); http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/01-biyogaz/bg_hammadde.html.
54. Tolay M, Yamankaradeniz H, Yardımcı S, Reiter R. 2008. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.

TAHILLARDA SİNAPİK ASİT

Hüseyin Boz*

Atatürk Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Erzurum

Geliş tarihi / Received: 20.05.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 01.07.2014

Kabul tarihi / Accepted: 08.07.2014

Özet

Tam tane tahıllar diyet lifi, vitaminler, mineraller ve birçok biyoaktif bileşenler için iyi bir kaynaktır. Biyoaktif bileşenler tahıllar ve tahıl ürünleri gibi birçok gıdada küçük miktarlarda bulunan ekstra beslenme bileşenleridir. Bu maddeler insan sağlığına oldukça faydalıdır ancak insan vücudu için esansiyel değildir. Ferulik asit, sinapik asit ve p-koumarik asit tahıllarda en yaygın olarak bulunan fenolik asitlerdir. Sinapik asit tahıl tanesinin dış tabakalarında lokalize olmuş bir sinamik asit türevidir. Antioksidan, antimikrobiyel, antiinflamatuar ve antikanser etkiye sahip olan sinapik asit tahıllarda önemli biyoaktif bileşenlerden biridir. Sinapik asit ve türevlerinin güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle gıda işleme, kozmetik sanayi ve ilaç endüstrisinde kullanımı önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Tam tane tahıllar, biyoaktif bileşen, sinapik asit, antioksidan aktivite

SINAPIC ACID IN CEREALS

Abstract

Whole grain cereals are a good source of dietary fiber, vitamins, minerals and bioactive compounds. Bioactive compounds are extra nutritional compounds that typically occur in small quantities in many foods such as cereals and cereal products. These substances are very beneficial to human health but are not essential for the human body. Common phenolic acids found in the grain products were ferulic acid, sinapic acid, and p-coumaric acid. Sinapic acid is a cinnamic acid derivative and is concentrated in the outer layers of the grain. Sinapic acid is one of important bioactive compounds in cereals and shows antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and anticancer activity. Mainly due to sinapic acid and its derivatives antioxidative activity, these compounds have been suggested for potential use in food processing, cosmetics, and the pharmaceutical industry.

Keywords: Whole-grains, bioactive compound, sinapic acid, antioxidant activity

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ huseyinboz@atauni.edu.tr,

☎ (+90) 442 231 5187,

☎ (+90) 442 231 5348

GİRİŞ

Son yıllarda yapılan çalışmalar tahılların tam un olarak tüketiminin insan sağlığı açısından çok daha faydalı olduğunu göstermektedir. Tam tahıl tüketiminin özellikle kardiovasküler hastalıklar, tip-II diyabet, metabolik sendrom ve kolon kanseri riskini önemli düzeyde düşürdüğü vurgulanmaktadır.

Sağlıklı diyetler için tam tahıl içeren gıdaların tüketimi tavsiye edilmektedir. Tam tahıl ürünlerinin sağlığa faydalı özelliklerinin yüksek düzeyde diyet lifi, vitamin, mineral ve antioksidan içermelerine ek olarak düşük kaloriye sahip olmalarıyla ilişkilendirilmektedir. Tam tahıl ürünleri fenolik maddeler içeren çeşitli fitokimyasallara da sahiptirler ve bu fenolik maddelerin tahıl ürünlerinin antioksidan aktiviteye sahip ana bileşenleri olduğu belirtilmektedir (1, 2). Tahıl tanelerinde büyük oranda perikarp tabakasında lokalize olan fenolik maddeler (3-5), bir veya daha fazla hidroksil grubu ile bir benzen halkası içeren bileşenler olarak tanımlanmaktadır. (6). Tahıl tanelerinde en yaygın olarak bulunan fenolik maddeler fenolik asitler ve flavonoidlerdir (7).

Fenolik asitler hidroksibenzoik asit ve hidroksisinnamik asit türevleri olmak üzere iki grup altında değerlendirilirler ve hem serbest hem de bağlı formda bulunabilirler (7-9). Hidroksisinnamik asitler sinamik asitlerin hidroksi ve metoksi türevleri olan koumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asitlerdir. Meyveler, sebzeler ve tahıl ürünleri zengin hidrosisinnamik asit kaynaklarıdır (10-12). Sinapik asit 3,5-dimetoksi-4-hidroksisinnamik asittir ve hem serbest olarak hem de ester formda bitkisel ürünlerde rastlayabilmek mümkündür (13). Hidroksisinnamik esterleri ya şeker esterleri olarak ya da çeşitli organik bileşenlerin esteri olarak bulunabilirler (14, 15).

Antioksidan özelliği ferulik asitten daha yüksek olan sinapik asit (16), bitki ve bitkisel ürünlerin çoğunda bulunabilen gıda, içecek ve kozmetik sanayinde oldukça geniş kullanım alanına sahip olan bir asittir. Özellikle son yıllarda sinapik asit ve türevlerinin (sinapin, 4-vinilsyringol, sinapol esterleri, syringaldehid) çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduklarına dikkat çekilmektedir. Sinapik asidin antimikrobiyel, antikanser ve anti-inflamatuar etki gösterdiği vurgulanırken, 4-vinilsyringolün

güçlü bir antimitojenik ajan, sinapin'in ise asetilkolinesteraz inhibitörü oldukları bildirilmektedir (15).

Bu çalışmanın amacı konu ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalarını derleyerek sinapik asidin yararları üzerinde durmaktır.

Tahıllar ve Tahıl Ürünlerinde Sinapik Asit

Tahılların önemli düzeyde sinapik asit içerdiği bildirilmektedir. Çavdarda ferulik asitten sonra en fazla bulunan hidroksisinnamik asidin sinapik asit olduğu ve toplam fenolik asit miktarının yaklaşık %10'a tekabül ettiği belirtilmektedir (17). Yulaf çeşitlerinde sinapik asit içeriğinin 56.05 µg/g (18), tam buğday ununda yaklaşık 63 mg/kg düzeyinde olduğu belirlenmiştir (8). Çizelge 1'de bazı tahıl ve ürünlerinin sinapik asit miktarı verilmiştir.

Çizelge 1: Bazı tahıl ve ürünlerinin sinapik asit içerikleri (8)

Tahıllar ve ürünleri	Sinapik asit (mg/kg)
Çavdar unu	120±12
Tam çavdar unu	130±13
Çavdar kepeği	480±30
Çavdar ekmeği	74±5.1
Tam buğday unu	63±3.6
Rafine buğday unu	8.0±0.01
Buğday kepeği	200±32
Rafine buğday ekmeği	6.9±0.88
Arpa unu	11±1.7
Yulaf kepeği	90±18
Yulaf gevreği	55±2.4
Mısır unu	57±2.9

Çizelge 1 incelendiğinde tahılların kepek kısmının sinapik asit bakımından diğer kısımlara kıyasla daha zengin olduğu görülmektedir. Tahılların endosperm kısmının diğer biyoaktif bileşenlerde olduğu gibi sinapik asit bakımından da oldukça fakir olduğu, sinapik asitçe zengin bir diyet için tahılların kepeği ile birlikte tüketilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Tahıl Fraksiyonlarında Sinapik Asit

Tahıl tanelerinin farklı fraksiyonlarının bileşiminin de farklı olduğu bilinmektedir. Örneğin tanenin endosperm kısmı nişasta bakımından zengin iken, kepek kısmı ise diyet lifi ve mineral bakımından öne çıkmaktadır. Tahıl tanelerinde sinapik asidin tanenin merkezinde değil de kabağa yakın kısımlarında lokalize olduğu belirtilmektedir (Çizelge 2). Tahıl çeşidi olarak değerlendirildiğinde arpada perikarp, buğdayda

germ, yulaf ve mısırdaki ise aleuron fraksiyonlarının sinapik asit bakımından zengin oldukları görülmektedir. Çalışmada kullanılan dört farklı tahıl (arpa, buğday, yulaf ve mısır) çeşidi içerisinde mısırın en yüksek düzeyde sinapik asit içerdiği görülmektedir.

Çizelge 2. Tahıl fraksiyonlarının ortalama sinapik asit içeriği ($\mu\text{g/g}$) (19)

	A	B	Y	M
Tam tane	51	66	57	133
Perikarp	125	200	124	465
Aleuron	113	245	178	1956
Germ	-	403	-	146

A: Arpa, B: Buğday, Y: Yulaf, M: Mısır

Antioksidan Etkisi

Günümüzde fenolik bileşenler gibi doğal antioksidanların fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanımı oldukça yaygındır (20, 21). Doğal antioksidanların reaktif oksijen türlerinden kaynaklanan oksidatif zararı önleme veya erteleme gibi özelliklerinin olduğu bilinmektedir (22). Tahıl tanelerinde perikarp, testa gibi dış tabakaların antioksidan bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiş, yüksek düzeyde doğal antioksidan içeren tanenin bu kısımlarının gıdaların üretiminde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (5). Gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan ısı işlemi, pastörizasyon, fermantasyon ve dondurma gibi işlemlerin bağlı olarak bulunan fenolik asitlerin serbest hale geçmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (23).

Sinapik asidin ferulik asitten daha güçlü bir antioksidan olduğu bildirilmektedir. Materska and Perucka (24) yaptıkları çalışmada ferulik ve sinapik asitlerin antioksidan aktivitelerinde karboksil grubundaki hidrojenin önemli role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Hidroksisinnamik asitlerin antioksidan etkinliğinin aromatik yapıdaki hidroksil fonksiyonlara ve yapısal özelliklerine bağlı olduğu bildirilmiştir. Ayçiçeği yağının triağılglicerollerinde (0.02–0.2 g/kg) sinapik asidin 90 °C'de 22 °C'den daha yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu (25), 90 °C ile 130 °C sıcaklık aralığında sinapik asidin antioksidan aktivitesinin protokateşuik asitten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (26, 27). Ayrıca sinapik asit ve esterlerinin antioksidan aktivitelerinin ferulik asitten yüksek olmasını sinapik asidin daha fazla metoksi grup içermesine bağlamışlardır.

İşleme Şartlarına Dayanıklılığı

Gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan işlemlerin gıda bileşenlerini etkilediği bilinmektedir. Fenolik bileşenlerin işleme sırasında stabil olmadığı bildirilmektedir (28). Özellikle enzimatik aktivite ve sıcaklıktaki artış gibi faktörlerin fenolik antioksidanlarda yıkıma neden olduğu belirtilmektedir (29, 30).

Genel olarak fenolik asitlerin gıda işleme şartlarına dayanıklı olduğu ancak yüksek sıcaklık ve pH'nın aktivitelerini olumsuz etkileyen en önemli faktörler arasında yer aldığı ifade edilmektedir (31). Tahılların malt haline getirilmesinin serbest fenolik asit içeriğinde artışa neden olduğu belirlenmiştir (32). Tam buğday unu içeren fırın ürünlerinde yapılan bir çalışmada serbest fenolik asit miktarı yüksek, bağlı fenolik asit miktarı ise düşük olarak tespit edilmiş, bu değişikliğin nedeni olarak bağlı formda bulunan fenolik asitlerin ısı işleminin etkisi ile serbest hale geçmeleri gösterilmiştir (33). Kek ve bisküvi gibi tahıl ürünlerinde fenolik asitlerin, yağ içermeyen ve su içeriği daha yüksek olan ekmeklere kıyasla daha dayanıklı olduğu belirlenmiş ve fenolik asitlerin bu dayanıklılığı, yağ içeren fırın ürünlerinde daha sınırlı düzeyde oksidasyona maruz kalmaları ile ilişkilendirilmiştir (33, 34). Diğer taraftan bütün fenolik asitlerin antioksidan aktivitelerinin sıcaklıktaki artışla azaldığı ve 150 °C'de fenolik asitlerin aktivite gösteremediği belirlenmiştir (35).

180 °C'de ısıtma sırasında fitosterollerin korunmasında doğal ve sentetik antioksidanların etkileri araştırılmış ve sinapik asidin yağ esaslı gıdalarda oldukça geniş kullanım alanına sahip sentetik antioksidan olan BHT'den daha etkili olduğu belirlenmiştir (36).

Sağlık Açısından Önemi

Tahılların içerdiği serbest fenolik asitlerin perikarp tabakasının dış kısmında (8, 37), bağlı fenolik asitlerin ise hücre duvarlarında ester olarak bulunduğu bildirilmektedir (38, 39). Tam tahıl tanelerinin sağlığa faydalı etkileri serbest ve bağlı formda içerdiği fitokimyasallardan kaynaklandığı ve bu fitokimyasalların çoğunun hücre duvarı materyallerine bağlı, çözünmez formda oldukları için sindirimlerinin oldukça zor olduğu belirtilmektedir. Sindirimi oldukça zor olan hücre duvarı materyallerinin üst gastrointestinal sistemden geçerek kolona ulaşabileceği ve antioksidan içeren

bir ortam sağlayabileceği bildirilmektedir. Örneğin tahıl kepeğinden elde edilmiş hidroksisinnamik asitler sayesinde instestinal mukozaya ve mikroflora kaynaklı gastroinstestinal esterazın serbest kalabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden tam tahıl ve ürünlerinin tüketiminin kolon kanseri riskini önemli düzeyde düşürebileceği ifade edilmektedir (9).

Tip-2 diyabetin bütün dünyada en büyük sağlık problemlerinden biri olduğu bildirilmektedir. Gelecek on yıl içerisinde mevcut 336 milyon tip-2 diyabet hastası sayısının 552 milyona yükseleceği tahmin edilmektedir. Yapılan araştırmalar tam tahıl içeren ürünlerin tüketiminin tip-2 diyabet riskini %20-30 oranında düşürdüğünü göstermektedir (40). Diyabetik hayvanlarda yapılan çalışmalarda sinapik asidin antihiperglisemik etkisinin olduğu ve kan glikoz seviyesini düşürdüğü belirtilmektedir (41). Diyabetik farelerde yapılan bir çalışmada sinapik asidin kan üre, serum kreatinin ve ürik asit değerlerinde azalmaya, toplam protein ve albümin değerlerinde ise artışa neden olduğu belirlenmiştir (42).

Bitkilerde hücre membranlarının bileşenleri olarak fitosterollerin kolesterol absorpsiyonuna etkileri nedeniyle toplam serum ve LDL kolesterol seviyelerinde azalmaya neden oldukları, fenolik bileşiklerin ise fitosterollerin koruyucu etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (15).

Fenolik bileşiklerin, lipid peroksidasyon zincir reaksiyonunun radikal süpürücüleri olarak çalıştığı, vücutta reaktif serbest radikal türlerine bir elektron vererek onların hücredeki potansiyel zararlı zincir reaksiyonlarını nötralize ettikleri bildirilmektedir (43).

Antimikrobiyel Etkisi

Gıdalarda mikrobiyel kontaminasyon gıdanın sadece raf ömrünün kısalmasına ve bozulmasına neden olmaz aynı zamanda insanlarda hastalıklara ve büyük ekonomik kayıplara da neden olabilmektedir (22, 44). Hidroksisinnamik asitlerin gıda kaynaklı patojenlere ve bütün dünyada önemli sağlık sorunlarına ve ölümlere neden olan metisilin dirençli *Staphylococcus aureus*'a karşı yüksek düzeyde antimikrobiyel etkiye sahip oldukları bildirilmektedir (22).

Mikroorganizmaların konvansiyonel antibiyotiklere karşı dirençli hale gelmeleri halk sağlığı açısından

önemli bir sorun olduğu ve bu sorunun çözülebilmesi yeni antimikrobiyel özelliğe sahip maddelerin bulunabilmesiyle mümkün olabileceği düşünülmektedir (15, 22, 45). Sinapik asidin hem bitki hem de hayvansal patojenlere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirtilmektedir. Sinapik asidin birçok ürün çeşidinde bozulmaya sebep olan *Xylella fastidiosa*'ya; depolanmış meyvelerde çürümelere neden olabilen *Erwinia carotovora*'ya; *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogens*, *Pseudomonas fluorescens* gibi Gram negatif bakterilere, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus lactis* ve *Streptococcus cremoris* gibi Gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyel aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle sıvı kültürlerde % 0.6'lık sinapik asidin 48 saatlik inkübasyondan sonra canlı hücre sayısında %97.7 - 99.1 düzeyinde bir azalmaya neden olduğu belirtilmektedir (15). Bitkilerden elde edilen sinapik asit ekstraktlarının *Salmonella enterica*'ya karşı bakterisidal etki gösterdiği bildirilmektedir (46).

SONUÇ

Tam tahıl ürünlerinin düzenli olarak tüketilmesinin kardiovasküler hastalıklar, diyabetler ve kanser gibi birçok kronik hastalık riskini düşürdüğü bildirilmektedir. Tam tahılların insan sağlığına faydalı bu etkilerinin tahılların kepek ve germ fraksiyonlarında yoğunlaşmış sinapik asit gibi birçok biyoaktif maddeden kaynaklandığı belirtilmektedir. Bu nedenle ülkemizde beslenmede önemli bir yere sahip olan tahılların tam tahıl ürünü olarak tüketilmelerinin sağlık açısından büyük öneme sahip olduğu, antioksidan ve antimikrobiyel özelliklere sahip sinapik asidin çeşitli gıdalarda doğal koruyucu madde olarak kullanılabilmesi anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Abdel-Aal ESM, Choo TM, Dhillon S, Rabalski I. 2012. Free and bound phenolic acids and total phenolic in black, blue, and yellow barley and their contribution to free radical scavenging capacity, *Cereal Chem*, 89, 198-204.
2. Abdel-Aal ESM, Rabalski I. 2013. Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *J Cereal Sci*, 57, 312-318.

3. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménaz J. 2004. Polyphenols: Food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 79, 727-747.
4. Kim HJ, Hyun JN, Park JC, Kim JG, Lee SJ, Chun SC, Chung IM. 2007. Relation between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *J Agr Food Chem*, 55, 4802-4809.
5. Gamel TH, Abdel-Aal ESM. 2012. Phenolic acids and antioxidant properties of barley wholegrain and pearling fractions. *Agr Food Sci*, 21,118-131.
6. Dykes L, Rooney LW. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Food World*, 52(3):105-111.
7. Ragaee S, Seetharaman K, Abdel-Aal ESM. 2014. The impact of milling and thermal processing on phenolic compounds in cereal grains. *Crit Rev Food Sci*, 54, 837-849.
8. Mattila P, Pihlava JM, Hellström J. 2005. Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products. *J Agr Food Sci*, 53, 8290-8295.
9. Liu RH. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *J Cereal Sci*, 46, 207-219.
10. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jimenez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 9:727-47.
11. Budryn G, Rachwal-Rosiak D. 2013. Interactions of hydroxycinnamic acids with proteins and their technological and nutritional implications. *Food Rev Int*, 29, 217-230.
12. Gani A, Wani SM, Masoodi FA, Hameed G. 2012. Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits. *J Food Process Technol*, 3,146. doi:10.4172/2157-7110.1000146
13. Thiyama U, Stöckmanna H, Feldeb TZ, Schwarza K. 2006. Antioxidative effect of the main sinapic acid derivatives from rapeseed and mustard oil by-products. *Eur J Lipid Sci Tech*, 108, 239-248.
14. Li L, Shewry PR, Ward JL. 2008. Phenolic acids in wheat varieties in the health grain diversity screen. *J Agr Food Chem*, 56(21), 9732-9739.
15. Niciforovic N, Abramovic H. 2014. Sinapic acid and its derivatives: natural sources and bioactivity. *Compr Rev Food Sci F*, 13, 34-51.
16. Gaspar A, Martines M, Silva P, Garrido EM, Garrido J, Firuzi O, Miri R, Saso L, Borges F. 2010. Dietary phenolic acids and derivatives. Evaluation of the antioxidant activity of sinapic acid and its alkyl esters. *J Agr Food Chem*, 58, 11273-11280.
17. Bondia-Pons I, Aura AM, Vuorela S, Kolehmainen M, Mykkanen H, Poutanen K. 2009. Rye phenolics in nutrition and health. *J Cereal Sci*, 49, 323-36.
18. Chen CY, Milbury PE, Kwak HK, Collins FW, Samuel P, Blumberg JB. 2004. Avenanthramides and phenolic acids from oats are bioavailable and act synergistically with vitamin C to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *J Nutr*, 134, 1459-66.
19. Ndolo VU, Beta T. 2013. Comparative studies on composition and distribution of phenolic acids in cereal grain botanical fractions. *J Cereal Chem*, <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-10-13-0225-R>
20. Bengmark S, Mesa MD, Gil A. 2009. Plant-derived health: The effects of turmeric and curcuminoids. *Nutr Hosp*, 24, 273-281.
21. Soory M. 2009. Relevance of nutritional antioxidant in metabolic syndrome, ageing and cancer: potential for therapeutic targeting. *Infect Disord Drug Targets*, 9, 400-414.
22. Lee DS, Woo JY, Ahn CB, Je JY. 2014. Chitosan-hydroxycinnamic acid conjugates: Preparation, antioxidant and antimicrobial activity. *Food Chem*, 148, 97-104.
23. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem*, 50, 4959-4964.
24. Materska M, Perucka I. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *J Agr Food Chem*, 53,1750-1756.
25. Marinova EM, Yanishlieva NV. 2003. Antioxidant activity and mechanism of action of some phenolic acids at ambient and high temperatures. *Food Chem*, 81, 189-197.

26. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Bio Med*, 20(7), 933- 956.
27. Razzaghi-Asl N, Garrido J, Khazraei H, Borges F, Firuzi O. 2013. Antioxidant properties of hydroxycinnamic acids: a review of structure-activity relationships. *Curr Med Chem*, 15, 4436-4450.
28. Talcott ST, Howard LR, Brenes C. H. 2000. Contribution of periderm material and blanching time to the quality of pasteurized peach puree. *J Agr Food Chem*, 48, 4590-4596.
29. Rossi M, Giussani E, Morelli R, Lo Scalzo R, Nani R C, Torreggiani D. 2003. Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Res Int*, 36, 999-1005.
30. Nayak B, Liu RH, Tang J. 2013. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables and grains - A review. *Crit Rev Food Sci*, <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2011.654142>
31. Dimberg LH, Sunnerheim K, Sundberg B, Walsh K. 2001. Stability of oat avenanthramides. *Cereal Chem*, 78, 278-281.
32. Hübner F, Arendt EK. 2013. Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review. *Crit Rev Food Sci*, 53, 853-861.
33. Andersson AAM, Dimberg L, Åman P, Landberg R. 2014. Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye. *J Cereal Sci*, 59, 294-311.
34. El-Sayed MAA, Rabalski I. 2013. Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *J Cereal Sci*, 57, 312-318.
35. Réblová Z. 2012. Effect of temperature on the antioxidant activity of phenolic acids. *Czech J Food Sci*, 30, 171-177.
36. Kmiecik D, Korczak J, Rudzinska M, Kobus-Cisowska J, Gramza-Michalowska A, Hes M. 2011. β -Sitosterol and campesterol stabilisation by natural and synthetic antioxidants during heating. *Food Chem*, 128,937-42.
37. Subba Rao, MV, Muralikrishna G. 2002. Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet (Ragi, Eleusine coracana Indaf-15). *J Agr Food Chem*, 50, 889-892.
38. Robbins RJ. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J Agr Food Chem*, 51, 2866-2887.
39. Kim, KH, Tsao R, Yang R, Cui SW. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chem*, 95, 466-473.
40. Belobrajdic DP, Bird AR. 2013. The potential role of phytochemicals in wholegrain cereals for the prevention of type-2 diabetes. *Nutr J*, 12, 62. <http://www.nutritionj.com/content/12/1/62>
41. Cherng YG, Tsai CC, Chung HH, Lai YW, Kuo SC, Cheng JT. 2013. Antihyperglycemic action of sinapic acid in diabetic rats. *J Agr Food Chem*, 61, 12053-12059.
42. Wilson JS, Ganesan K, Palanisamy M. 2011. Effect of sinapic acid on biochemical markers and histopathological studies in normal and streptozotocin induced diabetes in wistar rats. *Int J Pharm Pharm Sci*, 3(4), 115-120.
43. Voung QV, Hirun S, Philips PA, Chuen TLK, Bowyer MC, Goldsmith CD, Scarlett, CJ. 2014. Fruit-derived phenolic compounds and pancreatic cancer: Perspectives from Australian native fruits. *J Ethnopharmacol*, 152, 227-242.
44. Zeng WC, Zhu RX, Jia LR, Gao H, Zheng Y, Sun Q. 2011. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oil from *Gnaphlium affine*. *Food Chem Toxicol*, 49, 1322-1328.
45. Gibbons S. 2005. Plants as a source of bacterial resistance modulators and anti-infective agents. *Phytochem Rev*, 4, 63-78.
46. Johnson ML, Dahiya JP, Olkowski AA, Classe HL. 2008. The effect of dietary sinapic acid (4-hydroxy-3, 5-dimethoxy-cinnamic acid) on gastrointestinal tract microbial fermentation, nutrient utilization, and egg quality in laying hens. *Poultry Sci*, 87, 958-963.

Author Instructions

GIDA (2009) 34 (1): 59-63

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Author Instructions

Manuscript Submission and Copyright Release Form

GIDA (2009) 34 (1): 67

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Manuscript Submission and Copyright Release Form

Final Check List

GIDA (2009) 34 (1): 68

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Final Check List

can be reached from those addresses. Authors must read carefully the author instructions and prepare the manuscript accordingly.