

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÜLKEMİZDE ENDÜSTRİYEL ÜRETİMİ OLMAYAN BİR MAKARNA  
ÇEŞİDİNİN MİKRODALGA-VAKUM KURUTMA TEKNOLOJİSİ  
KULLANILARAK ÜRETİM SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE İŞLETİM  
PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU**

**Mine ÖZÇELİK**

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2012**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÜLKEMİZDE ENDÜSTRİYEL ÜRETİMİ OLMAYAN BİR MAKARNA ÇEŞİDİNİN  
MİKRODALGA-VAKUM KURUTMA TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK ÜRETİM  
SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE İŞLETİM PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU

Mine ÖZÇELİK

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ALPBAZ

Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi gıda sanayinde ve farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde kurutma ihtiyacı duyan birçok endüstri alanında halen yaygın olarak geleneksel (sıcak hava) kurutma tekniği kullanılmaktadır. Ancak kullanılan bu teknik, enerji verimliliği, kurutulan ürünün kalitesi, proses süresince ürünün ve prosesin kontrolü, üründe meydana gelen deformasyonlar, kurutma süresi, operasyonun güvenliği, yanmış gazlar vb. nedenlerden dolayı çevre kirlenici özellikleri de düşünüldüğünde günümüzde yerini yavaş yavaş yeni kurutma teknolojilerine bırakmaya başlamıştır. Geleneksel sıcak hava kurutma tekniği homojen olmayan bir kurutma meydana getirir. Bunun başlıca sebebi, konveksiyonla ürün yüzeyine transfer edilen ısının, ürünün düşük termal iletkenliği dolayısıyla iç kısımlarına aynı verimlilikte iletilmemesidir. Gıda materyallerinin düşük termal iletkenliklerinden dolayı, konveksiyon ile kurutma ile gıdanın iç kısmında ısı transferi sınırlıdır. Bu problemin ortadan kaldırılması için gıdaların kurutulmasında mikrodalga kurutucular kullanılmaya başlanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmada, ülkemizde henüz endüstriyel üretimi olmayan dolgulu makarnanın mikrodalga vakum kurutma tekniği kullanılarak üretilmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışma, tasarlanan pilot ölçekli üretim sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ürünün nem içeriği, toplam yağ içeriği, tekstür özellikleri ve lezzeti kriter olarak kullanılmıştır. Kullanılan dolgu reçeteleri Nuh'un Ankara Makarnası San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge laboratuvarında hazırlanmıştır. Üretilen makarnalar pastörizasyon basamağından sonra mikrodalga vakum kurutucu ile % 33-35 nem içeriğinden % 10-12 neme düşürülmüştür. Deneme yanılma metodu kullanılarak, deneyler sırasında yapılan gözlemler ile kurutma parametreleri değiştirilmiş ve optimum ürüne ulaşılmıştır. Dolgulu makarna üretimi için mikrodalga vakum kurutma tekniği çok başarılı bulunmuştur.

**Haziran 2012, 161 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Mikrodalga vakum kurutucu, makarna analizleri, kurutma hızı, dielektrik özellikler, dolgulu makarna.

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **PASTA PRODUCTION SYSTEM DESIGN WITH MICROWAVE-VACUUM DRYER TECHNOLOGY WHICH IS NOT UTILIZED IN OUR INDUSTRIAL APPLICATION AND OPTIMIZATION OF OPERATION PARAMETERS**

Mine ÖZÇELİK

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Chemical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ALPBAZ

Drying, an industrial process, is commonly used in food production and several other commercial production sectors. At the present time, many industrial applications, which require drying, often use the traditional “hot-air blowing” technique. However, when the energy efficiency, process control, product quality control, process time, safety, adverse effects of the process on the product, and adverse effects of process emissions on the environment are considered, traditional hot-air blowing has been gradually replaced by novel drying technologies. Drying with hot-air blowing gives rise to non-uniform drying of the food product because the heat convected to the product surface is poorly conducted in the product body due to low thermal conductivity of the food material. In order to prevent such a problem (i.e., non-uniform drying), the use of microwave dryers has become common in the food industry.

In the present experimental study, we aimed to produce a “filled pasta”, whose industrial production is currently not available in Turkey, by using microwave-vacuum drying technique. The experimental work was conducted at a pilot scale by using the designed production system. Humidity level, fat content, texture, and taste of the product were considered as criteria for evaluation. Filler material and pasta were prepared in the R&D laboratory of Nuh’un Ankara Pasta Factories, Inc., Ankara, Turkey. Following the pasteurization stage, humidity level of the pasta products decreased from 33-35% to 10-12% in the microwave-vacuum drying stage. By using trial and error method, drying parameters were adjusted to get an optimum quality in the final product. Microwave vacuum drying was determined to be a very successful technique for filled pasta production.

**June 2012, 161 pages**

**Key Words:** Microwave vacuum dryer, pasta analysis, drying rate, dielectric properties, filled pasta.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bana ışık tutan, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek çalışmalarına yön veren, engin fikirleriyle yetişme ve gelişme katkıda bulunan çok saygıdeğer danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa ALPBAZ'a (Ankara Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı),

Çalışmalarında bilgi ve tecrübesiyle bana ışık tutan, çalışmalarına yön veren ve çalışmalarım sırasında önemli katkıları bulunan, desteğini benden bir an olsun esirgemeyerek ilmi ve manevi desteğini hep hissettiren çok saygıdeğer hocam Prof. Dr. Hale HAPOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı),

İş hayatımın ilk gününden bugününe manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübesini paylaşarak beni yetiştiren ve bu projeye inanarak gerçekleşmesini maddi, manevi her yönden destekleyen başarımın mimarlarından çok saygıdeğer Nuh'un Ankara Makarnası Sanayi ve Ticaret A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı M. Feridun HABOĞLUNA'na,

Çalışmamı gerçekleştirebilmem için sistemin temin edilmesi ve deneylerin gerçekleştirilmesinde maddi ve manevi destek olan çok saygıdeğer Nuh'un Ankara Makarnası San. Ve Tic. A.Ş. Yönetim Kurulu üyelerine,

Çalışmalarım boyunca sonsuz manevi desteği ile her zaman yanımda olan, bilgi, tecrübe ve sağduyusundan yararlandığım desteğini bir an olsun benden esirgemeyen aramızdaki mesafe farkını gözetmeksizin ihtiyacım olan her anda benden değerli vaktini bir an bile esirgemeyen Makine Yüksek Mühendisi, Oklahoma Üniversitesi Havacılık ve Makine Mühendisliği Bölümü, Amerika Birleşik Devletleri'nde doktora yapan canım ağabeyim Orhan ÖZÇELİK'e,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu çalışmam esnasında da bana sevgileriyle moral veren canım aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mine ÖZÇELİK  
Ankara, Haziran 2012

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
3. KURAMSAL TEMELLER .....	14
3.1 Makarna Üretim Teknolojisi Hakkında Genel Bilgiler .....	14
3.2 Klasik Makarna Üretimi .....	15
3.3 Dolgulu Makarna Üretimi .....	16
3.4 Kurutma İle İlgili Temel Prensipler .....	16
3.4.1 Kurutma hız eğrileri .....	16
3.4.2 Sabit hız devresi .....	18
3.4.3 Kritik nem dönemi ve azalan hız devresi .....	18
3.5 Kurutma Hız Mekanizmaları .....	19
3.5.1 Sıvı difüzyon mekanizması .....	19
3.5.2 Buhar difüzyon mekanizması .....	20
3.5.3 Kapiler akım mekanizması .....	20
3.5.4 Değişken buharlaşma düzlemi .....	21
3.5.5 Ağırlık kuvveti .....	21
3.6 Kurutma Mekanizmaları .....	21
3.6.1 Sabit sıcaklıkta desorpsiyon .....	22
3.6.2 Serbest suyun taşınımı .....	22
3.6.3 Buhar taşınımı .....	23
3.6.4 Bağlı suyun taşınımı .....	24
3.6.5 Kütle ve ısı eşitlikleri .....	25
3.7 Kurutma Sistemleri ve Endüstride Uygulama Alanları .....	26

3.7.1 Kurutulmuş maddenin hava ile temasına göre kurutucuların sınıflandırılması .....	26
3.7.2 Çalışma prensibine göre kurutucuların sınıflandırılması .....	27
3.7.3 Kurutulacak maddenin özelliklerine göre kurutucuların sınıflandırılması ..	29
<b>4. DONDURARAK VE VAKUM İLE KURUTMA TEKNİĞİ .....</b>	<b>32</b>
4.1 Dondurarak Kurutma Tekniği .....	32
4.2 Vakumla Kurutma Tekniği .....	34
<b>5. MİKRODALGA VE MİKRODALGA-VAKUM İLE KURUTMA TEKNİĞİ .</b>	<b>36</b>
5.1 Mikrodalga Fırınların Tasarımı .....	37
5.2 Isıtma Prosesi .....	38
5.3 Permittivite ( $\epsilon$ ) ve Kayıp Faktörü .....	40
5.4 Mikrodalga Isıtmayı Etkileyen Faktörler .....	41
5.5 Gıda Endüstrisinde Mikrodalga Uygulamaları .....	45
5.6 Mikrodalga İle Isıtmanın Avantajları .....	48
5.7 Mikrodalga Vakum İle Kurutma .....	49
<b>6. DENEY SİSTEMİ VE ÇALIŞMA YÖNTEMİ .....</b>	<b>54</b>
6.1 Dolgulu Makarna Üretimi Akım Şeması .....	54
6.2 Deney Sistemi .....	55
6.3 Optimum Dolgulu Makarnanın Hazırlanması İçin Deney Yöntemi .....	60
6.4 Uygulanan Analiz Metotları .....	62
6.4.1 İrmikte yapılan analizler .....	62
6.4.1.1 Yaş gluten miktarı ve gluten indeks değerinin belirlenmesi.....	62
6.4.1.2 Glutograf analizi ve gluten yayılma oranının belirlenmesi.....	62
6.4.2 İrmikte ve dolgulu makarnada yapılan analizler .....	62
6.4.2.1 Nem tayini.....	62
6.4.2.2 Protein miktarının belirlenmesi.....	62
6.4.2.3 Kül miktarının belirlenmesi.....	63
6.4.2.4 Renk tayini.....	63
6.4.3 Dolgulu makarnada yapılan analizler .....	64
6.4.3.1 Pişme sırasında suya geçen madde miktarı (pişme kaybı).....	64
6.4.3.2 Pişmiş makarnada tekstür analizi.....	64
6.4.3.3 Asitlik tayini.....	66

6.4.3.4 Toplam yağ miktarı tayini (Soxhelet metodu).....	66
6.4.4 Suda analiz edilen parametreler ve kullanılan metotlar .....	68
<b>7. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>69</b>
<b>7.1 Sabit Vakum Basıncı 25 mbar ve 3 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen</b>	
<b>Mikrodalga Güç Yoğunluğunda Yapılan Kurutma Deneyleri.....</b>	<b>72</b>
<b>7.2 Mikrodalga Güç Yoğunluğunda 0.5 kW ve 3 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen</b>	
<b>Vakum Basıncında Yapılan Kurutma Deneyleri .....</b>	<b>87</b>
<b>7.3 Sabit Vakum Basıncı 25 mbar ve 5 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen</b>	
<b>Mikrodalga Güç Yoğunluğunda Yapılan Kurutma Deneyleri.....</b>	<b>92</b>
<b>7.4 Sabit Vakum Basıncı 20 mbar ve 5 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen</b>	
<b>Mikrodalga Güç Yoğunluğunda Yapılan Kurutma Deneyleri.....</b>	<b>97</b>
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>114</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>120</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>124</b>
<b>EK 1 İrmikte yapılan Glutograf analizi grafiği, Brabender Glutograph</b>	
<b>E cihazı ile .....</b>	<b>126</b>
<b>EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri.....</b>	<b>128</b>
<b>EK 3 Aromsa Besin Aroma ve Katkı Maddeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.</b>	
<b>duyusal analiz sonuçları.....</b>	<b>160</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>161</b>

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\epsilon'$	Dielektrik sabiti
$\epsilon''$	Dielektrik kayıp faktörü
AACC	American Association of Cereal Chemists
AD	Air drying
CPET	Crystalline Polyethylene Terephthalate
DC	Direct current
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
EVOH	Etilen vinil alkol
FAO	Food and Agriculture Organization
FD	Freeze Drying
GHz	Thousand cycles per second
HAD	Hot Air Drying
k.m.	Kuru maddede
k.t.	Kuru temelde
kW	Kilowatt
MD	Mikrodalga
MDVK	Mikrodalga vakum kurutucu
MHz	Million cycles per second
MW	Microwave
MWHA	Microwave hot air
MWVD	Microwave vacuum dryer
MÖ	Milattan önce
N.A.M.	Nuh'un Ankara Makarnası San. Ve Tic. A.Ş.
PLC	Programmable Logic Controller
RF	Radio Frequency
SHF	Super High Frequency
TMSD	Türkiye Makarna Sanayicileri Derneği
TS	Türk Standartları
VD	Vacuum drying



$\frac{d_v}{d_t}, \frac{d_w}{d_t}$	Kurutma hızı
%YAĞ	Numunenin yağ yüzdesi
$m_{\text{toplam}}$	Boş kap ağırlığı ve ekstrakt toplam ağırlığı (g)
$m_{\text{numune}}$	Boş kap ağırlığı (gr)
$m_{\text{numune}}$	Numune ağırlığı (gr)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Sabit kuruma şartları altında kuruma .....	17
Şekil 3.2 Sabit kuruma şartları altında tipik bir kuruma eğrisi .....	17
Şekil 3.3 Tepsi tipi kurutucu .....	28
Şekil 3.4 Döner kurutucu .....	29
Şekil 5.1 Elektromanyetik dalga spektrumu .....	37
Şekil 5.2 Mikrodalga vakum kurutucu akım şeması .....	50
Şekil 5.3 Mikrodalga vakum kurutucu .....	50
Şekil 5.4 Havuç dilimlerinin hava (AD) , mikrodalga vakum (MWVD) ve dondurarak kurutma (FD) dehidratasyon eğrileri .....	51
Şekil 5.5 25 °C de havuç dilimlerinin hava (AD) , mikrodalga vakum (MVD) ve dondurarak kurutma (FD) rehidratasyon eğrileri .....	52
Şekil 6.1 Dolgulu makarna üretimi için tasarlanan akım şeması .....	54
Şekil 6.2 Deney sistemi (a), (b) makarna makinesi, (c) pastörizasyon cihazı, (d) mikrodalga vakum kurutucu.....	55
Şekil 6.3 Mikrodalga vakum kurutucu sistem bileşenleri (Kontrol panosu, MWVD, vakum pompası) .....	57
Şekil 6.4 Mikrodalga vakum kurutucu şematik diyagramı .....	57
Şekil 6.5 Mikrodalga vakum kurutma grafiği .....	58
Şekil 6.6 Mikrodalgaları üreten magnetronun tasarımı .....	58
Şekil 6.7 Wavecat programı kullanılarak yapılan örnek kurutma deneyi grafiği .....	59
Şekil 6.8 (a) Belt sistemi ve (b) yarı açık drum sistemi.....	61
Şekil 6.9 Dumatherm dumas hızlı azot protein cihazı .....	63
Şekil 6.10 Konica minolta CR-410 spektrofotometre.....	64
Şekil 6.11 (a) Tekstür cihazı ve (b) kramer kesme aparatı, (TA.HD Plus Stable Micro Systems,UK).....	65
Şekil 6.12 Hidroliz işlemi .....	66
Şekil 6.13 Toplam yağ tayini için kullanılan ekstraksiyon cihazı .....	67
Şekil 7.1 Dolgulu makarna bağlantı yeri kalınlığı ölçüm noktası .....	72
Şekil 7.2 Her bir deney için kurutma sonunda ulaşılan son nem içeriği (%) (Hızlı nem ölçer cihazı ile etüv sonuçları birlikte verilmiştir) .....	104

Şekil 7.3 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların renk analizi L*	
değerleri .....	105
Şekil 7.4 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların renk analizi a*	
değerleri .....	106
Şekil 7.5 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların renk analizi b*	
değerleri .....	107
Şekil 7.6 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların tekstür analizi	
kuvvet (sertlik) (kg cinsinden) sonuçları .....	108
Şekil 7.7 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların tekstür analizi kesme	
için yapılan toplam iş (kg.dk cinsinden) sonuçları .....	109
Şekil 7.8 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların suya geçen madde	
miktarı (%) sonuçları .....	110
Şekil 7.9 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların toplam yağ içeriği	
(%) sonuçları .....	111
Şekil 7.10 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların ortalama	
ağırlıkları (g) .....	112
Şekil 7.11 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların ortalama et	
kalınlıkları (mm) .....	112
Şekil 7.12 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların ortalama bağlantı	
yeri et kalınlıkları (mm) .....	113

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Bazı maddelerin kritik nem içeriği .....	19
Çizelge 5.1 Gıda endüstrisinde mikrodalga uygulamaları .....	45
Çizelge 5.2 Mikrodalga vakum proseslerinin bazı kullanım alanları .....	53
Çizelge 6.1 Suda analiz edilen parametreler ve kullanılan metotlar .....	68
Çizelge 7.1 Deneylerde kullanılan irmik analizi sonuçları .....	69
Çizelge 7.2 Deneylerde kullanılan irmiğe ait glutograf analizi sonuçları .....	70
Çizelge 7.3 Deneylerde kullanılan su analizi sonuçları .....	70
Çizelge 7.4 Hedef ürüne ait analiz sonuçları .....	71
Çizelge 7.5 Hedef numuneye ait ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	71
Çizelge 7.6 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	73
Çizelge 7.7 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	73
Çizelge 7.8 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	74
Çizelge 7.9 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 2 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	75
Çizelge 7.10 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 2 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	75
Çizelge 7.11 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 2 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	76
Çizelge 7.12 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 3 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	77
Çizelge 7.13 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 3 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	77

Çizelge 7.14 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 3 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	78
Çizelge 7.15 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 4 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	79
Çizelge 7.16 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 4 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	79
Çizelge 7.17 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 4 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	80
Çizelge 7.18 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 5 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	80
Çizelge 7.19 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 5 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	81
Çizelge 7.20 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 5 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	81
Çizelge 7.21 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 6 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	82
Çizelge 7.22 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 6 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	82
Çizelge 7.23 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 6 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	83
Çizelge 7.24 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 7 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	84
Çizelge 7.25 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 7 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	84
Çizelge 7.26 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 7 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	85

Çizelge 7.27 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 8 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	86
Çizelge 7.28 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 8 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	86
Çizelge 7.29 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 8 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	87
Çizelge 7.30 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 9 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	88
Çizelge 7.31 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 9 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	89
Çizelge 7.32 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 9 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	89
Çizelge 7.33 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 10 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	90
Çizelge 7.34 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 10 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	91
Çizelge 7.35 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 10 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	91
Çizelge 7.36 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 11 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	92
Çizelge 7.37 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 11 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	93
Çizelge 7.38 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 11 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	93
Çizelge 7.39 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 12 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	94

Çizelge 7.40 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 12 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	95
Çizelge 7.41 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 12 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	95
Çizelge 7.42 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 13 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	96
Çizelge 7.43 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 13 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	96
Çizelge 7.44 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 13 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	97
Çizelge 7.45 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 14 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	98
Çizelge 7.46 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 14 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	98
Çizelge 7.47 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 14 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	99
Çizelge 7.48 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 15 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	100
Çizelge 7.49 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 15 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	100
Çizelge 7.50 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 15 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	101
Çizelge 7.51 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 16 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları .....	102
Çizelge 7.52 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 16 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları .....	102
Çizelge 7.53 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 16 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri .....	103

Çizelge 8.1 Deneylerin özelliklere göre en iyilerinin verildiği tablo .....	116
Çizelge 8.2 Aromsa duyuşal analiz sonuçları .....	117
Çizelge 8.3 En iyi olarak seçilme %'si ve duyuşal analizlere göre en iyilerin verildiği tablo .....	117



## 1. GİRİŞ

Kurutma, üründeki nemin belli bir sınır değerine gelinceye kadar uzaklaştırılması işlemidir. Gıda muhafazasının en eski yöntemidir. Sadece birkaç gün saklanabilen taze gıdalar kurutmadan sonra aylarca hatta yıllarca saklanabilir. Yığın ağırlığı azaltır böylece paketleme ve taşıma kolaylığı sağlanır. Hacimde de önemli ölçüde azalmalar sağlanarak depolama alanı gereksinimi azaltılmış olur.

Kurutma teknikleri; hava ile kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga destekli hava kurutma, mikrodalga vakum kurutma ve mikrodalga destekli dondurarak kurutma işlemlerini içermektedir. Kullanılan en yaygın yöntem hava ile kurutmadır. Dezavantajı uzun kuruma süreleri ve yüksek kurutma sıcaklıklarıdır. Kurutmanın çok önemli olduğu makarna sektöründe de sıcak hava ile kurutma kullanılmaktadır.

Ülkemizde henüz endüstriyel olarak üretilmeyen ancak dünyada çeşitli dolgu materyalleriyle zenginleştirilmiş makarnanın tüketimi giderek artmaktadır. Bu çalışmanın amacı; yüksek ürün kalitesi sunan, ürünün yapısal özelliklerini kaybetmeden daha kısa sürede ve homojen olarak kurutulmasını sağlayan mikrodalga vakum kurutma tekniği kullanılarak dolgulu makarna çeşidinin kurutulmasıdır.

Çalışmada Nuh'un Ankara Makarnası Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasından temin edilen makarnalık irmik kullanılmıştır. Firmanın Ar-Ge laboratuvarında kurulan pilot üretim sistemi ile firmaya özel olarak geliştirilmiş özel dolgu karışımları kullanılarak dolgulu makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Kurulan bu üretim sistemi firma adına 2011/02489 sayılı patent siciline kaydedilmiştir. Çalışma deneme yanılma yöntemi ile deneylerde yapılan gözlemlere bağlı olarak dolgu reçeteleri, mikrodalga gücü, mikrodalga kurutma boşluğu (microwave cavity) basıncı ve drum (döner kurutucu) dönüş hızı değiştirilerek maksimum ürün kalite ve lezzetinin elde edilmesiyle sistemin optimum işletim koşulları belirlenmiştir. Ürün kalitesi belirlenirken ürünün kimyasal ve fiziksel analizleri yapılarak hedef ürünün özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen ürünlere nem, kül, protein, toplam yağ, asitlik, suya geçen madde miktarı, renk ( $L^*,a^*,b^*$ ) ve tekstür analizleri uygulanmıştır. Elde edilmesi hedeflenen ithal ürüne de

aynı analizler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiş ve bir sonraki deney bu sonuçlar ışığında gerçekleştirilmiştir.

İncelenen özellikler deneme yanılmaya dayalı optimizasyon yöntemine göre değerlendirilerek en iyi ürün saptanmaya çalışılmıştır. Yapılan analizlerden analizlerde hedefe en çok yaklaşan beş deney numunesi seçilerek duyuşal testlerinin tarafsız panelistler tarafından değerlendirilmesi için Aromsa Besin Aroma ve Katkı Maddeleri Sanayi ve Ticaret A.ř. firmasına gönderilmiştir.

Tez kapsamında gerçekleştirilen mikrodalga vakum kurutma tekniği ile dolgulu makarna üretimi gerçekleştirilmiş ve ilgili sistem için optimum işletim şartları elde edilmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Drouzas ve Schubert (1996), yaptıkları çalışmada, muz dilimlerinin mikrodalga vakum kurutma tekniği ile kurutulmasının deneysel olarak araştırıldığını belirtmişlerdir. Konveksiyon ile kurutma yöntemindeki yüksek sıcaklığa maruz kalmadan dolayı ürünlerdeki bozulmayı önlemek için bu tür kurutma yönteminin tercih edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Muz dilimleri içerisinde mikrodalga gücü ile titreşim oluşturularak muzun kurutulması incelenmiştir. Materyalin sıcaklığı izlenmiştir. Mikrodalga kurutma ile oluşan sıcak noktalardan dolayı ürün yanmasını diye kurutmanın son aşamasındaki sıcaklık piklerinin maksimum seviyenin altında korunması kurutmanın avantajlı olduğunu göstermektedir.

Bu yöntem ile kurutulan ürünlerin tat, aroma, koku ve rehidrasyon yönünden incelendiğinde mükemmel kalitede olduklarını belirtmişlerdir.

Karagöz. (1997) yaptığı çalışmada, mikrodalga yardımıyla bant tipi bir kurutucuda kesme şekerin kurutulması üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada, var olan kurutma proseslerinden farklı olarak, mikrodalga kurutma enerjisi ile şekerin kurutulmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Mikrodalga kurutmanın diğer kurutma tipleri ile karşılaştırılıp avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Sanayinin farklı dallarında ürün üzerinde son işlem olarak yapılan kurutma işlemi şeker üretiminde de en son basamağı oluşturmaktadır. Bu amaçla kurutma işlemi şeker neminin paketlenme için istenilen seviyeye getirilmesi ve zararlı mikroorganizmalardan uzaklaştırılması amacıyla büyük önem taşımaktadır. Günümüzde mikrodalga teknolojisi hızla klasik kurutma tekniklerinin yerine alternatif oluşturmaktadır. Bu tekniğin en önemli özelliği enerjisini dalgasal olarak maddenin merkezine göndermesi ve böylece merkezden itibaren homojen bir ısınma sağlamasıdır. Çalışma sonucunda mikrodalga enerjisi ile kurutmanın, diğerlerine göre daha hızlı ve etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca deney sonucunda yapılan mikrobiyolojik analizlerde mikrodalgaın dezenfektan özelliği olduğu da görülmüştür. Birinci analizde 5 dakika olan kurutma süresi ikincide 10 dakikaya çıkartılmış ve mikroorganizmaların azaldığı tespit edilmiştir. Bu mikroorganizma azalmanın mikrodalga enerjisi ile kurutmada, zamana bağlı olduğu

sonucu ortaya çıkmıştır. Isıl işlem süresinin kısa olması ve bu sayede besin öğelerindeki kayıpların azalması mikrodalganın ısıl işlemlerde tercih edilmesinin nedenini oluşturmaktadır.

Drouzas ve Tsami (1999), yaptıkları çalışmada, model meyve jellerinin mikrodalga-vakum ile kurutulması üzerine çalışmışlardır. Portakal suyu konsantresini taklit etmesi amacıyla kullanılan model meyve jeli ile kurutma kinetiği deneylerinde, laboratuvar tipi bir mikrodalga-vakum kurutucu kullanılmıştır. Sistem 30-50 mbar vakum aralığında ve 640-710W mikrodalga güçlerinde çalıştırılmıştır. Fırının kavitesinde elektromanyetik alanın dağılımı, 5 farklı noktaya yerleştirilen numunelerin kuruma hızları kullanılarak belirlenmiştir. Kuruma hızı numunenin periyodik olarak tartılması ile belirlenmiştir. Tek katmanlı kuruma modelinin hız sabiti (K) deney verilerine yapılan regresyon analizi ile hesaplanmıştır. Kuruma sabitinin(K), mutlak basıncın ve sistemin mikrodalga gücünün bir fonksiyonu olarak hesaplanması için ampirik bir model sunulmuştur.

Maskan (2000), yaptığı çalışmada muz örneklerinin kurutulması üzerine çalışmıştır. Muz örnekleri farklı kalınlıklarda dilimlenerek ( $4.3 \pm 0.1777$ ,  $7.4 \pm 0.251$  ve  $14 \pm 0.492$  mm. kalınlıklarında) değişik kurutma rejimlerinde kurutularak kurutmanın etkilerini araştırmışlardır. Konveksiyon ( $1.45$  m/s ve  $60^{\circ}\text{C}$ 'de); mikrodalga (350, 490 ve 700 W güçlerinde) ve mikrodalgayı takiben konveksiyon ile (350 W'da, 4.3 mm kalınlıkta örnek) son kurutma gerçekleştirilmiştir. Muz dilimlerinin kurutulması düşen hızdaki kuruma periyodunda gerçekleştirilmiştir. Konveksiyon ile kurutma en uzun süren kurutma işlemi olmuştur. Yapılan bu çalışmada, yüksek güç seviyelerinde daha yüksek kuruma hızlarının elde edildiği görülmüştür. Mikrodalganın son kurutma olarak kullanıldığı çalışmada, konveksiyon ile kurutmanın süresini yaklaşık % 64.3 oranında kısalttığı saptanmıştır. Araştırmada deney verilerine uyması için fiziksel bir model kullanılarak ve mikrodalga sonlandırma verisi hariç tüm deneyler için iyi bir uyum elde edilmiştir. Bu çalışma ile mikrodalga ile son kurutması yapılan muzun renginin daha açık olduğu ve en yüksek rehidrasyon değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Maskan (2001), yaptığı çalışmada kivi meyvelerinin sıcak hava ve mikrodalga kurutma sırasındaki renk değişimlerinin kinetiğini incelemiştir. Kivi meyvelerindeki; sıcak hava

ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve sıcak havayı takiben mikrodalga ile son kurutma işlemlerinden kaynaklanan renk değişimlerinin kinetiği araştırılmıştır. Renk değişimlerinin kinetik parametreleri Hunter L-, a-, b- değerleri, doygunluk (chroma), ton (Hue), toplam renk farkı ve esmerleşme endeksi (Browning Index BI) değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Deneyleerde kurutma prosesinin renk parametrelerinin tümünü değiştirdiği (L, a, b) görölmüş ve rengin daha koyu bölgeye doğru kaymasına sebep olmuştur. Kurutma sırasında L ve b parametreleri düşerken, a değeri ise yükselmiştir. Hunter parametrelerinin mikrodalga kurutma işleminde daha çok etkilendiği görölmüştür. Renk değişimlerini tanımlamak için sıfırncı ve birinci mertebeden kinetik modellerin uygunluğu araştırılmıştır. Her iki model de L ve b verilerini uygun şekilde tanımlamış, fakat a değerleri ve  $\Delta E$  sıfırncı mertebe kinetiğe, sıcak hava mikrodalga kurumanın tüm değerleri ise birinci mertebe kinetiğe uyduğu görölmüştür.

Walde vd. (2002), yaptıkları çalışmada hazırlanan buğday numunelerinden yaklaşık 20'şer gram olarak ev tipi mikrodalga fırın ile 15 ile 150 dakika arasında farklı zaman aralıklarında ve 0.11 ile 0.23 kg su/kg kuru katı nem aralığında kurutma yapmışlardır. Numunelerin ortalama nem kaybının dakikada  $4.4-10.6 \times 10^{-4}$  kg su/kg kuru katı olduğu görölmüştür. Kuru numuneler yerli değirmen kullanılarak öğütölmüş ve öğütölmüş numuneler elek analizine bağlı olarak ortalama son parça büyüklüğü hesaplanmıştır. Öğütme karakteristiği Bond'un çalışma indeksine göre hesaplanarak değerlendirilmiştir. 120 dakikada kurutulan örnekler kontrol örneği ile karşılaştırıldığında gevrek ve öğütmek için daha az enerji tüketmiştir. Aynı eğilim 15 dakika yığın şeklinde kurutulan 1 kg buğday örneği (başlangıç nem içeriği 0.11 kuru temelde) kurutulmasına rağmen korunmuştur. Bond'un çalışma indeksi yığın örnek için eşit nem içeriğinin kontrolü için  $2.41 \text{ kWkg}^{-1}$ 'da karşılaştırıldığında 2.26 bulunmuştur. Çalışmalar aynı zamanda kurutma ve öğütme üzerine mikrodalga güç kaynağının etkisi üzerinde yapılmıştır ve ikinci üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur. Bu çalışmalar öğütme öncesinde buğdayın mikrodalga ile kurutulmasının değirmen sanayinin güç tüketimini azaltmaya yardımcı olduğunu göstermektedir. Mikrodalga kurutmanın toplam protein miktarını değiştirmediği, fakat proteinde fonksiyonel değişiklikler olduğu gluten ölçümlerinde belirgin olarak saptamışlardır.

Cui vd.(2004), yaptıkları çalışmada ince tabaka halindeki havuç dilimlerinin mikrodalga vakum ile kurutma kinetiği teorik bir model ile incelemişlerdir. Model duyulan ısı, latent ısı ve mikrodalga gücünden kaynaklanan ısı enerjisi tasarrufuna dayanmaktadır. Model, materyalin laboratuvar tipi mikrodalga vakum kurutucu boşluğunda dönerek kurutulması ile elde edilen verilerle test edilmiştir. Teorik ve deneysel veriler ile elde edilen kurutma eğrisi deneysel çalışmalar ile teorik modelin uyum içinde olduğunu göstermiştir. Ve kurutma hızının, kuru temeldeki nem içeriği  $X_s$  'in yaklaşık 2'ye kadar sabit olduğu görülmüştür.  $1 \leq X_s < 2$  iken, deneysel kurutma eğrisinde teorik kuruma eğrisinden çok az bir sapma görülmüştür.  $X_s < 1$  olduğunda, deneysel kuruma eğrisinde teorik kuruma eğrisinden keskin bir sapma olduğu görülmüştür. Teorik modelde  $X_s < 2$  periyodunda zamana karşı nem içeriğindeki değişim tahmin edildiğinde, düzeltme faktörü,  $\phi$ , lineer olmayan regresyon analizi ile elde edilmiştir. Araştırma geniş aralıkta mikrodalga gücü ve vakum basınç seviyelerini içermektedir. Teorik model ve deneysel verilerin her ikisinin de kuruma hızının mikrodalga güç çıkışıyla doğrusal olduğu saptanmışlardır.  $P$  vakum basıncı altında, suyun birinci mertebeden buharlaşma latent ısısının ise ters orantılı olduğunu göstermişlerdir.

Wang ve Xi (2005), yaptıkları çalışmada, havucun iki aşamalı mikrodalga prosesi kullanarak kurutma özellikleri ve kurutma kalitesi üzerine çalışmışlardır. Mikrodalga kurutma özellikleri ve kurutulmuş ürünün kalitesini araştırmak için deneyler gerçekleştirilmiştir. Kurutma sırasında değişen sürelerde birinci ve ikinci aşama mikrodalga gücü kullanan iki aşamalı bir mikrodalga güç sistemi kullanılmıştır. Bu çalışma havucun mikrodalga kurutma özelliklerini tanımlamaya ve numune kalınlığının, ilk aşamada uygulanan gücün, ikinci aşamada uygulanan gücün ve ilk aşama süresinin  $\beta$ -karoten içeriğine ve rehidrasyon (yeniden sulandırma) hızına etkisinin değerlendirilmesine yoğunlaşmışlardır. Numune kalınlığı düştükçe, güç seviyesi yükseldikçe ve yük kütlesi düştükçe, dehidrasyon (su kaybetme) hızının yükseldiği ve kurutma enerji tüketiminin düştüğü görülmüştür. Havucun mikrodalga ile kurutulması sırasında iki adet düşen hız periyodu vardır, ilk düşen hız periyodu 1.0 (kuru temelde) nem oranı üzerinde iken ikinci düşen hız periyodu ise 1.0 (kuru temel)'den daha düşük nem oranı için geçerli olmuştur. Nem oranı 1.0' den daha düşük olduğunda (kuru temel) aynı su kaybı için daha çok enerji tüketiliyor ve enerji eğrisi daha diktir. Dilim kalınlığı,

birinci aşama güç, ikinci aşama güç ve ilk aşamanın süresi  $\beta$ -karoten içeriğini ve rehidrasyon oranını etkilemiştir. Kurutulmuş ürünün rehidrasyon oranı; ilk aşamanın süresinin ve dilim kalınlığının artması ile birlikte azalmıştır.  $\beta$ -karoten içeriği; ikinci aşamada uygulanan gücün ve ilk aşamanın süresinin artmasıyla birlikte azalmıştır. Dilim kalınlığı, ilk aşama gücü ve ikinci aşama gücü iki kalite indikatörünü belirgin şekilde etkilemiştir, bunun iki istisnası ise; ilk aşama gücünün  $\beta$ -karoten içeriğine etkisi ve ilk aşama süresinin iki kalite indikatörüne etkisidir.

Altan ve Maskan (2005), yaptıkları çalışmada, kısa kesme (ditalini) makarnanın mikrodalga destekli kurutmaya, kuruma özelliklerini ve kurutma proseslerinin nişasta özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Makarna örnekleri için klasik sıcak hava ile tek başına mikrodalga ile ve sıcak havayı takiben mikrodalga kurutma yöntemleri ile kurutma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Makarna örneklerinin kurutulması düşen hız periyodunda gerçekleşmiştir. Daha yüksek mikrodalga güç seviyesinde daha yüksek kuruma hızları elde edilmiştir. Numunelerin kuruma hızlarını karakterize etmek amacıyla kurutma deneyi verilerine uyması için bir difüzyon modeli kullanılmıştır. Sadece mikrodalga enerjisi ile kurutma (70 ve 210 W) veya sıcak havaya ek olarak mikrodalga enerjisi ile kurutma (70 ve 210 W) kurutma süresinin önemli ölçüde kısalmasını sağlamıştır. Sıcak hava ile kurutmaya göre kısalma, sırası ile % 61.8, % 87.3, % 61 ve % 78 oranlarında gerçekleşmiştir. İrmik ve sıcak hava ile kurutulmuş makarnanın tüm nişasta granülleri polarize ışık altında net bir “çarık dikeni” (maltese cross) deseni göstermiştir. Mikrodalga (70–210 W) ve sıcak hava beraberinde mikrodalga (70-210W) ile kurutulmuş makarna numunelerinin nişasta granülleri düzensiz şekillere sahiptir fakat her granülün yarısı veya tamamında çift kırılma sağlamıştır. Sıcak hava ile kurutulan, sadece mikrodalga ile kurutulan (70 ve 210 W) ve sıcak hava beraberinde mikrodalga ile kurutulan (70 ve 210W) makarna numunelerinin nişasta jelatinizasyon entalpileri irmik numunesininkinden daha düşüktür. Bu da kurutma sırasında nişastanın tamamen jelatinize olmadığını doğrulamıştır.

Berteli ve Marsaioli (2005), çalışmalarında, Penne kısa kesme makarnanın mikrodalga enerjisi yardımı ile hava ile % 23 nemden % 12 neme (yaş temelde) kurutulmasının verimliliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın başlangıcında modifiye edilmiş ev tipi

mikrodalga fırın kullanılmış ve daha sonrasında ise laboratuvar ölçekli sistem kullanılmışlardır. Elde ettikleri deneysel parametreleri sürekli (continuous) çalışan pilot ölçekli mikrodalga destekli sıcak hava dönel kurutucuya aktarmışlardır. Gözlenen ortalama kuruma süresi hava ile klasik kurutmaya kıyasla on kattan fazla azalmış ve son ürünün görünüşünde herhangi bir deformasyon görülmemiştir. Mikrodalga destekli kesintisiz bir sıcak hava dönel kurutucunun sanayi ölçeğinde kullanılmasının ekonomik tahminleri, bu yeni seçeneğin klasik kısa kesme makarna kurutma prosesi ile potansiyel olarak rekabet edebileceğini göstermiştir.

Hu vd. (2006), yaptıkları çalışmada hammadde olarak soya fasulyesi (edamames) kullanarak sıcak hava ve mikrodalga vakum kurutma karakteristiklerini karşılaştırmışlardır. Kuruma hızını artırmak ve ürün kalitesini geliştirmek için optimize edilmiş kombine bir kurutma sistemi kurmuşlardır. Soya fasulyeleri sıcak hava kurutma sisteminde 20 dakika 70 °C'ye maruz bırakılmış ve sonra mikrodalga vakum kurutucuda güç yoğunluğu 9.33 W/g ve -95 kPa (gösterge basıncı)'da 15 dakika kurutulmuştur. Optimize edilmiş kurutma sisteminin klasik sıcak hava kurutma sistemi ile karşılaştırıldığında kuruma süresini önemli ölçüde kısalttığı görülmüştür. Ve mikrodalga vakum kurutucunun kütle yükünü büyük ölçüde azalttığı görülmüştür.

Zhang vd. (2006), yaptıkları çalışmada mikrodalga kombinasyonlu kurutmanın (MW yardımı ile ya da MW ile geliştirilmiş) hızlı bir dehidratasyon tekniği olduğu ve özel gıdalara özellikle meyve ve sebzelere uygulanabilir bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Ürün kalitesi ve üretim maliyetleri üzerinde artan endişeler araştırmacıları sanayide kombine kurutma teknolojilerini benimsetmeye motive ettiği belirtilmiştir. Mikrodalga ile ilgili kombine kurutma sistemlerinin avantajlarının; daha kısa kurutma süresi, geliştirilmiş ürün kalitesi, farklı çeşitlerde kurutulmuş ürün üretme esnekliği olduğu belirtilmiştir. Fakat mevcut uygulamalar geleneksel konveksiyon ile kurutma sistemlerine kıyasla yüksek kurulum maliyeti ve nispeten karmaşık teknolojisi nedeniyle sebze ve meyvelerin küçük bir kategorisi ile sınırlı olduğu belirtilmiştir. Mikrodalga kombinasyonu ile kurutmanın geleneksel kurutma yöntemlerine ve mikrodalga ısıtmaya göre avantajları olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmayı mikrodalga destekli kombine kurutma sistemleriyle ilgili gelecekteki çalışmalara ışık



tutmak amacıyla ve laboratuvar ölçek ve endüstriyel ölçek arasındaki uçurumu kapatmaya yönelik kapsamlı bir derleme olarak hazırlamışlardır.

Alibas (2007), yaptığı çalışmada kabak dilimlerini mikrodalga, kombine mikrodalga ve hava, hava ile kurutma olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi ile kurutmuştur. Kabak dilimlerinin kurutulması için en uygun kurutma yönteminin kurutma sırasında enerji tüketimi, kurutma periyodu, ortalama kurutma oranı ve renk kriteri açısından; kombine mikrodalga ve hava kurutma metodu olduğu bulunmuştur. Optimum kombinasyon düzeyi enerji tüketiminin 0.29 kWh ve kurutma periyodunun 31 dakika olduğu 350 W-751 °C kombinasyon düzeyidir.

Özkan ve Akbudak (2007), yaptıkları çalışmada ıspanağın mikrodalga kurutma özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sırasında 50 g ağırlığındaki ve kuru temelde 9.01 nemdeki ıspanak yaprakları (*Spinacia oleracea* L. cv. "Meridian") mikrodalga fırında 90 W ve 1000 W arasında değişen sekiz farklı mikrodalga güç seviyesi kullanılarak, nem kuru temelde 0.1'e düşene kadar kurutulmuştur. Kurutma prosesleri mikrodalga güç seviyesine bağlı olarak 290 ile 4005 saniye arasında tamamlanmıştır. 350-1000 W güç aralığında enerji tüketimi sabit tutulmuş, 160 ve 90W ise enerji tüketiminde fark edilir bir artışa sebep olmuştur. Bu çalışmada, ölçülen değerler Page'in ince katman kuruma yarı-ampirik denkleminde elde edilen hesaplanmış değerler ile karşılaştırılmıştır. Renk ve askorbik asit değerleri açısından en iyi kalite, 750 W mikrodalga gücü kullanılan kurutma periyodunda elde edilmiştir. 350 s boyunca 750 W mikrodalga gücü en düşük enerji tüketimini ortaya koymuş ve kurutma için gerekli enerji sadece 0.12 kWh olmuştur.

Ahrne vd. (2007), yaptıkları çalışmada bitkiler üzerinde mikrodalga kurutmanın mikrodalga gücüne bağlılığını çalışmışlardır. Kurutma süreci mikrodalga gücüne bağlıdır. Yüksek mikrodalga gücü kurutma süresini azaltır ancak kavrulmuş ürün oluşumu problemini doğurur. Bitkisel gıdalar gibi sıcaklığa duyarlı ürünler kurutma döneminin son bölümünde mikrodalga gücünün şiddetinden etkilenir. Bu nedenle değişken mikrodalga gücüyle kurutma muz gibi hassas ürünler için uygun bir süreçtir. Bunun yanı sıra hava (sıcaklığı ve hızı) mikrodalga ile kurutma sırasında sadece

buharlaşmış nem taşıyıcısı olarak değil aynı zamanda kurutmanın homojenliğini ve hızlı olmasını sağlama da önemli bir rol oynar. Varılan genel sonuç ise kurutulmuş ürünün kalitesi işletme parametrelerine bağlı oluşudur.

Erdem (2007), yaptığı araştırma sonucu yazdığı yüksek lisans tezinde ozonlu su ile yıkanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması konusu üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada sürekli ve kesikli mikrodalga uygulanması durumunda kurutucunun güç tüketimi ve kurutulan ürünün kalitesi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Mikrodalga enerjisinin kesikli olarak uygulanması bazı avantajlara sahiptir. Sürekli çalışma sırasında üründen buharlaşan su buharı çok yüksek sıcaklıklara ulaşmakta ve bu da ürünlerde yanma ve çatlamalara neden olmaktadır. Çalışmalar göstermiştir ki, kesikli mikrodalga uygulamasıyla ürün renk kalitesinde sürekli uygulamalara göre daha yüksek kalitede ürünler elde etmek mümkündür. Ayrıca kesikli mikrodalga uygulaması ile enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmaktadır. Yapılan çalışmalar ışığında kırmızı pul biberin yıkama işleminden sonra yapılan kurutma işlemlerinde kesikli mikrodalga uygulamalarında 45 saniyeyi geçen sürelerde mikrodalga uygulamasının kesilmesi, kurutma süresi ve enerji tüketimini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Denemelerin ev tipi bir mikrodalga ile yapılmış olması nedeniyle oluşacak su buharının tekrar ürün üzerine düşmesini engellemek için kullanılan fan yeterli olmamış ve 45 saniyeyi aşan durumlarda ortam ısısının da düşmesiyle birlikte yoğunlaşmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu sorun sanayi ölçekli kurutucularda daha geniş bir alan olması ve su buharının daha etkin olarak ortamdaki uzaklaştırılmasıyla aşılabılır.

Zhang vd. (2007), yaptıkları çalışmanın amacı ete su (% 21-29), yağ (% 12.4-29.7) ve tuz (% 0.4-2.4) ilave edilmesinin radyo frekansı ve mikrodalga dielektrik özellikler üzerindeki etkisini incelemektir. Seçilen termal özellikler ve standardize mikrodalga ve radyo frekansı ısıtma protokollerinde sıcaklık yükselmeleri ( $\Delta T$ ) ölçülmüştür. Sonuçlar tuz ilave edilmesinin dielektrik özellikler ve  $\Delta T$  üzerine büyük etkileri olduğu açığa çıkarken termal özellikler üzerinde etkisi gözlenmemiştir. Yağın termal özellikler üzerine etkisinin olduğu ve dielektrik özellikler üzerine tuzdan daha az etkisinin olmasına rağmen  $\Delta T$  üzerinde aralık boyunca incelendiğinde anlamlı bir etkisi gözlenmemiştir. Su ilave edilmesi her ne kadar et yüzdesini düşürse de nem değişimine

bir etkisi olmadığını görmüşlerdir. Bunun sebebi etin kendi bünyesindeki nem içeriğinin yüksek olmasıdır.

Varith vd. (2007), yaptıkları çalışmanın amacı mikrodalga sıcak hava kombinasyonunun (MWA) kullanılarak soyulmuş longanın kurutmasını geliştirmek ve değerlendirmektir. Soyulmuş 'Dor' longan kullanarak her bir denemede % 18 (k.m) nem içeriğine kadar kurutma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Sıcak hava sıcaklığını 3 seviye için incelemişlerdir: 40, 50 ve 60 °C, mikrodalga ile birleştirdiklerinde mikrodalga gücünü 4 seviye için düzenlemişlerdir: 100, 180, 300 ve 450 W. Sonuçlardan, mikrodalga sıcak hava kurutma prosesiyle azalan kuruma periyodunu takiben benzersiz bir konveks-şekilli kurutma hızı periyodu sağladığını görmüşlerdir. Adım adım kurutma prosesinde sıcak hava kurutma 40 °C'de ve mikrodalga kurutmada 450 W güçte 1.7 saat, devamında 60 °C'de sıcak hava ve 300 W mikrodalga gücünde 3.3 saatin en yüksek kurutma verimliliğini sağladığını görmüşlerdir. Altın kahverengi eti elde etmek için 65 °C'de sıcak hava kurutma ile karşılaştırdıklarında kombine mikrodalga sıcak hava kurutma prosesi kurutma süresini % 64.3 oranında azalttığını ve spesifik enerji tüketiminde de % 48.2 azalma olduğunu görmüşlerdir.

Giri ve Prasad (2007), yaptıkları çalışmada buton mantarının (*Agaricus bisporus*) mikrodalga-vakum kurutma karakteristiğini incelemişlerdir. Çalışmayı ticari olarak satılan bir mikrodalga fırının (0–600 W) boşluğu içerisine, vakum odacık yerleştirilerek modifiye ettikleri sistemde gerçekleştirmişlerdir. Kurutma parametreleri olan mikrodalga gücü, sistem basıncı ve ürün kalınlığının kurutma kinetiği ve rehidratasyon karakteristiği araştırılmıştır. Kurutma sisteminde 115–285 W mikrodalga güç aralığında 6.5–23.5 kPa basınç aralığında ve 6–14 mm kalınlığındaki mantarlar kullanılarak çalışılmıştır. Farklı sıcaklıklarda (50, 60 ve 70 °C) konvektif hava ile kurutma yapılarak kuruma hızı ve rehidratasyon özellikleri mikrodalga-vakum kurutma ve klasik metotla karşılaştırılmıştır. Mikrodalga vakumla kurutma ile konvektif hava kurutma karşılaştırıldığında kurutma süresinde % 70–90 azalma olduğu ve kurutulmuş üründe ise rehidratasyon özelliğinin mikrodalga vakum kurutmada daha iyi olduğu görülmüştür. Film kurutmada üstel ve Page modelin hız sabitleri deneysel çalışma ile elde edilen verilerin regresyon analizi uygulanarak elde edilmiştir. Deneysel verilerin en

çok mikrodalga gücünden etkilendiği, daha sonra ürün kalınlığından etkilendiği görülürken sistem basıncının kuruma hızına etkisinin küçük olduğu görülmüştür. Rehidratasyon hızı önemli ölçüde sistem basıncından etkilenmiştir. Ampirik modeller ayrıca mikrodalga vakum kurutma proses parametrelerinden kuruma hızı ve rehidratasyon hızının fonksiyonel olarak tahmin edilmesi için geliştirilmiştir.

Bondaruk vd. (2007), yaptıkları çalışmada kurutma koşullarının renk, nişasta içeriği, şeker içeriği, mekanik özellikler ve kurutulmuş patatesin içyapısı üzerindeki etkileri üzerinde çalışmışlardır. Her kurutma metodunda ham ve kurumuş materyalin renkleri arasında istatistiksel anlamlı farklar gözlemlenmiştir. Mikrodalga kurutma tekniği ile kuruma boyunca renk bozulmalarının önlendiğini gözlemlemişlerdir. Mikrodalga vakum kurutma ile kurutulmuş patates küpleri zorlanmış konveksiyon koşullarında kurutulmuşlara göre daha az nişasta ve şeker kaybı olduğunu gözlemlemişlerdir. Mikrodalga vakum kurutulanlar ile konveksiyonla kurutulan numunelerin sıkıştırma testlerinden elde edilen sonuçlar maksimum kuvvet değeri istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

Lupinska vd. (2009), yaptıkları çalışmalarda tepsiler üzerine yerleştirilen malzemeler mikrodalgaya direkt maruz bırakılarak yapılan kurutmanın verimi oldukça yüksek olduğunu ispatlamaya çalışmışlardır. Bunun yanı sıra vardığı sonuçlar kısaca şöyledir; mikrodalgayla kurutma, geleneksel sıcak havayla kurutmaya nazaran daha az enerji gerektirir. Yüksek mikrodalga gücü uygulandığında etkinlik artar. Merkezi olarak yerleştirilmiş anten ile iç mikrodalga yayılımı yatağın içindeki sıcaklık dağılımı üzerinde daha iyi kontrol sağlar. En yüksek sıcaklık antene yakın ve sıcaklık yatağa 20 cm derinliğinde düştüğünde kaydedilmiştir. Mikrodalga gücünün arttırılmasıyla kurutma oranında artış vardır ama kuruyan malzemenin hasar görme riski de artar. Isıya duyarlı malzemelerin kurutulması durumunda, düşük seviyelerde mikrodalga gücü kullanılmalı ve ısıtma işleminde sıcaklık gradyenini azaltmak için bazı molalar verilmelidir

Chauhan ve Srivastava (2009), yaptıkları çalışmada vakum mikrodalga kurutmaya bezelye kurutmuş ve kurutma şartlarını optimize etmeyi amaçlamışlardır. Vakum destekli mikrodalga gücüyle kurutmanın sistem vakumuna kıyasla, kurutulmuş bezelyenin kalitesi ve kurutma parametreleri üzerinde belirgin etkisi vardır. Yapılan deneyler sonucunda ikinci dereceden polinom modeli çıkarılmış ve bu model kullanılarak optimum şartların 237.31 W mikrodalga gücünde ve 360.22 mm Hg vakumda olduğunu bulmuşlardır.

Zhenfeng vd. (2010), yaptıkları çalışmada elmanın mikrodalgada kurutulması için uygulanan gerekli gücün istendiğinde optimizasyonunun yapılabileceğini göstermişlerdir. Bu optimizasyon değişkenleri kuru temel kuruma hızı ve yaş temel kuruma hızının lineer kombinasyonu ile ifade edilir. Bu ilişkinin kullanımı kurutma prosesi sırasında sıcaklık dalgalanmalarını minimize etmek zamandan tasarruf etmek ve enerji tüketimini azaltmak için mikrodalga gücünün kontrolü için gerçek zamanlı güç kontrol metodunu geliştirir.

Raghavan vd. (2011), yaptıkları çalışmada gıdaların aromalarının izlenmesi sayesinde mikrodalga kurutma süreci kontrolünü incelemişlerdir. Mikrodalga güç ayarı için bir faz kontrolü geliştirilmiştir. Kurutma testleri; gıdaların aroma saklamasını, yanmamasını ve enerji verimliliğini bütün olarak düşündüğümüzde taze ürünlerin sabit sıcaklıkta kurutulmasının başarılı sonuçlar vermediğini göstermiştir. Belirsiz ve doğrusal kontrol, aroma saklamayı, yanmanın görülme sıklığını ve kuruma zamanını kısaltmayı geliştirebileceği sonucuna varılmıştır.

### **3. KURAMSAL TEMELLER**

Bu bölümde makarna üretimi hakkında bilgiler verilmiştir.

#### **3.1 Makarna Üretim Teknolojisi Hakkında Genel Bilgiler**

Yaklaşık 10000 yıl önce gelişmeye başlayan tarımla birlikte insan beslenmesinde büyük değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişikliklerden bir tanesi de hububat esaslı gıda ürünlerinin tanınması olmuştur.

Hububat ürünlerinden bir tanesi olan makarna, MÖ 1700'lü yıllarda ilk olarak Çin'de bulunmuştur. Marco Polo Çin'e yaptığı bir seyahat sonrasında 1292 yılında Spagetti adı verilen makarnayı İtalyan mutfağına sunmuştur. Gelişen teknolojiyle birlikte makarna da zaman içerisinde gelişerek çok farklı çeşitlerle karşımıza çıkmaktadır. Makarnanın yaygınlaşmasının en önemli nedenlerinden birisi, makarnanın besleyici yönünün, yapılan araştırmalarla ortaya konulmasıdır.

Makarna durum buğdayı irmiği ile suyun karıştırılarak şekillendirilmesi ve kurutulmasıyla elde edilir. Makarna üreticileri, makarna üretiminde genellikle öğütülmüş durum buğdayı (irmik, durum tanecikleri ve durum unu) kullanırlar; fakat un ve normal buğday unu da kullanılabilir. Makarna üretiminde kullanılan su aroma içermemeli ve içmeye uygun saf su olmalıdır. Makarnanın besleyicilik kalitesini artırmak için ya da yumurtalı erişte veya spagetti üretmek için makarnaya yumurta (taze yumurta, dondurulmuş yumurta, kuru yumurta, yumurta sarısı veya kurutulmuş katı yumurta) eklenebilir. Aromasını artırmak amacıyla makarnaya tuz, sap kereviz, defneyaprakları gibi az miktarda isteğe bağlı terkip maddeleri de eklenebilir. Pişme süresini kısaltmak için disodyumfosfat kullanılabilir. Sakız glüten, gliseril monostearat ve yumurta beyazı gibi başka terkip maddeleri de kullanılabilir (TMSD Bilimsel Yönleriyle Makarna 2008).

### 3.2 Klasik Makarna Üretimi

Makarna üretiminde genel olarak üç temel proses vardır. Bunlar değirmen, makarna üretimi, paketlemedir. Buğday, belirlenen kalite parametrelerine göre sınıflandırılarak isteğe göre paçal yapılmaktadır. Değirmen ünitesine pnömatik olarak taşınan buğday yabancı maddelerden ayrılmak üzere I. Temizleme aşamasına gönderilir. Bu aşamada; kabuk soyucu, çöp sasörü, kombinatör, renk ayırıcı (sortex), triör, taş makinesi ve vibrograder makinelerinden geçirilerek istenmeyen tane ve yabancı maddelerden ayrılır. Sonraki aşama ise buğdayda etkin bir öğütme yapılabilmesi için nem oranının artırılması, buğdaya su verilmesi (tavlama) aşamasıdır. Bu nedenle buğday tavlama silolarında dinlendirilir. Tavlama iki aşamada gerçekleşir. 1.Tavlama işleminde buğday 6 saat tavlama silolarında bekletilir ve nemi ortalama % 12-12.5 (k.t) oranlarına çekilir. Buradan 2. Tavlama silosuna gönderilen buğday yaklaşık 4 saat bekletilir ve nemi ortalama % 14.5-15(k.t)'e çıkartılır. Daha sonra buğday II. Temizleme aşamasından geçirilir ve öğütölmek üzere valsli değirmende öğütülerek eleklerde elenir ve makarna üretiminde kullanılacak boyutlardaki irmik ayrılarak makarna üretim ünitesine pnömatik olarak gönderilir.

Makarna üretiminde irmiğe belirli oranlarda su verilerek hamur karıştırma teknesinde hamur elde edilir. Elde edilen hamur ekstrüdere yerleştirilmiş makarna kalıplarından yüksek basınç altından geçerek şekillendirilir. Şekillendirilen makarnanın nem içeriği kuru temelde % 30-32'dir. Elde edilen makarnanın içerdiği yüksek nem içeriğinden dolayı birbirine yapışmaması için ön kurutma aşamasından geçmektedir. Bu aşamada amaç film kurutma yapmaktır. Daha sonra makarna % 12-13 neme düşürölmek üzere sıcak hava kurutma (HAD) tekniği ile kurutulmak üzere bantlı kurutucuya gönderilir. Kurutma iki aşamada gerçekleşir. Makarna üretiminde toplam kurutma süresi 4-6 saat arasında, kurutma sıcaklığı ise ortalama 88-92 °C arasında değişmektedir. Kurutma süresi, ortam nemi, kurutma sıcaklığı, vb. proses parametreleri üretilecek ürün çeşidine göre değişmektedir. Kurutma tamamlandıktan sonra 38-40 °C arasında olan makarna yüzey sıcaklığının ortam şartlarına uyum sağlaması ve çatlama problemlerinin önlenmesi için makarna soğutucudan geçirilmektedir. Soğutucu sonrasında makarna paketleme ünitesine gönderilerek paketlenir.

### **3.3 Dolgulu Makarna Üretimi**

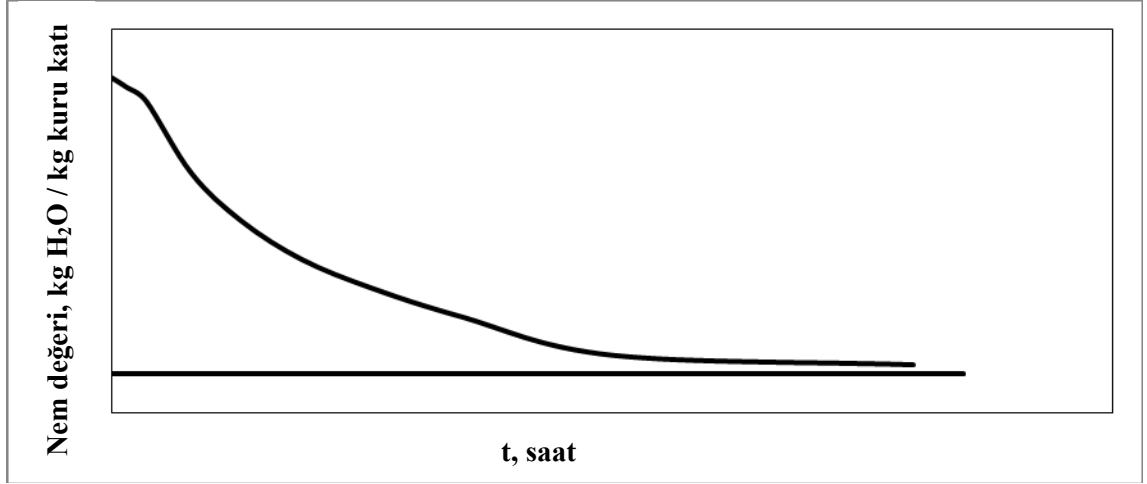
Dolgulu makarna üretiminde genellikle irmik ve suyun yanı sıra pastörize yumurta kullanılmaktadır. Bunun nedeni yumurtanın hamur yapısını güçlendirerek lezzeti artırmasıdır. İrmik, su ve yumurta hamur teknesinde karıştırılarak homojen bir hamur elde edilir. Peynir, sebze, et gibi çeşitli materyallerle hazırlanan dolgu karışımı istenilen kıvama getirilerek dozajlama ünitesine beslenir. Elde edilen hamur makarna makinesinde merdaneli sistemden geçerek yufka elde edilir. Elde edilen yufka şekillendirme kısmında dolgu dozajlamasını takiben aparatlar yardımı ile kapatılarak pastörizasyon aşamasına gönderilir. Pastörizasyon buharlı pastörizatörde gerçekleştirilir ve % 30-35 nem içeriğine sahip makarnalar kurutma ünitesine gönderilir. Daha sonra soğutucudan geçerek paketlenir. Kullanılan kurutma tekniği sıcak hava kurutmadır ve kurutma sıcaklığının 60 °C'nin altında olmasından dolayı kurutma süresi oldukça uzundur (12-18 saat).

### **3.4 Kurutma İle İlgili Temel Prensipler**

#### **3.4.1 Kurutma hız eğrileri**

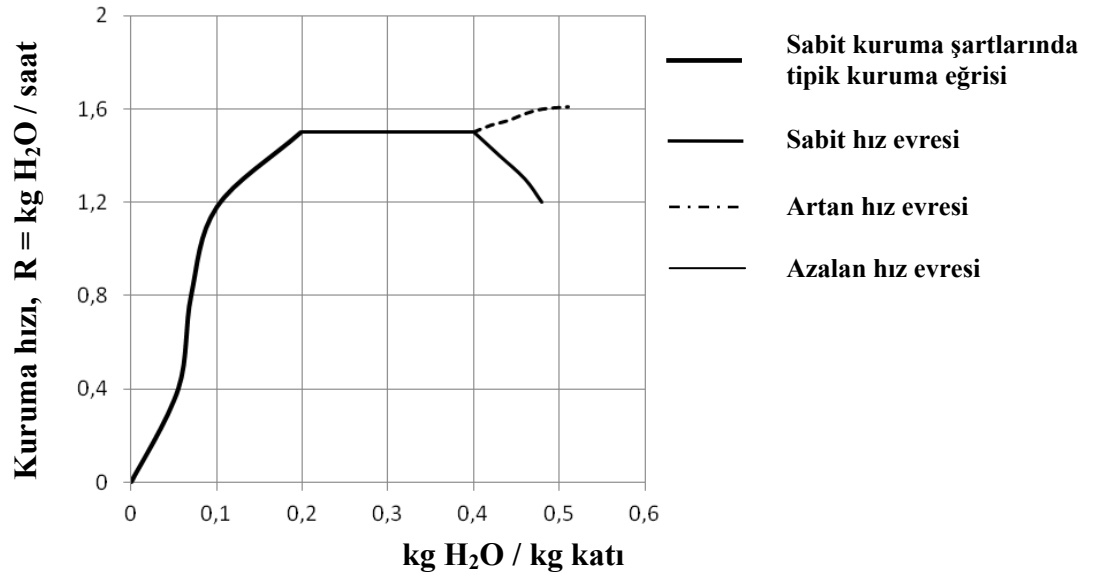
Maddenin, sabit sıcaklık, nem ve hızdaki gaz akımı ile kurutulması sabit kuruma şartlarını belirler. Bir katı sabit kuruma şartlarında kurutulduğunda; nemini kaybederek kurutma havasının bağıl nemiyle dengeye gelinceye kadar kurur ve nem içeriği şekil 3.1'de görüldüğü gibi zamanla azalır. Katının nemi hava nemiyle dengeye geldiği andan itibaren katıdaki nem miktarı değişmez. Buna belirlenen şartlardaki denge nemi denir. Madde denge neminden fazla neme sahipse denge nemine dek kurumaya, az ise belirli sıcaklık ve neme sahip hava ile temasa getirilince denge nemine dek su adsorplanmaya devam eder. Denge nemi dengeye yaklaşma yönüne ve maddenin tipine bağlıdır (Geankoplis 1983). Denge nem miktarı belirli şartlar altında maddenin kurutulabileceği bir sınır değeri olduğu için kurutma ile bu değerden fazla olan nem uzaklaştırılabilir.





Şekil 3.1 Sabit kuruma şartları altında kuruma (Geankoplis 1983).

Birim zamanda katıdan ayrılan nem miktarı, kuruma hızı olarak verilir. Şekil 3.1'deki her bir noktanın eğimi kuruma hızını vermektedir. Nem miktarının kuruma hızına karşı grafiğe geçirilmesi ile sabit kuruma şartlarında şekil 3.2'deki gibi tipik bir kuruma hız eğrisi elde edilir.



Şekil 3.2 Sabit kuruma şartları altında tipik bir kuruma eğrisi (Geankoplis 1983)

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi bir kuruma hız eğrisi sabit hız devresi ve azalan hız devresi olmak üzere başlıca iki kısımdan oluşur. Bu bölümlerin varlığı veya birbirilerine oranı tamamen maddenin cinsi ile ilgilidir. Azalan hız devresinin şekli katının cinsine ve kuruma şartlarına bağlıdır.

### 3.4.2 Sabit hız devresi

Sabit hız devresi boyunca maddenin yüzeyi bir su filmi ile kaplıdır ve buharlaşma madde yüzeyince gerçekleşir. Gözenekli yapıda olan katılarda uzaklaştırılacak olan sıvı gözenekler içinde bulunur ve yüzeyde bulunan sıvı uzaklaştırıldıkça gözenekler içerisinde bulunan sıvı yüzeye doğru ilerler. Gözenekli olmayan yapılarda ise kuruma işlemi difüzyonla gerçekleşir. Bu nedenle madde üzerini kaplayan sıvı azaldığında kuruma hızı da düşer.

Eğer başlangıçta katının içerdiği nem kritik nemden az ise sabit hız devresi görülmez. Katı içerisindeki suyun buharlaşması için gerekli tüm ısı kurutucu havadan sağlanıyorsa sabit hız devresi süresince katı sıcaklığı, yaşı termometre sıcaklığına eşittir. Bu bölgede kuruma hızı aşağıdaki gibi verilir (Geankoplis 1983).

$$\frac{d_v}{d_t} = \frac{h_{TAH}(T_R - T_{WB})}{\lambda} \quad (3.1)$$

$$\frac{d_w}{d_t} = -K_{GAM}(P_s - P_R) \quad (3.2)$$

### 3.4.3 Kritik nem dönemi ve azalan hız devresi

Sabit hız dönemi boyunca su filmi ile kaplı olan katı yüzeyinde, azalan hız devresinde yüzeye taşınan su, yüzeyden buharlaşan nemi karşılayamaz. Bunun bir sonucu olarak katı yüzeyinde kuru noktalar görülmeye başlar.

Katı yüzeyinde bulunan su katı yüzeyini sürekli olarak bir su tabakası ile kaplayamadığı andaki nem içeriğine kritik nem içeriği denir. Bu anda katı yüzeyinde ilk kuru nokta görünür. Kritik nem içeriği kurutulan maddenin kalınlığı ve kuruma hızı ile değişir. Bazı maddelerin kritik nem içerikleri aşağıdaki çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Bazı maddelerin kritik nem içeriği

<b>Madde</b>	<b>Kalınlık, inch</b>	<b>Kritik nem miktarı, % nem</b>
Beyaz kâğıt	0.0075	41
Yün	0.20-0.75	60-80
Kaya tuzu	1	7
Deri	0.25	En az 90

Kritik noktadan sonraki kuruma devresine azalan hız devresi denir. Bu devrede kurutma hızı eğrileri maddenin kalınlığına ve cinsine göre değişir. Azalan hız devresinde katı içindeki sıcaklıkta yağ termometre sıcaklığından kuru termometre sıcaklığına doğru bir artış görülür. Kurutmanın sonunda denge nem içeriğine ulaşılır. Bu denge değeri başlıca katının yapısına ve kurutma şartlarına bağlıdır (Geankoplis 1983).

### **3.5 Kurutma Hız Mekanizmaları**

#### **3.5.1 Sıvı difüzyon mekanizması**

Sıvı taneciklerin derişim farkı itici kuvvetiyle merkezden yüzeye taşınması olayı sıvı difüzyon mekanizması ile açıklanır. Bu olay nem ile birleşmiş tek bir fazın olduğu, sabun, jelatin gibi gözenekli yapılarda görülür. Odun, kil, deri, kâğıt, un ve nişastada da bu mekanizmadan söz edilebilir. Birçok gıda maddesinin kuruması azalan hız devresinde suyun difüzyon taşınımı ile gerçekleşmektedir (Geankoplis 1983).

Yatışkın olmayan durumda difüzyon Fick Yasası ile açıklanır.

$$\frac{dx}{dt} = -D_L * \frac{\partial^2 x}{\partial z^2} \quad (3.3)$$

Burada z katı içinde sıvının aldığı yoldur. Nem difüzyon hızı  $D_L$  nem içeriğinin azalması ile genellikle düşer.

Difüzyon yavaş kuruyan maddelerin özelliğidir. Katıların kurumasında sabit hız devresi süresince katının derinliklerinde nem değişimi sabit kalırken yüzeydeki nem içeriği azalır. Bunun sonucu olarak yüksek yayınlılık, katı içerisindeki nemin buharlaşabildiği kadar hızla yüzeye hareketine izin verir ve hız sabit kalır.

### 3.5.2 Buhar difüzyon mekanizması

Buhar difüzyon mekanizması gözenekli katılarda, gözenek içinde farklı kısmi basınçlar nedeni ile nemin katı içinde hareket etmesi olayıdır. Gözenekli katılarda nem miktarı kritik nemin çok altına düştüğünde gözenekler içindeki su buharlaşır ve zamanla gözeneklere hava girer. Katı içindeki su buharlaşarak havaya geçer ve buhar difüzyonu ile gözeneklerden yüzeye doğru bir nem aktarımı gerçekleşir. Burada kuruma hızı buharın alacağı yol boyunca kısmi basıncının azalmasına bağlıdır.

### 3.5.3 Kapiler akım mekanizması

Katı içindeki kılcal kanallarda oluşan kapiler akım dolayısıyla nemin sıvı fazda katı merkezinden katı yüzeyine doğru hareket etmesi olayıdır.

Gözenekli maddelerde kanalların yarıçapı ile ters orantılı olarak bir basınç düşmesi görülür. Büyük yarıçaplı kanallarda göreceli düşük, küçük yarıçaplı kanallarda ise yüksek basınç düşmesi gözlenir. Geniş kanallardaki su kuruma etkisi ile ortamdan uzaklaştırıldıkça, katı içinde kalan suyun kanalların içine doğru hareket ettiği görülür. Bu da sistemin içindeki özellikleri değiştirir.

### **3.5.4 Değişken buharlaşma düzlemi**

Değişken buharlaşma düzleminde, katının merkezinden yüzeye doğru hareket eden sıvı zerrecikleri sıcaklığın yükselmesiyle ve bu zerreciklerin yüzeye yakın, fakat katı içinde buharlaşmaları olayıdır. Bu olayın gerçekleştiği yere buharlaşma düzlemi denir. Buharlaşma düzlemi katıda sıvı ve buhar fazları ayıran bölgedir.

### **3.5.5 Ağırlık kuvveti**

Sıvı zerreciklerinin ağırlık kuvveti ile yüzeye doğru aktarılmaları olayıdır. Bu mekanizma genellikle diğer mekanizmalarla birlikte görülür.

Burada itici kuvvet yer çekimi ivmesinden kaynaklandığı için yeryüzüne doğru olan çıkış noktalarıyla yeryüzünün ters yönünde olan çıkış noktalarındaki aktarım arasında büyük farklar vardır. Bu nedenle kurutma esnasında bu duruma da dikkat edilmelidir (Karagöz 1997).

## **3.6 Kurutma Mekanizmaları**

Nem içeriği yeterince yüksek olduğunda maddenin yüzeyi devamlı olarak bir su tabakası ile örtülüdür. Yüzeydeki suyun buharlaşması söz konusudur. Bu durumda sabit kuruma hızının görüldüğünden daha önce bahsedilmiştir.

Kurutma proseslerinde yüzeyde ilk kuru noktanın görülmesine kadar kuruma, yüzeydeki suyun buharlaşması ile gerçekleşecek ve bu noktadan sonra kritik nem içeriğine ulaşılabacaktır. Böylece kurutma işleminde azalan hız devresine geçilmiş olur. Azalan hız devresinde kuruma hızı ilk duruma göre azalır ve bununla birlikte yüzeyde sıcaklık artışı görülür.

### 3.6.1 Sabit sıcaklıkta desorpsiyon

Islak ve yüzeye tutunulan bölgede, suyun buhar basıncı  $P_v$ ' nin boşlukta buharlaşan suyun buhar basıncına eşit olduğu varsayılır. Yüzeye tutunulan bölgede su buharının doymuluk basıncının düşmesi sonunda hidroskopik bağ, suyun aktivitesi  $a_w$  ile gösterilir. Bu indirgeme meydana geldiğinde nem içeriğinin maksimumda tutunabilme değeri  $U_{ms}$  düşüktür. Islak bölgede ( $a_w=1$ ,  $U>U_{ms}$ ) ve yüzeye tutunulan bölgelerde ( $a_w<1$ ,  $U\leq U_{ms}$ ) suyun buhar basıncı, aşağıdaki gibidir.

$$P_v = a_w.P_{v^*} \quad (3.4)$$

Burada  $P_{v^*}$ , serbest suyun doymuk buhar basıncıdır. Suyun aktivitesi  $a_w$  ise ;

$$a_w = f(U, T) \quad (3.5)$$

bağlıdır.

### 3.6.2 Serbest suyun taşınımı

Islak bölgede ( $U>U_{ms}$ ) serbest suyun taşınımı için yürütücü kuvvet kapiler etki ile oluşan ve artan buhar basıncının sonucudur. Darcy kanununa göre serbest suyun taşınımı aşağıdaki formülle verilmiştir.

$$J_l = \frac{K_0 K_r}{v_w} \Delta P - \rho_0 D_l K_r \Delta U \quad (3.6)$$

Burada birinci kısım buhar basıncının artması ile serbest suyun akısını, ikinci kısım ise kapiler etki sebebiyle serbest su akısının verimini göstermektedir.  $K_0$  poröz maddelerin tek fazlı geçirgenliğini,  $K_r$  bağıl geçirgenliği ve  $v_w$ , suyun kinematik viskozitesini gösterir.  $D_l$  kapiler iletkenlik,  $\rho_0$  kuru ürün yoğunluğunu ve  $\Delta P$  ve  $\Delta U$  her birinin ayrı buhar basıncı ve nem içeriğinin gradyenidir. Sıvı akışta katının bağıl geçirgenliği poröz katılarda nem içeriğine bağlıdır.

### 3.6.3 Buhar taşınımı

Konveksiyon ve su buharı akısının boşlukta yer değiştirmesi sonunda su buharı ve havanın taşınması gerçekleşir. Konveksiyon akısı için yürütücü kuvvet  $\Delta P$ , buhar basıncındaki toplam değişim hızını verir. Difüzyon akısı için ise yürütücü kuvvet, hava-su buharı karışımındaki konsantrasyon değişim hızıdır. Su buharı akısı:

$$J_v = -\frac{P_v M_w}{RT} * \frac{K_g}{\mu_G} \Delta P - \frac{D_v M_w}{RT} \Delta P_v \quad (3.7)$$

Aynı şekilde hava akısı da:

$$J_a = -\frac{(P-P)_v M_a}{RT} * \frac{K_g}{\mu_G} \Delta P - \frac{D_v M_a}{RT} \Delta(P-P_v) \quad (3.8)$$

Yukarıdaki eşitliklere kullanılan  $K_g$ , buhar taşınımında maddenin geçirgenliği,  $D_v$ , poröz ortamda hava ve su buharı karışımının difüzyon katsayısını ve  $\mu_g$  hava su buharı karışımının dinamik viskozitesidir.

Gaz akışına göre ürünün bağıl geçirgenliği nem içeriğine bağlıdır. Gaz akışı için nem içeriğinin artması ile bağıl geçirgenlik azalır. Bu ilişki doğrusal bağıntı ile açıklanmıştır.

$$K_g = K_0 \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_d} \right) \quad (3.9)$$

Burada  $\varepsilon_d$  kuru ürünün gözenekliliğini ve  $\varepsilon$  ise gözeneklilik ya da ıslak katının boşluk kesrini gösterir. Ayrıca  $\varepsilon$ , ıslak katıdaki gaz faz (su buharı ve hava) tarafından tutulan hacim ile gösterilebilir.

$$\varepsilon = \varepsilon_d \frac{\rho_0 U}{\rho_w} \quad (3.10)$$

Poröz ortamda hava-su buharı karışımının ikili difüzyon hızının hesaplanması için basit model kullanılmıştır(Geankoplis 1983).

$$D_v = 2.20 * 10^{-5} \varepsilon^2 \left( \frac{T}{273,15} \right)^{1.75} \quad (3.11)$$

Modelde hava akışı ihmal edilmiştir, bu kabul edilebilir bir varsayımdır. Çünkü poröz ortamda su buharının taşınımı suyun buharlaşmasından dolayı hava taşınımından oldukça büyüktür. Eşitlik (3.7)'de gösterilen ifadeye göre su buharı konveksiyon ve difüzyon akısı ile aynı doğrultudadır. Eşitlik 8'de gösterilen ifadede ise havanın konveksiyon ve difüzyon akısı su buharının konveksiyon ve difüzyon akısı ile karşıt yönlüdür. Hava akışı varsayımından  $Ja=0$  olarak alınabilir. Model basitleştirildiğinde toplam değişim hızı buhar basıncının değişim hızı ile su buharı basıncından elde edilebilir.

$$\Delta P = \frac{\Delta P_v}{1 + \left( \frac{K_g}{\mu_g D_v} \right) * (P - P_v)} \quad (3.12)$$

Su buharı akısı için;

$$J_v = - \frac{D_v M_w}{RT} * \left( 1 + \frac{\left( \frac{K_g}{\mu_g} \right) * P_v}{D_v + \left( \frac{K_g}{\mu_g} \right) * (P - P_v)} \right) * \Delta P_v \quad (3.13)$$

$$J_v = - \frac{D_v M_w}{RT} \Delta P_v \quad (3.14)$$

### 3.6.4 Bağlı suyun taşınımı

Bağlı su akısı nem içeriğindeki değişim hızına göre eşit oranda olduğu varsayılmıştır.



$$J_b = -\rho_0 D_b \Delta U \quad (3.15)$$

Islak bölgede bağlı suyun akısı, serbest suyun akısından küçüktür ( $D_b < D_1$ ).

### 3.6.5 Kütle ve ısı eşitlikleri

Kütle korunum denklemi, bağlı suyun akılarından eşitlik (3.6) ve (3.12), ve boşluktaki suyun buharlaşmasından türetilmiştir.

$$\rho_0 \frac{\partial U}{\partial t} = \Delta^* \left( \frac{K_0 K_r}{V_w} \Delta P + \rho_0 D_l K_r \Delta U \right) + \rho_0 \Delta^* (D_b \Delta U) - m_{ev} \quad (3.16)$$

Burada soldaki terim birim hacim başına değişen nem içeriğini göstermektedir. Sağ taraftaki ilk terim serbest su, ikinci terim bağlı suyun taşınımını ve son terim ise suyun buharlaşması için tanımlanmıştır. Su buhar dengesinden suyun buharlaşması aşağıdaki denklikte gösterilmiştir:

$$\frac{\partial(\varepsilon \rho_v)}{\partial t} = \nabla \left( \frac{D_v M_w}{RT} \nabla P_v \right) + m_{ev} \quad (3.17)$$

Eşitliğin sol tarafındaki terim boşluktaki su buharı miktarının birim hacim başına değişimini, sağ taraftaki ilk terim su buharı akısını, ikinci terim suyun buharlaşmasının miktarını verir. Boşluk kesrinin artışı ile suyun buharlaşmasından dolayı su buharı kümeleri artar. Bu yüzden bu etki boşlukta su buharının taşınımına kıyasla küçüktür. Eşitlik (3.17)'nin sol tarafı ihmal edildiğinde suyun buharlaşmasının miktarını veren eşitlik (3.18)'de elde edilir.

$$m_{ev} = -\nabla \left( \frac{D_v M_w}{RT} \nabla P_v \right) \quad (3.18)$$

### 3.7 Kurutma Sistemleri ve Endüstride Uygulama Alanları

Kurutucular temel olarak üç özelliğe göre sınıflandırılırlar. Bunlardan birincisi kurutulan maddenin hava ile temasına göre adyabatik (direkt) ve adyabatik olmayan. İkincisi çalışma prensibine göre sürekli ve kesikli. Üçüncü olarak da kurutulacak maddenin özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

#### 3.7.1 Kurutulan maddenin hava ile temasına göre kurutucuların sınıflandırılması

##### 1. Adyabatik kurutucular

Bu tip kurutucularda hava kurutulacak madde ile doğrudan temas halindedir. Bu tip kurutucularda birkaç yöntem kullanılır.

- Katı sabit bir tepsi üzerindedir. Hava katıların yüzeyine paralel olarak geçirilir.
- Sıcak hava delikli tepsilerde bulunan katıların arasından tepsiye dik olarak geçirilir.
- Katı dönen bir fırın içerisinde orta taraftan aşağı dökülerek sıcak hava ile temas ettirilir.
- Akışkan yataklı bir kurutucudan gazın hızına göre katı hareket etmeye başlar. Bu sistemde temas yüzeyi görece büyük ve ısı aktarımı yüksektir.
- Sıcak hava ve katı taneciklerin birlikte hareket ettiği sürekli sistemler, birlikte taşınan kurutucu olarak adlandırılır.

##### 2. Adyabatik olmayan kurutucular

Bu tip kurutucularda aşağıdaki üç yöntemden yararlanılır.

- Katı sabit veya hareket eden yatay bir tepsi üzerinde kuruyuncaya kadar ısıtılır. Isıtma işlemi için sıcak sıvı, buhar ya da elektrik enerjisinden elde edilen ısıdan yararlanır.
- Katı ısıtılmış yüzeyler üzerinde taşıyıcılar veya karıştırıcılar yardımı ile kurutulur.

- Isıtılmış yüzeylerden kendi ağırlığı ile düşen maddeden sıvı buharlaştırılır.

### 3.7.2 Çalışma prensibine göre kurutucuların sınıflandırılması

#### 1. Kesikli kurutucular

Kesikli işletimler için kullanılan başlıca kurutucular:

- Tepsi ya da kompartman kurutucular, atmosferik ya da vakum
- Kesikli karıştırmalı kurutucular, atmosferik ya da vakum
- Kesikli karıştırmalı, döner kurutucular, atmosferik ya da vakum.

**Tepsi tipi kurutucular:** Tepsi tipi kurutucular kesikli ya da sürekli olarak işletilebilen sistemlerdir. Kurutulacak maddenin ya da kurumuş olan ürünün kıvamı kolaylıkla tepsilere yükleme ya da boşaltmaya uygunsu bu tip kurutucular kullanılır. Ayrıca kurutulacak maddenin akışkan özelliği yoksa ve ürünlerin birbirilerini kirletmesi önemli ise tepsi tipi kurutucular kullanılır. Bu tip kurutucularda hava akış hızı yavaş buna bağlı olarak kurutma süresi uzundur.

Bu tip sistemlerde direkt veya direkt olmayan kurutma yapılabilir. Atmosfer basıncında çalışılabildiği gibi kurutulacak maddeler sıcaklığa dayanıklı değilse vakum altında da çalışılabilir. Tepsi tipi kurutucular genel olarak bir oda içinde birçok metalden yapılmış levhalar ya da vagonlar içerir. Kurutma bu levhalar ya da vagonlar üzerinde gerçekleşir. Tepsilerin derinliği 5 ile 15cm arasında değişir. Tepsiler, havanın tepsiler üzerinde ve kurutucu içerisinde dolaşacak şekilde tasarlanır. Tepsi tipi bir kurutucunun şekli aşağıda gösterilmiştir.

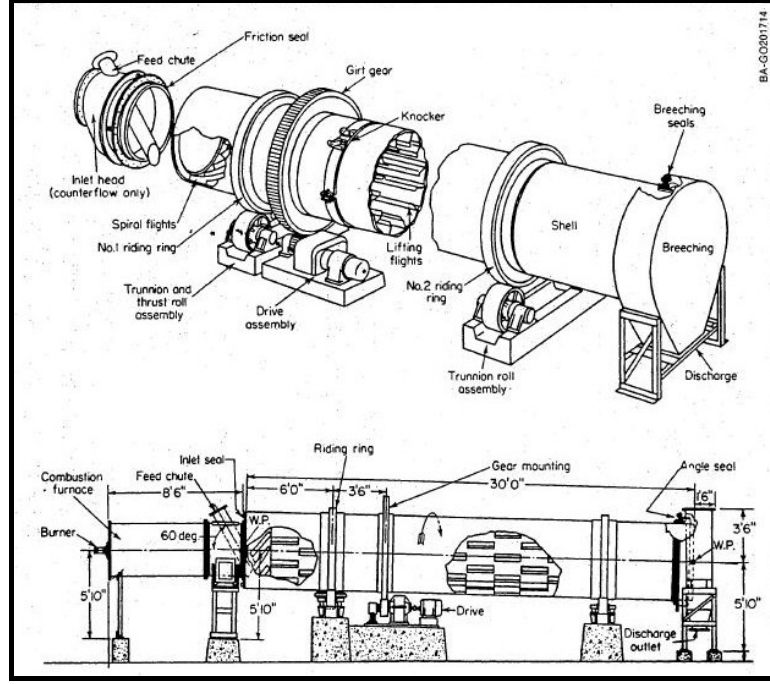


Şekil 3.3 Tepsi tipi kurutucu

Tepsi tipi kurutucular boya ve ilaç sanayinde kullanılmaktadır. Bu tip kurutucularda direkt ve indirekt kurutma yapılabilir. Sert katı maddelerin kurutulması istendiğinde elektrikle ısıtılan tepsiler kullanılır.

## 2. Sürekli kurutucular

***Döner tipi kurutucular:*** Taneli ve kristal yapıya sahip ürünlerin kurutulmasında kurutma işleminin başlangıcında genellikle uygulanan taşıma metotlarından birisi ile taşınabilecek kadar kuru, kurutucunun duvarlarında birikmeye sebep olmayacak kadar az yapışkan maddeleri kurutmak için döner kurutucular kullanılır. Bütün döner kurutucular eksenleri yatayla ufak bir açı yapacak şekilde kurulmuş ve kendileri etrafında döndürülecek şekilde oturtulmuş, silindirik bir gövdeye sahiptirler. Bir döner kurutucu şekli aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Döner kurutucu

Besleme kurutucunun yüksek tarafından yapılır ve kurutulmak istenen madde döne döne alçak kısma doğru ilerler ve kuru ürün alçak kısımdan alınır. Döner kurutucularda kurutma kurutucu içinde dolaşan sıcak hava ile yapılır. Döner kurutucuların uzunlukları genellikle çaplarının 4-10 katıdır. Kurutucunun çapı ise 0.5 -3m arasında değişmektedir. Gaz akışı katı hareketine göre paralel veya ters yönde olabilir. Gazın akış hızı katının tozlanma durumuna göre değişebilir.

### 3.7.3 Kurutulacak maddenin özelliklerine göre kurutucuların sınıflandırılması

#### 1. Hassas ürünler için

Eğer kurutulacak ürün sıcaklık açısından hassas ise aşağıdaki tiplerde kurutucular kullanılır:

- Kesikli karıştırma
- Aradan sirküleli

- Akışkan yatak
- Vakum bant
- Pnömatik

Eğer kurutulacak ürün mekanik açıdan hassas ise aşağıdaki tiplerde kurutucular kullanılır:

- Aradan sirküleli
- Vakum bant
- Sürekli bant
- Sürekli tepsili

Eğer kurutulacak ürün oksidasyon açısından hassas ise aşağıdaki tiplerde kurutucular kullanılır:

- Vakum tepsili
- Vakum bant
- Sprey

## **2. Tehlikeli ürünler için**

Eğer kurutulacak ürün tozlu ise aşağıdaki tiplerde kurutucular kullanılır:

- Karıştırmalı kesikli
- Vakum bant
- İndirekt döner

Eğer kurutulacak ürün toksit madde ise aşağıdaki tiplerde kurutucular kullanılır:

- Kesikli karıştırmalı
- Vakum bant

Eğer kurutulmak istenen madde yanıcı ise aşağıdaki tiplerde kurutucular kullanılır:

- Kesikli karıştırılmalı
- Vakum bant

3. **Özel formda üretim**

- Aradan sirküleli
- Vakum bant
- Sprey
- Drum

4. **Ürün başına düşük maliyet**

- Akışkan yatak
- Direkt döner

## 4. DONDURARAK VE VAKUM İLE KURUTMA TEKNİĞİ

### 4.1 Dondurarak Kurutma Tekniği

Sıcak hava kullanılarak gerçekleştirilen klasik kurutmadaki yüksek sıcaklıklara ısıtılamayacak bazı biyolojik maddeler, gıdalar ve ilaçlar dondurarak kurutulabilir. Burada kurutulacak madde genellikle donuktur. Dondurarak kurutmada su veya bir başka solvent, vakum odasında donuk maddeden süblimleşme ile buhar şeklinde uzaklaştırılır.

Kural olarak, dondurarak kurutma, tüm kurutma yöntemleri ile elde edilebilecek gıdalar içinde en yüksek kalitede olanı üretir. nemli bir faktör, donuk maddenin sblimleşmenin gerçekleştiği yüzeydeki katı yapısıdır. Bu sertlik, katı matrisin kurutma sonrasında yıkılmasını büyük ölçüde engeller. Sonuçta elde edilen kurutulmuş üründeki gözenekli, büzülmemiş yapı, daha sonradan maddeye su eklendiğinde hızlı ve neredeyse tam bir rehidrasyon gerçekleşmesini sağlar.

Gıda ve biyolojik maddelerin dondurarak kurutulması ayrıca tat ve aromanın çok az miktarda kaybolması avantajına da sahiptir. Düşük proses sıcaklıkları, sıvı suyun nispi olarak yokluğu ve maddenin herhangi bir lokal bölgesinin tam hidrasyondan neredeyse tamamen kurutulmuş hale geçmesi, normalde klasik kurutmada ortaya çıkan bazı bozulma reaksiyonlarını en aza indirir. Bu reaksiyonlardan bazıları, enzimatik olmayan esmerleşme, protein denatürasyonu ve enzimatik reaksiyonlardır. Herhangi bir gıda maddesinde, bağlı su veya soğurulmuş su denilen bir kısım donmamış su neredeyse kaçınılmaz olarak dondurarak kurutma sırasında mevcut olacaktır, fakat genellikle halen ıslak kalmış bölge için keskin bir geçiş sıcaklığı vardır ve bu sıcaklığın altında ürün kalitesi fark edilir şekilde yükselir. Bu kalite artışı, dondurarak kurutmanın yararlı ürün özelliklerini elde edebilmek için yeterli miktarda suyun dondurulduğunu gösterir.

Ancak, dondurarak kurutma pahalı bir gıda kurutma yöntemidir çünkü kuruma hızı düşüktür ve vakum kullanılır. Gıdanın soğukta işlenmesi ve depolanması gibi bir ihtiyaç gerekmediğinden prosesin maliyeti bir ölçüde dengelenmiş olur.



Dondurarak kurutma, kahve, soğan, çorbalar, bazı deniz ürünleri ve meyveler gibi diğer yöntemlerle kurutulması zor olan gıdalarda artarak kullanılmaktadır. Dondurarak kurutma ayrıca ilaç sanayi ürünlerinin kurutulmasında da artan şekilde kullanılmaktadır.

Dondurarak kurutmada tatmin edici bir kurutma hızı elde edebilmek için çok düşük basınçlar, bir diğer deyişle çok yüksek vakum gerekir. Eğer su saf halde ise, 0°C'de veya yakınında 4.58 mmHg mutlak basınçta dondurarak kurutma gerçekleştirilebilir. Fakat su genellikle kombine halde veya çözelti halinde bulunduğundan, suyun katı fazda tutulması için madde 0°C'den daha düşük sıcaklığa soğutulmalıdır. Çoğu dondurarak kurutma işlemi -10°C veya daha düşük sıcaklıkta, yaklaşık 2 mmHg veya daha düşük mutlak basınçta yapılmaktadır.

Kısaca dondurarak kurutma, stabilize edilecek ürüne aşağıdaki işlemlerin yapıldığı çoklu bir operasyondur:

- 1- Düşük sıcaklıklara soğutmak suretiyle katı şekilde dondurulması
- 2- Genellikle düşük basınçta, donuk solventin doğrudan süblimleşmesi ve bağlı veya soğurulmuş (donmamış) solventin geri bırakılması (desorption),
- 3- Kontrollü koşullarda (oksijensiz ve su buharsız, genellikle hava geçirmez, inert kuru gaz ile doldurulmuş opak kaplarda) kuru halde muhafazası.

Dondurarak kurutma prosesi üç aşama içerir; dondurma aşaması, birincil kurutma aşaması ve ikinci kurutma aşaması.

Dondurma aşamasında işlenecek gıda veya çözelti, tüm maddenin donuk halde olduğu bir sıcaklığa kadar soğutulur.

Birincil kurutma aşamasında, donuk çözücü süblimleşme ile uzaklaştırılır, bunun için ürünün kurutulacağı basıncın, yani sistemin (kurutucunun) basıncının, donuk çözücünün denge buhar basıncından daha düşük veya ona yakın olması gerekir. Birincil kurutma aşaması sırasında, donuk katmanın sıcaklığı çoğu zaman -10°C veya daha düşük ve mutlak basınç yaklaşık 2 mmHg veya daha düşüktür. Buz süblimleştikçe, dış yüzeyde

başlayan süblimleşme ara yüzü giderek geriye çekilir ve geride kuruyan maddenin gözenekli kabuğu kalır. Buharlaşan çözücü (su) buharı, kuruyan maddenin gözenekleri içinden taşınır. Birincil aşamada, bağlı suyun (donmamış suyun) bir kısmı geri bırakılabilir. Ortada artık donuk katman (süblimleşme ara yüzü) kalmadığında birincil kurutma aşaması tamamlanmış olur.

İkincil kurutma aşamasında ise donmayan çözücünün (bağlı su veya soğurulmuş su) uzaklaştırılması gerçekleşir. İkincil kurutma aşaması, birincil kurutma aşamasının bitiminde başlar ve geri bırakılan su kuruyan maddenin gözenekleri içinden taşınır.

#### **4.2 Vakumla Kurutma Tekniği**

Klasik kurutmada gıda kalitesinin aşırı ısınma nedeniyle zarar görmesi vakum sistemlerinin kullanılmasına yol açmıştır. Bu sistemde suyun kaynama noktası düşürülüp su klasik kurutma sistemlerine göre daha yüksek bir hızda uzaklaştırılmaktadır. Fakat kuruma hızı ayrıca kurutulacak maddenin geçirgenliğine de bağlıdır.

Vakum kurutmada basıncın düşürülmesi ile suyun kaynama noktası 100°C'nin altına düşürülmektedir. Vakum kurutma hızı ortamdaki kısmi hava basıncı ile ters orantılıdır ve 100°C'nin üzerindeki yüksek sıcaklıkla kurutmada elde edilen kuruma hızları ile karşılaştırılabilir seviyededir.

Denge nem miktarı klasik kurutmaya göre vakum kurutmada önemli ölçüde daha düşüktür. Vakum altındaki denge nem miktarının bilinmesi vakum kurutmada önemlidir çünkü suyun buhar basıncı lif doyma noktasının altındaki nem miktarlarında, denge nem miktarı ile yakından ilişkilidir. Lif doyma noktası, kurutma esnasında serbest suyun hücre boşluklarından uzaklaştığı, sadece hücre duvarlarındaki bağlı suyun kaldığı noktayı belirtir. Atmosfer basıncında bağıl nem; havadaki suyun kısmi buhar basıncının doymuş suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanır. Vakum altında ise hiç hava olmadığından, kısmi hava basıncı yoktur, böylece sistemdeki mutlak basınç suyun buhar basıncı ile aynıdır.

Vakum kurutma sistemleri, ürüne ısı aktarımının yapıldığı yönteme göre dört tipe ayrılabilir. Bunlar; (1) sıcak bir plaka veya elektrikli ısıtıcı battaniye ile doğrudan temas suretiyle kondüksiyon, (2) yüksek sıcaklıkta kızgın (superheated) buhar kullanarak konveksiyon, (3) çevrimsel sistemlerde olduğu gibi sıcak hava kullanarak konveksiyon, ve (4) radyo-frekansında dielektrik ısıtmadır. Çevrimsel vakum kurutma kesikli kurutmadır, diğerleri ise sürekli sistemlerdir. Sıcak plakalı bir vakum kurutucu kullanılarak kondüksiyon uygulanırken, ürünler alüminyum ısıtıcı plakalar arasına serilir. Plakalar içinden sıcak su akar ve bunlar ürünü gerekli sıcaklıklara çıkarırlar, konveksiyonda ise, vakum koşullarında ısının kurutucudaki ürünlere aktarılmasının bir yolu yoktur. Havanın yokluğunda, konveksiyon neredeyse hiç mevcut değildir ve ürün etrafındaki ışınım ısısı sadece istifin dışını ısıtabilir.

Günümüz sanayisinde popüler olan bazı alternatif ısıtıcı kaynaklar da vardır; radyo frekansında (RF) dielektrik ısıtma ve mikrodalga ısıtma. RF dielektrik ısıtmada, RF elektrik akımı uygulanır, moleküller doğrultularını döngüsel olarak değiştirir ve sonuçta moleküllerin hızlı bir vibrasyonu meydana gelir, böylece ısı üretilir. RF ile üretilen ısı, ürün içinde çok kısa sürede yüksek sıcaklıklar meydana getirir. Benzer şekilde, mikrodalga enerjisi gıdalara uygulandığında, ürün içinde ısı üretilir, böylece ürünün sıcaklığı hızlıca artar. Dolayısıyla su uzaklaştırma hızı klasik kurutmadakinden daha yüksektir. Mikrodalga kurutmanın en önemli avantajları arasında zaman ve enerji tasarrufu yer almaktadır. Fakat aşırı ısınma nedeniyle üründe hasar meydana gelmesi mikrodalga ile işlemedeki problemler arasında yer alır. Bu problem mikrodalga ısıtmanın vakumlu ortamda uygulanması ile çözülür (Hui 2008).

## 5. MİKRODALGA VE MİKRODALGA-VAKUM İLE KURUTMA TEKNİĞİ

Mikrodalga teknolojisi II. Dünya Savaşı sırasında askeri ekipmanların üretimi ve tasarımı üzerine yapılan çalışmalarda keşfedilmiştir. Mikrodalgadan yararlanılarak ısıtmanın endüstriyel uygulamalarının araştırılmasına 1940'lerde başlanmıştır. Mikrodalga teknolojisinin endüstriyel uygulamaları, kömüre mikrodalga ile muamele edilerek organik kükürt ve diğer potansiyel kirleticilerin giderilmesinde, dondurulmuş gıdaların temperlenmesinde, kauçuk vulkarizasyonunda ve makarna ürünleri kurutulmasında kullanılan bazı yöntemleri içermektedir (Kingston 1988). Isı enerjisi olarak mikrodalga enerjisinden 1950'li yıllarda sanayide patates cipsi son kurutmasında yararlanılmış, ilk ev tipi mikrodalga fırın 1955 yılında Roytheon lisansı ile üretilmiştir.

Mikrodalga teknolojisi gıda sektörü de dâhil olmak üzere bilimsel ve tıbbi alanlarda geniş bir uygulama alanına sahiptir (Decareau 1985). Mikrodalga teknolojisinin kullanıldığı alanlar; gıda prosesleri (ısıtma, çözme, kalite kontrol), endüstriyel ürünlerin kurutulması (kâğıt, odun), kimyasal reaksiyonların hızlandırılması (mikroreaksiyon kontrolü), endüstriyel ürünlerin eritilmesi (cam, lastik, sulu çamur), sinterleme (seramik, maden tozu), plazma üretimi, mineral prosesleri (kaya parçalama, ufalama), atık arıtma ve geri dönüşüm prosesleridir (Gwarek 2004).

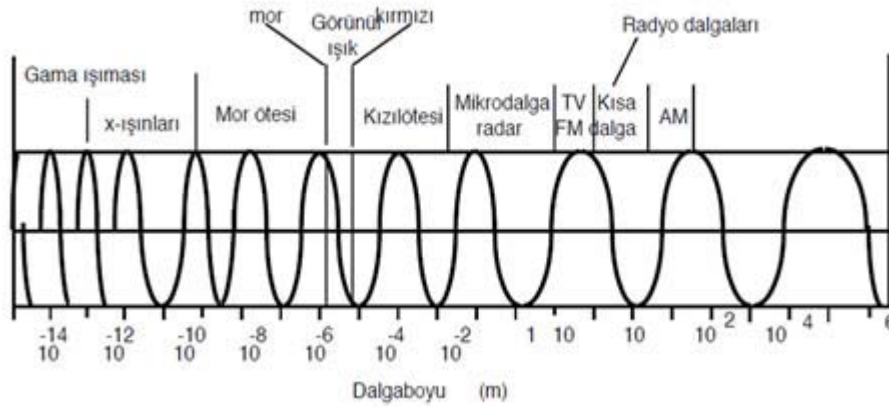
Gıda endüstrisi mikrodalga enerjisinin en fazla kullanıldığı alanlardan bir tanesidir. Mikrodalga ısıtma; gıda endüstrisinde haşlama, pişirme, kurutma ve donmuş gıdaların çözünmesinde kullanılmaktadır (Rosenberg ve Bogl 1987, Giese 1992, Kakita 1995).

Geleneksel ısıtma yöntemlerinden farklı olarak mikrodalga ısıtmanın tüketiciye sağladığı en önemli avantaj çabuk ısıtmasıdır. Bu yöntem ile kurutma besin maddelerinin klasik yöntemle kurutmaya göre neredeyse 20 kat daha hızlı olabilmektedir (Marmelstein 1989). Mikrodalga ısıtmada ortam ısınmadığından işlemin başlaması ve bitmesi kısa sürede gerçekleşir (Alpaslan ve Taşan 1996).

Mikrodalga frekansları genel olarak 300-300000 MHz frekans aralığını kapsar. Federal komünikasyon Komitesi (FCC-ABD) tarafından Kuzey Amerika’da sadece 915, 2450, 5800 ve 24225 MHz frekanslarının kullanımına izin verilmiştir (Venkatesh 2004). Gıda endüstrisinde frekans bandı olarak 950-2450 MHz olan mikrodalga kullanılır.

Mikrodalgalar elektromanyetik dalga olarak yayılırlar. Radarlarda, mikrodalga fırınlarında, cep telefonlarında, kablosuz Internet erişiminde, bluetooth kulaklıklarda, mağaza güvenlik sistemlerinde, mikrodalga frekansları kullanılır. "**Mikrodalga**" sözü elektromanyetik dalganın dalga boyunun 1 metreden kısa olduğu frekansları tanımlar. Şekil 5.1’ de elektromanyetik dalga spektrumu verilmiştir. Dalga boyunun 1 cm'den kısa olduğu frekanslara (30-300 GHz aralığı) "milimetrik" dalga ismi de verilir.

Infrared ışınları ile radyo dalgaları arasında yer alan dalgalara süper yüksek frekanslı (Super High Frequency, SHF) sinyaller, mikrodalgalar adı verilmektedir (Kingston 1988).



Şekil 5.1 Elektromanyetik dalga spektrumu

## 5.1 Mikrodalga Fırınların Tasarımı

Mikrodalga fırının elektronik motorları, röleleri, kontrol devreleri, dış kaplama içine monte edilirler. Ön panel, kullanıcıya mikrodalgayı ayarlama imkânı sunar ve kapak üzerindeki cam ısıtma işlemi sırasında yiyeceği izlemeye yarar. Çelik fırın boşluğu üzerinde magnetron, yüksek frekanslı mikrodalga salınımları yayan elektronik tüp

yerleştirilir. Bu da mikrodalgaları yaratır. Mikrodalgalar metal dalga yönlendirici ile dönen fana iletilir. Fan, dalgaları fırın içine eşit yayar. Üreticilerin tasarımları, mikrodalgaları daha iyi dağıtmak üzerine değişir. Bazıları karşılıklı duvarlarda bulunan çift fan kullanırken bazıları mikrodalgaların hem yukarıdan hem de aşağıdan girmesini sağlayan giriş boşlukları yaratmışlardır. Ek olarak, birçok fırın tabağın döndürüldüğü bir yapıya sahiptir.

Fırınlarda genelde tek parça katlanmış metalden yapılır. Fırının iç panelleri ve kapaklar, galvanizli ya da paslanmaz çelikten yapılırlar ve genelde akrilik emaye ile kaplanır. Yemek pişirme yüzeyi, çoğunlukla seramik ya da camdan yapılır. Fırının içinde elektromekanik yapılar ve kontrol bileşenleri bulunur. Ayrıca, metalden yapılmış magnetron tüpü, dalga yönlendirici ve fan bulunur.

Genellikle mikrodalga fırınlar aşağıdaki kısımlardan oluşur:

- i. Güç kaynağı ve kontrol
- ii. Magnetron
- iii. Frekans Yönlendirici
- iv. Karıştırıcı
- v. Döner tabla
- vi. Pişirme boşluğu
- vii. Pencere

## 5.2 Isıtma Prosesi

Mikrodalga proseslerinde *iyonik kondüksiyon* ve *dipolar rotasyon* olmak üzere iki ısıtma mekanizması vardır (Oliveira 2002). Bir malzemenin mikrodalga ile ısıtılması; ya uygulanan elektrik alan şiddetinin bir sonucu olarak iyonik bileşenlerin harekete geçmesiyle ya da uygulanan elektrik alanın genlik değişimine bağlı olarak moleküllerin önce polarize daha sonra depolarize olmaya çalışırken ortaya çıkardıkları salınım hareketinin bir sonucu olarak gerçekleşmektedir. Hacimsel ısıtma, mikrodalga ile

ısıtmanın en önemli özelliğidir (Vadivambal 2007). Hacimsel ısıtma, materyallerin mikrodalga enerjisini direkt olarak iç kısımlardan absorbe etmesi ve bu enerjiyi ısıya dönüştürmesi ile gerçekleşmektedir (Gowen 2006).

Mikrodalgalar yüzeyden yansıma yaparlar, bu nedenle metalleri ısıtmazlar. Mikrodalga ısıtma sistemi dört temel bileşen ile yapılmaktadır. Bunlar güç uygulayıcı, magnetron, hedef malzemenin ısıtılması için aplikatör ve jeneratörden gelen mikrodalgaları aplikatöre ileten dalga rehberidir. Mikrodalga enerjisi, bir güç kaynağınca yüksek voltajlara çevrilmiş elektrik enerjisinden kaynaklanmaktadır. Bu yüksek voltajdaki enerji, mikrodalga güç tüpüne veya jeneratörüne uygulanmaktadır (Stephen 1997).

Mikrodalga kaynaklarına bakılacak olursa, vakum tüpleri; yüksek güç ve frekanslardaki mikrodalgaların elde edildiği kaynaklardır. Mikrodalga için kullanılan vakum tüpleri; magnetron, yürüyen dalga tüpleri (TWT) ve klystronu içermektedir (Thostenson 1999). Magnetron tüpü endüstride ve evde en yaygın kullanılan mikrodalga kaynağıdır (Regier 2005). Bu yaygın güç tüpü magnetrondur ve enerjisini fırın, dalga klavuzu ve ya ısıtılacak maddeyi içeren başka bir cihaza yaymaktadır. Klasik mikrodalga fırınlarda kullanılan magnetronlar kilowatt seviyesinde enerji üretirken, endüstride kullanılan magnetronlar megawatt seviyesinde enerji üretebilirler. Magnetron bir anot ve doğrudan ısıtılmış bir katoda sahip bir dioddur. Katot ısıtıldıkça elektronlar serbest kalır ve anoda doğru çekilirler (Stephen 1997).

Mikrodalga; infrared ve görünür ışık gibi yansımakta, iletilmekte ve absorbe edilmektedir. Bir maddenin mikrodalga enerjisi kullanılarak ısıtılması, o maddenin üzerinden gelen mikrodalga ışınımını absorbe etmesine ve bünyesine aldığı bu enerjinin yardımıyla molekülleri arasında meydana gelen titreşim ve sürtünmeler sonucunda sıcaklığının artması prensibine dayanmaktadır. Absorbe edilen elektromanyetik enerji moleküler faaliyetler sonucunda ısı enerjisine dönüştürülmektedir; ancak elektromanyetik enerjinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşebilmektedir. Dönüştürülemeyen enerji nedeniyle bir kayıp faktörü tanımlanmıştır.

### 5.3 Permittivite ( $\epsilon$ ) ve Kayıp Faktörü

Mikrodalga enerjisini absorblama yeteneğine sahip olan maddelerin, enerjiyi depolama özelliği dielektrik özelliktir (Platts 1991, Stephen 1997). Dielektrik sabiti, cismin mikrodalga enerjisini tutabilme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Bu büyüklük, enerjinin ne kadarının numune tarafından absorblanıp ısıya dönüştüğünü ve ne kadarının havanın numune ara yüzeyinde yansıdığını göstermektedir (Decareau 1985). Materyallerin dielektrik özellikleri permittivite ile ifade edilmektedir (Venkatesh 2004).

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon'' \quad (5.1)$$

Permittivitenin gerçek kısmına dielektrik sabiti ( $\epsilon'$ ) ve sanal kısmına ise dielektrik kayıp faktörü ( $\epsilon''$ ) denilmektedir. Dielektrik sabiti ( $\epsilon'$ ) materyalin oluşan enerjinin ne kadarını depolayabileceğini, dielektrik kayıp faktörü ise ( $\epsilon''$ ) materyalin oluşan enerjinin ne kadarını absorbe edip ısıya dönüştürebileceğini ve  $j$  de  $\sqrt{-1}$  değerini ifade etmektedir (Wang 2003).

Mikrodalgalar temas ettikleri madde ile etkileşime girerler; absorbe edilir, yansıtılır veya hiçbir değişikliğe uğramadan yollarına devam ederler. Mikrodalgalar gıda maddeleri tarafından absorbe edildiği zaman elektromanyetik enerji, kısmen ısı enerjisine dönüştüğünden azalmaktadır. Bu özellik “kayıp faktörü” olarak ifade edilir (Decareau 1985). Kayıp faktörü yüksek olan gıdalar mikrodalga etkisiyle daha çabuk ısınmaktadır (Giese 1992). Kayıp faktörü değeri; elektromanyetik dalgaların frekansına, materyalin sıcaklığına, fiziksel durumuna ve bileşimine bağlı olarak değişmektedir (Galema 1997). Mikrodalga uygulamasında etki kalınlığı kullanılan ışının dalga boyu ve maddenin dielektrik özelliklerine bağlıdır. Genel olarak dalga boyu uzadıkça etki kalınlığı artar. 915 MHz’ de ışınların etki kalınlığı yaklaşık olarak 30 cm, 2450 MHz’ de 10 cm’ dir. Mikrodalgaları absorbe eden gıda maddelerinde ısınma moleküler sürtünme sonucunda oluşur. Magnetron ile üretilen mikrodalga ışının pozitif ve negatif merkezlerinin yön değiştirmelerine paralel olarak, üründe bulunan polar moleküller yön değiştirirler. Sanayide milyonlarca kez oluşan bu hareket sonucu moleküler sürtünme



ısıyı açığa çıkar ve madde ısınır. Mikrodalgaların etki edebildiği kalınlıktaki tüm moleküllerin aynı andaki hareketi ısınmanın ani ve homojen olmasını sağlar.

Mikrodalga ile ısınma, mikrodalganın gücüne, ısıtılacak maddenin özgül ısısına, şekline yüzey alanına ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Klasik ısıtma yöntemlerinde ısı, kondüksiyon, konveksiyon ya da radyasyon ile aktarılmaktadır. Tersine mikrodalga uygulayarak ısıtmada klasik ısıtmaya göre daha hızlı bir ısı artışı gözlenmektedir (Decareau 1985). Aynı zamanda bir maddenin mikrodalga ile etkileşime geçip ısı üreten kısımları polar molekülleridir. Gıdaların en temel bileşenlerinden biri olan su polar bir bileşiktir ve mikrodalga elektrik alanının varlığında, su moleküllerinin hareket yetenekleri hızla artmakta ve açığa çıkan kinetik enerji tüm kütlenin ısınmasını sağlamaktadır (Platts 1991).

Yüksek frekansa dönüştürülen elektrik enerjisinin elektromanyetik dalga(radyo dalgası) olarak maddenin (gıdanın) içine dalarak, molekülleri özellikle de su moleküllerini kutuplaştırarak, titreştirmesine dayanır. Yüksek hızda meydana gelen bu titreşim sonucunda, radyo dalgasının taşıdığı enerji, madde içerisinde ısıya dönüşür. Dielektrik kayıplarla ısıtma (dielectric heating) adı verilen bu tekniğin, sıcak hava, buhar, enfraruj gibi klasik enerji yöntemlerinden farklı olarak; daha hızlı ve içten ısıtmanın olması ve ısı iletim aletinin olmaması gibi çok önemli özellikleri vardır.

Bu özellikleriyle, mikrodalga enerjisinin gıda sektöründe kullanılması, klasik enerjili sistemlere nazaran enerji ve zaman tasarrufu sağlaması bu konudaki uygulamaların önemini daha da artırmıştır.

#### **5.4 Mikrodalga Isıtmayı Etkileyen Faktörler**

Gıda maddelerinin mikrodalga enerjisi ile ısıtılması, ısıtma ekipmanının ve ısıtılacak gıda maddesinin birçok özelliği tarafından etkilenmektedir. Bu etkiler gıdaların mikrodalga enerji ile ısıtılmasında dikkate alınmalıdır (Yurdagel vd. 1994).

- Frekans
- Mikrodalga gücü ve ısıtma hızı

- Gıdanın kütlesi
- Gıdanın su içeriği
- Yoğunluk
- Sıcaklık
- Fiziksel geometri
- Elektriksel İletkenlik
- Dielektrik Özellikler
- Spesifik ısı

**Frekans:** Mikrodalga enerjinin frekansı ve buna bağlı olarak değişen dalga boyu ısıtılacak materyale işleme derinliğini direkt olarak etkilemektedir. Besin maddelerinde çoğunlukla bulunan su için yarı-güç derinliği 2450 MHz frekansta, 2.3 cm ve 915 MHz frekansta 20 cm' dir. Bu nedenle ısıtılacak maddenin boyutlarına göre seçilecek frekans da önem taşımaktadır (Schiffmann 1990).

**Mikrodalga gücü ve ısıtma hızı:** Birçok endüstride mikrodalga sistemi 5-100 kW arasında değişen mikrodalga gücünde çalışmaktadır. Güç akışının verilen kütle için yüksek olması, sıcaklığın hızla artmasına neden olmaktadır. Bu gibi sistemlerde mikrodalga ısıtmanın hızı güç akışının değişimi ile kontrol edilmektedir. Mikrodalga gücü dolayısıyla yaratılan problemlerden biri homojen olmayan sıcaklık dağılımıdır. Bunun nedeni kısmen çabuk ısınan kısımlardan daha yavaş ısınan kısımlara ısı transferinin düşük hızda gerçekleşmesi, kısmen de ısıtılan materyalin şekli, örneğin köşeli bir gıda olmasıdır (Yurdagel vd. 1994).

**Gıdanın Kütlesi:** Genel olarak materyalin kütlesi büyüdükçe, sabit güçteki bir mikrodalga ekipmanında ısıtma için gerekli süre artmaktadır. Ancak ısıtmanın etkinliği genellikle kütledeki artışla artmaktadır. Isıtılacak toplam kütle göz önüne alındığında,

istenen ısıtmayı sağlayabilmek için kütle ile mikrodalga gücün miktarı arasında direkt bir ilişki vardır. Toplam kütle küçük ise kesikli bir sistem işlem için daha uygundur. Ancak kütle büyüdükçe bantlı sistemlerin kullanımı daha verimlidir. Bu gibi sistemlerde ıslıyı homojen bir şekilde sağlamak da mümkün olmaktadır (Decareau 1992 vd. Yurdagel 1994,).

**Gıdanın su içeriği:** Su genellikle mikrodalga enerjisinin absorblanmasında önemli bir etkindir. Yüksek su içeriği, gıdanın yüksek dielektrik kayıp faktörüne sahip olması, dolayısıyla daha iyi ısınmasını sağlar. Ancak düşük su içeren gıdalar da mikrodalga ortamında iyi ısıtılabilirler, bu işlem spesifik ısıdaki azalma sayesinde olmaktadır. Genel olarak, gıdanın nem içeriği yüksekse dielektrik sabiti yüksek olur. Dielektrik kayıp faktörü, nem içeriği %20-30 oluncaya kadar artış gösterir ve bazı durumlarda bu nem içeriğinden sonra azalma olabilir (Yurdagel vd. 1994).

**Yoğunluk:** Yoğunluk direkt olarak dielektrik sabitini etkilemektedir. Havanın dielektrik sabiti 1,0 'dir ve tamamen geçirgendir. Böylece yapısında boşluklar olan ve hava içeren bir materyalin dielektrik sabiti azalmaktadır. Bununla birlikte materyalin yoğunluğunun artmasıyla dielektrik sabiti hemen hemen lineer olarak artmaktadır.

**Sıcaklık:** Dielektrik kayıp faktörü sıcaklıkla materyale de bağlı olarak artar veya azalır. Isıtma işlemi süresince materyalin sıcaklık ve nem içeriğinde değişimler olduğundan, buna bağlı olarak dielektrik özelliklerinde de önemli değişimler ortaya çıkar. Mikrodalga ısıtma sırasında üründe meydana gelen faz değişimi dikkate alınmalıdır. Örneğin dondurulmuş materyalin ısıtma özellikleri üzerine etkisi, su ve buzun dielektrik özelliklerinin farklı olmasından dolayı önemlidir. Su mikrodalga alanında oldukça absorbe edicidir ve iyi ısınır, buz ise geçirgendir ve ısıtılması çok zordur ve zaman alır. Gıda materyalinin başlangıç ıslısı kontrol edildiği sürece mikrodalğanın gücü veya ısıtma süresi homojen bir son sıcaklık için ayarlanabilmektedir.

**Fiziksel geometri:** Ürünün fiziksel geometrisi de mikrodalga ısıtma üzerine etki etmektedir. Isıtılacak gıdanın şekli ne kadar düzenli ise ısı dağılımı o kadar düzenli olmaktadır. Keskin köşe ve açılar mikrodalga ısıtmada aşırı ısınan bölgelerdir. Bu

nedenle küresel şekilli gıdalar küp şekillerden daha homojen ısınmaktadır. Eğer gıda materyalinin şekli düzensiz ise gıdanın tümü ısınana kadar özellikle ince olan kısımlarda yanmalar veya aşırı ısınmalar ortaya çıkabilmektedir. Gıda maddesinin geometrisi mikrodalga ısıtmada önemli bir faktör olduğundan dolayı mikrodalga ısıtma için ideal şekil küredir (Yurdagel vd.1994).

**Elektriksel İletkenlik:** Elektriksel iletkenlik, materyalde elektrik akımının iyon ve elektronların yer değiştirmesi ile taşınması olayıdır. Mikrodalga sistemlerinde ısının üretilmesi için gerekli dönme mekanizması etkili olurken, özellikle gıda maddelerinin ısıtılmasında iyonik kondüksiyonun önemli bir rolü olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga ile ısıtılan ürüne tuz ilave edilmesi ürünün ısıtma hızını artırmaktadır. Çünkü tuz ilavesi penetrasyon derinliğine doğrudan etki etmekte ve yüzeyde aşırı ısınmaya neden olabilmektedir (Schiffmann 1986).

**Dielektrik Özellikler:** Dielektrik özellikler gıdaların mikrodalga ile ısıtılmaları sırasında önemli bir etkidir. Materyallerin dielektrik özellikleri maddenin su içeriğine, uygulanan elektrik alanın frekansına, materyalin sıcaklığına, yoğunluğuna, kimyasal bileşimine ve fiziksel yapısına bağlı olarak değişmektedir (Vankatesh 2004). Gıdaların temel bileşenleri olan su, yağ, karbonhidrat ve proteinlerin hepsi mikrodalga ile ısıtma üzerine doğrudan etkilidir (George 1991).

**Spesifik ısı:** Mikrodalga ısıtmada gıdanın özgül ısısı genellikle ihmal edilen bir parametredir, ancak ısıtma işleminin uzun sürmesi durumunda dikkate alınması gereken bir etken olmaktadır. Özgül ısı özellikle mikrodalga alanında ısıtmada düşük elektrik kaybı olan materyallerin ısıtılmasında önemli rol oynamaktadır. Kızartma yağlarının spesifik ısısı 2.0 kJ/kg °C, suyun ise 4.2 kJ/kg °C olarak bilinmektedir. Kızartma yağlarının mikrodalga alanında iyi ısıtılmadığı görülmektedir. Ancak yağlar mikrodalga alanında sudan daha hızlı ısınmaktadır, bu farklılık özellikle yağın düşük olan özgül ısısının etkisiyle ortaya çıkmaktadır (Schiffmann 1986).

## 5.5 Gıda Endüstrisinde Mikrodalga Uygulamaları

Gıda endüstrisinde ilk mikrodalga uygulaması 1950'li yıllarda sanayide patates cipslerinin son kurutması olduğundan bitkisel ürünlerde mikrodalga kullanımı mikrodalga tarihi kadar eskidir (Decareau 1985, Anonymous 1989, Thuery 1992).

Çizelge 5.1 Gıda endüstrisinde mikrodalga uygulamaları (Decareau 1992)

İşlem	Gıda Ürünleri
Temperleme	Donmuş gıdalar, et, balık, meyve, tereyağı, trigliseridler, doku kültür hücreleri
Kurutma	Makarna, çerez gıdalar, soğan, pirinç kekleri, algler, meyve suyu
Pişirme	Domuz pastırması, etli börek, patates, domuz eti, tavuk, ringa balığı, fileto, patates cipsi, patates püresi, sucuk, sosis
Pastörizasyon	Taze makarna, ekmek, yemekler, soyulmuş patates, jambon-ön ısıtılmış gıda, meşrubat, süt, yengeç
Sterilizasyon Eritme Kavurma / kızartma Denatürasyon Fırınlama	Yemekler, ekmek, pizza, soyulmuş patates, yoğurt Donyağı, dondurma, çikolata Kahve, kakao tanesi, fındık, ceviz, algler, sığır eti Sucuk, sosis emülsiyonları Ekmek, kurabiye, patates, kekler

**Temperleme:** Donmuş ürünlerde, ürün sıcaklığı suyun donma derecesinin biraz altına kadar ısıtılması temperleme olarak tanımlanmaktadır (Evranoz 1994).

**Buz çözme:** Mikrodalga uygulamanın buzun tamamen çözdürülmesi için uygun olmadığı görülmüştür. Buzun dielektrik kayıp faktörü düşük olduğundan mikrodalga ışınlarına karşı geçirgendir ve zor ısınır. Bununla birlikte çözünen kısımlardaki su ise buza göre çok yüksek dielektrik kayıp faktörüne sahiptir ve çabuk ısınır. Isıtma süresi kontrol edilmezse çözünen kısımlar pişme sıcaklığına kadar ısınırken, buzlu bölgeler ancak ısınmaya başlar. Bu nedenle mikrodalgada tamamen buz çözdürme işlemi yaygın olarak kullanılmamaktadır (Knutson 1987, Decareau 1992). Ama birçok durumda gıda tamamen çözdürülmek istenmez ve 0°C'nin altına kadar ısıtılması yeterli olur. Bu işlem

için mikrodalga kullanılması ile hem geleneksel yöntemlerle oluşan zaman kaybı önlenmekte, hem de gıda tamamen çözüldürülmediği için mikrodalga kullanımının olumsuz etkilerinden kurtulmaktadır (Decareau 1992).

**Pişirme:** Mikrodalga pişirme ile unlu mamullerde (ekmek, kek, pasta, bisküvi vb.) alışılmış ve istenilen yüzey gevrekliği ve kızarması sağlanamamakta bu yüzden genellikle geleneksel metotlarla birlikte kullanılmaktadır. Bu işlem için önce mikrodalga ile pişirmeyle, daha sonra yüzey gevrekliği ve kızarması için 200-300 °C'lik fırınlarda işlem tamamlanmaktadır. Diğer taraftan kabuk oluşumunun fazla önemli olmadığı koyu renkli unlu mamullerde (kepekli ekmek, çavdar ekmeği gibi) mikrodalga uygulamasının daha üstün olduğu görülmüştür.

Süne-kıvımlı zararlı tavlı buğdaylara mikrodalga uygulamasının, tanenin öğütme ve un özelliklerine etkisi araştırıldığı bir çalışmada un veriminde artış sağlanmış, un veriminde artış olmasına rağmen kül miktarında azalma olduğu görülmüştür. Kuru öz miktarında artma belirlenmiş, ekmek hacminde artış olmuş, buna bağlı olarak da sünekimliliğin sebep olduğu zararın azaldığı görülmüştür. Elde edilen bütün sonuçlar mikrodalga uygulamasının sünedan taneye bulaşan enzimleri inaktive etmekle birlikte, kabuk-endosperm ayrılmasını artırdığı gözlemlenmiştir. Bu da değirmencilikte beyaz un verimi bakımından avantaj oluşturmaktadır (Anonymous 2009).

**Pastörizasyon ve sterilizasyon:** Mikrodalga ile pastörizasyon et ve et ürünleri, tavuk, yumurta ve yumurta ürünleri, balık, kabuklu deniz ürünleri ve süt ürünlerine uygulanmış ve duyu, yapısal ve mikrobiyolojik kalitenin arttığı, raf ömrünün uzatıldığı ve en önemlisi çok ekonomik ve hızlı olduğu görülmüştür (Harlfinger 1992).

Makarna üretiminde doğal kurutma olmasından dolayı geleneksel ısıtma yöntemleri ile pastörize edilmesi kolay değildir. Ürünün pakette gevşek olarak bulunması kondüksiyon ile ısı transferini önlemektedir. Modifiye atmosferle paketlenen ve mikrodalga pastörizasyonun beraber uygulanması ile ürünün raf ömrü 90-120 güne kadar uzatılmıştır. Mikrodalga işleminin küflere, mayalara ve ısıya duyarlı mikroorganizmalara karşı etkili olduğu çalışma kapsamında belirtilmiştir (Decareau 1992).

Günümüzde dilimlenmiş ambalajlı ekmeğin pastörizasyonu yapılabilen birkaç tane sanayi boyutlu mikrodalga sistem bulunmaktadır. Bu işlemin iki amacı vardır; bunlardan biri raf ömrünü artırmak, diğeri ise kimyasal koruyuculara olan ihtiyacı gidermektir. Mikrodalga uygulamanın ürün kalitesine hiçbir olumsuz etkisi olmadığı ve raf ömrünü önemli miktarda artırdığı görülmektedir. Hazır gıdaların birçok çeşidi ambalajlı olarak satılmaktadır (Decareau 1992). Ambalaj pastörizasyonu ve sterilizasyonu için ambalaj malzemelerinin mikrodalga geçirgenliğine ve yüksek erime noktalarına sahip olması gerekmektedir. Ayrıca metallerin mikrodalgaları yansıtmasından dolayı, bazı metal içerikli paketler gıda sıcaklıklarını oldukça değiştirebilmektedirler. Bazı durumlarda, ısınan ambalaj materyali yüzeyinde yeknesak dağılımını sağlamak amacıyla mikrodalga enerjisi dağıtmak için metal şeritler plastik ambalaj materyaline kasıtlı olarak eklenmektedir. Ambalaj pastörizasyonu için en çok kullanılan ambalaj materyalleri polipropilen, etilen vinil alkol (EVOH) ve polietilen terapete (CPET) film gibi ambalajlardır (Anonymous 2008).

**Haşlama:** Yapılan bilimsel çalışmalarda mikrodalga ile haşlamanın başarı ile uygulanabileceği görülmüştür. Fakat ekipman maliyetinin yüksek olması nedeniyle ticari uygulamalarda yaygın kullanım alanı bulamamıştır. Mikrodalga haşlama işleminde en başarılı denemeler domates ve soya fasulyesindeki enzim inaktivasyonudur (Giese 1992). Mikrodalga haşlamanın en büyük avantajı vitaminler ve uçucu aroma maddeleri gibi ısıya karşı hassas besin maddelerinin daha iyi korunmasını sağlamasıdır (Thuery 1992).

**Kurutma:** Gıda ürünlerine uygulanan kurutma işleminin temel hedefi, suyun gıdalarda meydana gelen mikrobiyal bozulmaların önlenildiği seviyeye kadar gıdalardan uzaklaştırılmasıdır. Kurutulmuş gıda maddelerinin rağbet görmelerinin temel sebepleri, ürünlerin raf ömürlerinin daha uzun olması ve hacimlerinin önemli miktarda azalmasıdır (Vadivambal 2007).

Sanayide en fazla süre ve enerji gerektiren ısı işlemlerden birisi kurutma işlemidir. Geleneksel kurutma işlemlerinde karşılaşılan en büyük sorun yüzey sertleşmesi sonucu ısı ve kütle geçişinin yavaşlamasıdır. Mikrodalga kurutma işleminde;

- ✓ Sadece maddedeki su ısıtıldığından son sıcaklık kendiliğinden kontrol edilmekte ve kalan su tamamen uzaklaştırılmaktadır.
- ✓ Sıcaklık içeriden dışarıya doğru azaldığından içerideki su daha kolay uzaklaştırılmaktadır.
- ✓ Kondüksiyondan bağımsız bir ısı iletimi olduğundan kuruyan bölge ısı iletimini etkilememektedir.
- ✓ Yüzey sertleşmesi olmadığından kütle aktarımı yavaşlamamakta ve sabit hızda kuruma periyodu uzun olmaktadır.

Bunlardan da anlaşılacağı gibi mikrodalga ile kurutma işlemi geleneksel kurutma yöntemlerinden, ürün kalitesi ve maliyet açısından üstündür (Owusu 1991). Mikrodalga ile kurutma işlemi, kuruma hızının yavaşladığı son kurutma aşamasında daha etkilidir. Bu nedenle, geleneksel yöntemlerle birlikte kullanılmakta, böylece kuruma süresini kısaltmakta ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (Knutson 1987, Anonymous 1989, Owusu 1991).

## **5.6 Mikrodalga ile Isıtmanın Avantajları**

Geleneksel ısıtma yöntemlerinde ısı gıdanın yüzeyinden iç kısmına doğru iletilmektedir. Mikrodalga ile ısıtılma sırasında ise ısı materyalin içinde üretildiği için ısıtma hızı yüksektir ve işlem süresi kısadır. Mikrodalga ile işlem gören gıdalarda vitamin ve mineral kayıplarının daha az olduğu belirtilmektedir. Diğer avantajları ise, ekipmanın az yer kaplaması, kolay temizlenmesi ve mineral kayıplarının daha az olduğu belirtilmiştir. Enerjiden sağlanan tasarruf mikrodalgaların ısıya dönüşüm verimi ile ilgilidir. Isı verimi geleneksel fırınlarda % 7-14 arasında değişirken, mikrodalga fırınlarda % 40'a kadar çıkabilmektedir (Knutson 1987, Oliveira 2002).



Ayrıca mikrodalgalar materyalleri içten ısıttığı için sıcaklık dağılımları daha homojen olmakta, yüzeyin aşırı ısınması önlenmekte ve ürün kalitesi üründe oluşabilecek yüzey sertleşmesi gibi bazı olayların engellenmesi ile gelişebilmektedir.

### **5.7 Mikrodalga-Vakum ile Kurutma**

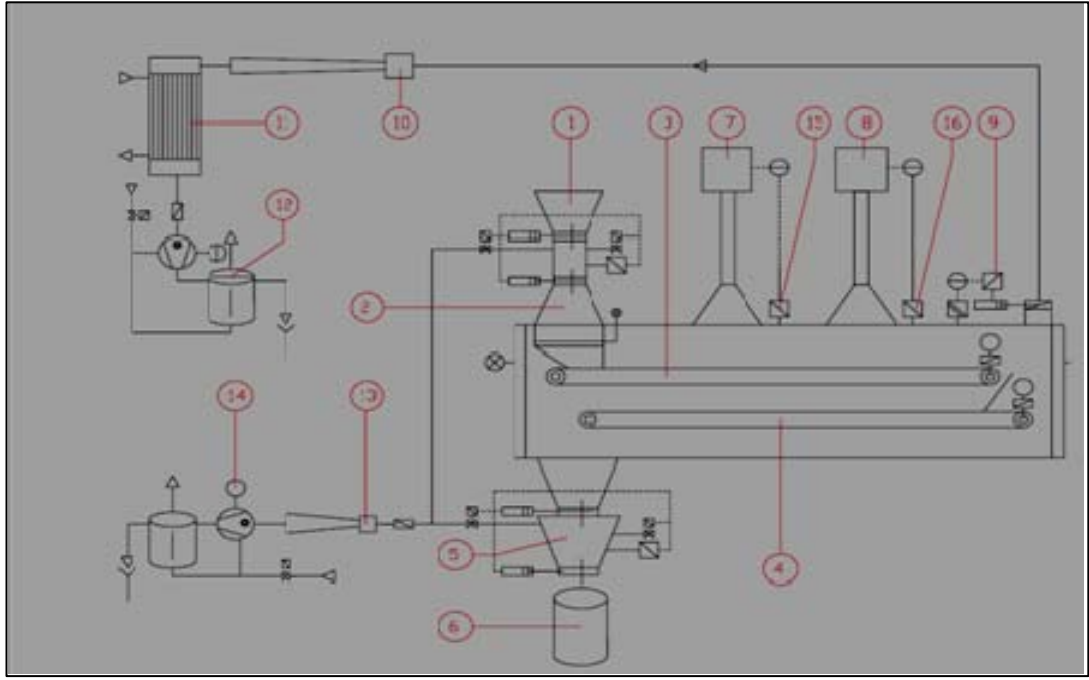
Mikrodalga kurutma sistemlerinde, ısı elektromanyetik dalgaların kinetik moleküler enerjiye dönüştürülmesi ile elde edilmektedir. Özellikle vakum kurutucularda ısı; düşük ısı iletkenliğe sahip viskoz ve kuru yığınlarda son derece önemlidir. Mikrodalga vakum kurutma sistemlerinde uygulanan mikrodalga enerjisi vakum derinliğine bağlı olarak doğrudan buharlaşma ısısına dönüştürülecektir.

Mikrodalga özelliğinin vakum kurutma sistemine dahil olabilmesi için, bazı önemli yüksek frekanslı özel öğelerin dikkate alınması gerekir. Bunlar özellikle;

- Dielektrik özellikleri,
- Yüklü taşıma sistemleri,
- Ürün üretim hızı,
- Kurutma parametreleri,
- Kullanılan vakum, özellikle vakumun derinliğidir.

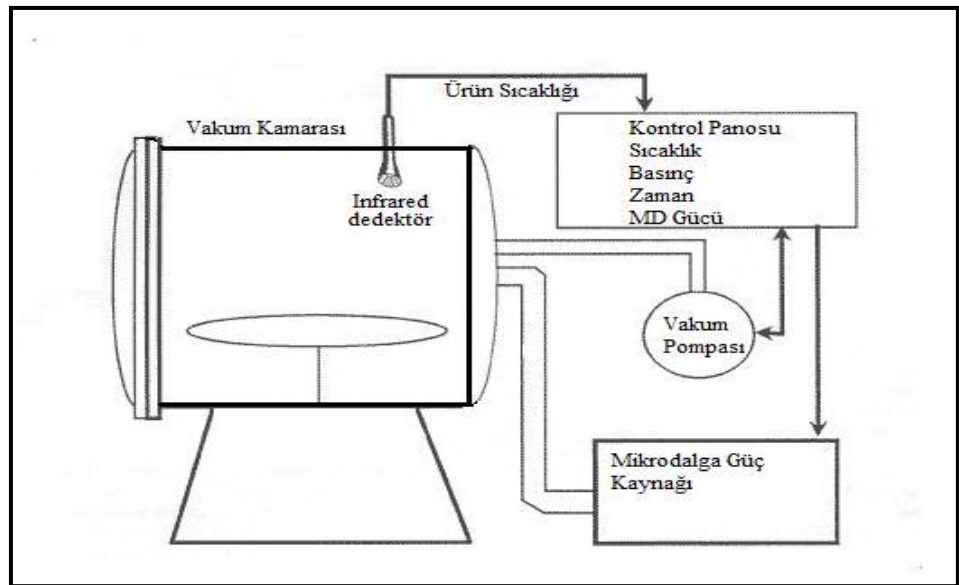
Ürün üzerine homojen olarak mikrodalga enerji yayılımı önemli bir faktördür. Özellikle son kurutma ve zayıf dielektrik kaybı olan ürünlerde istenen sıcaklık ve kurutma özelliklerinin yakalanabilmesi için özel mikrodalga antenna sistemler gerekmektedir.

Aynı zamanda elektrik alanın kuvvetinin en yüksek durumunda yüksek kalitedeki DC mikrodalga güç desteğinden kaçınılmalıdır. Eğer kaçınılmaz ise kıvılcım ve plazma oluşumu gözlemlenir. Şekil 5.2’de mikrodalga vakum kurutucu akım şeması verilmiştir. Kızılötesi ve fiber-optik sıcaklık ölçümlü sistemlerde çekirdek ve iç kısım sıcaklıkları ölçülebilmektedir. Kütle kayıplarına ek olarak, basınç ve emilen mikrodalga miktarı da belirlenmektedir (Püschner 2006).



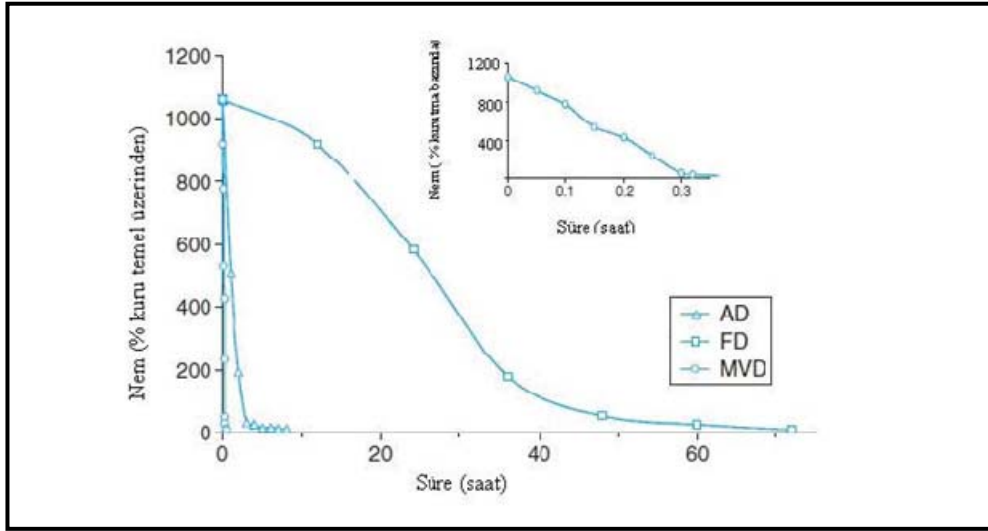
Şekil 5.2 Mikrodalga vakum kurutucu akım şeması

- |   |                          |                               |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| 1: Ürün Girişi                                | 6: Kuru Ürün Teknesi     | 12: Vakum pompası             |
| 2: Dağıtıcı Sistem                            | 7, 8: Mikrodalga sistemi | 13: Gaz akım enjektörü        |
| 3: 1. Kurutma bölgesi                         | 9: Vakum kontrolü        | 14: Giriş ve çıkış su pompası |
| 4: Poli Tetra Flor Etilen kaplı taşıyıcı bant | 10: Buhar enjektörü      | 15, 16: IR- Kamera            |
| 5: Ürün Çıkışı                                | 11: Kondenser            |                               |



Şekil 5.3  
Mikrodalga  
vakum  
kurutucu

Mikrodalga vakum kurutucuların en büyük potansiyeli maliyetleri düşürmekten çok yeni ürün geliştirmeye elverişli olması veya tüketici beğenisinin maksimum oranda gerçekleşeceği benzersiz ürünler elde etmeye olanak sunmasıdır. Vakum ve mikrodalgaın birleşimi katı yiyeceklerin diğer metotlara göre daha hızlı kurutulmasını ve prosesin büyük bölümünde ürün sıcaklığının nispeten düşük kalmasını sağlamaktadır. 3 kurutma teknolojisine maruz bırakılmış 3 mm. kalınlığında eşdeğer havuç dilimlerinin kurutma eğrilerinin karşılaştırma grafiği şekil 5.3’de verilmiştir.

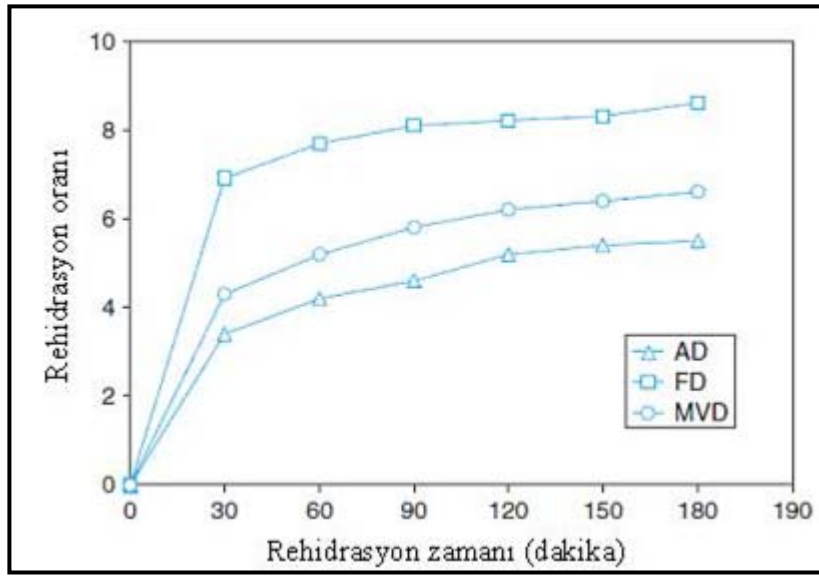


Şekil 5.4 Havuç dilimlerinin hava (AD) , mikrodalga vakum (MWVD) ve dondurarak kurutma (FD) dehidratasyon eğrileri

Ek grafik: Havuç dilimlerinin mikrodalga vakum (MWVD) dehidratasyon eğrisinin genişletilmiş hali

Pek çok kurutulmuş gıda tüketimden önce rehidre edilir, tüm bu ürünler için rehidratasyon davranışı kritik bir özelliktir. Birçok durumda hızlı ve komple rehidratasyon tercih edilendir. Hız ve su miktarı açısından dondurarak kurutma genellikle en büyük rehidratasyon potansiyeline imkân veren kurutma tekniği olarak kabul edilir (Barbosa-Canovas ve Vega-Mercado 1996). Dokular düşük sıcaklıktayken su süblimleşmeyle çekildiği için orjinal hücre yapısının büyük bir kısmı korunur.

Ancak, mikrodalga vakum prosesinin tasarımı sayesinde dondurularak kurutulmuş olanların hızına yakın bir rehidratasyon sağlanabilir (Şekil 5.4). Mikrodalga vakumla kurutulmuş ürünlerin rehidratasyon özellikleri genellikle havayla kurutulmuş ve dondurularak kurutulmuş ürünlerin arasında bir yere sahiptir (Pappas 1999). Mikrodalga vakum prosesi sırasında, dokunun içindeki su buhar basıncı hazne basıncından ciddi anlamda daha yüksektir ve bu durum su çekildikçe dokunun çökme eğilimine karşı koyan bir güç yaratır.



Şekil 5.5 25 °C’de havuç dilimlerinin hava (AD) , mikrodalga vakum (MVD) ve dondurarak kurutma (FD) rehidratasyon eğrileri

Dehidratasyon prosesinin maliyeti yatırım maliyeti, işçilik maliyeti, enerji masrafları ve enerji verimliliğinin bir fonksiyonudur. Büyük ölçekli mikrodalga vakum kurutucu işlemleriyle ilgili yeterince bilgi bulunmamasına rağmen, mikrodalga vakumun işletim ve enerji masraflarının doğal gazla çalışan konveksiyon ile sıcak hava kurutucularından bir miktar daha pahalı olması beklenir. Deneyimlere göre 100 kW mikrodalga vakum sisteminin işletme ve bakım maliyeti Batı Kanada’da yaklaşık saat başına 12 Kanada dolarıdır (1991). Böyle bir sistem saat başına yaklaşık 130 kg su uzaklaştırma kapasitesine sahiptir. Mikrodalga vakum daha az pahalı olan doğal gaz yerine elektrik kullanır fakat yiyecekler için özellikle kurutma döngüsünün sonuna doğru, mikrodalga vakum konveksiyon kurutuculara göre enerji açısından daha verimlidir. En verimli stratejinin hibrid sıcak hava/ mikrodalga vakum kurutma olduğu görülmektedir. Bu

yöntemde serbest ve hafif bağı su hava kurutma yöntemiyle uzaklaştırılırken daha sıkı bağı su mikrodalga vakum tarafından uzaklaştırılır. (Owusu-Ansah 1991).

Hava ve mikrodalga vakum sistemleri kesikli veya sürekli olabilir, bu farklılık işçilik maliyetlerini büyük oranda düşürür. Tüm bu özellikleriyle MDVK teknolojisi giderek yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Bazı kullanım alanları çizelge 5.2’de verilmiştir.

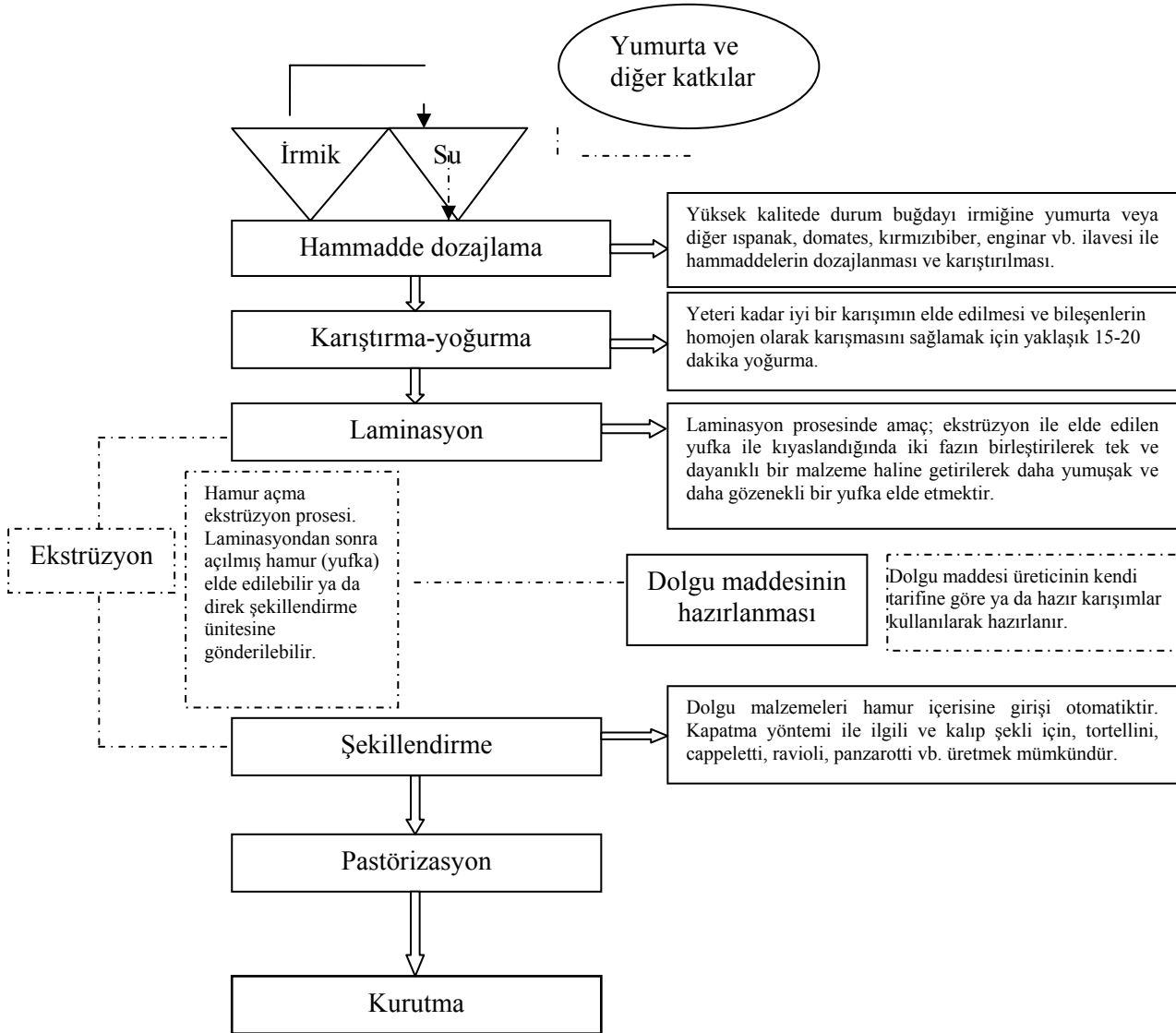
Çizelge 5.2 Mikrodalga vakum proseslerinin bazı kullanım alanları

<b>Kullanım Alanı</b>	<b>Referans</b>
Bölümlü vakumlu mikrodalga fırın kullanarak ekmek pişirme	Acknin (2002)
İlaç katkı maddelerinin kurutulması	Chatrath ve Stansforth(1990); Mcloughlin et al. (2003)
Mikroflor ve böceklerin granüllerde ve besinlerde parçalanması	Mishenko et al. (2000)
Betonda suyun süzülmesinde	Dongxu ve Wu (1994)
Bozulmuş çöplerin detoksifikasyonu	George et al. (1992)
Tanning proseslerinde hayvan derilerinin hazırlanması	Komanowsey (2000)

## 6. DENEY SİSTEMİ VE ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Dolgulu makarna üretimi için kullanılan pilot ölçekli üretim akım şeması şekil 6.1’de verilmiştir.

### 6.1 Dolgulu Makarna Üretimi Akım Şeması



Şekil 6.1 Dolgulu makarna üretimi için tasarlanan akım şeması

Deneysel çalışma için şekil 6.1’deki akım şeması kullanılmıştır.

## 6.2 Deney Sistemi

Nuh'un Ankara Makarnası San. Tic. A.Ş. Ar-Ge Laboratuvarında kurulan pilot ölçekli deney sistemi Şekil 6.2'de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6.2 Deney sistemi (a), (b) makarna makinesi, (c) pastörizasyon cihazı, (d) mikrodalga vakum kurutucu

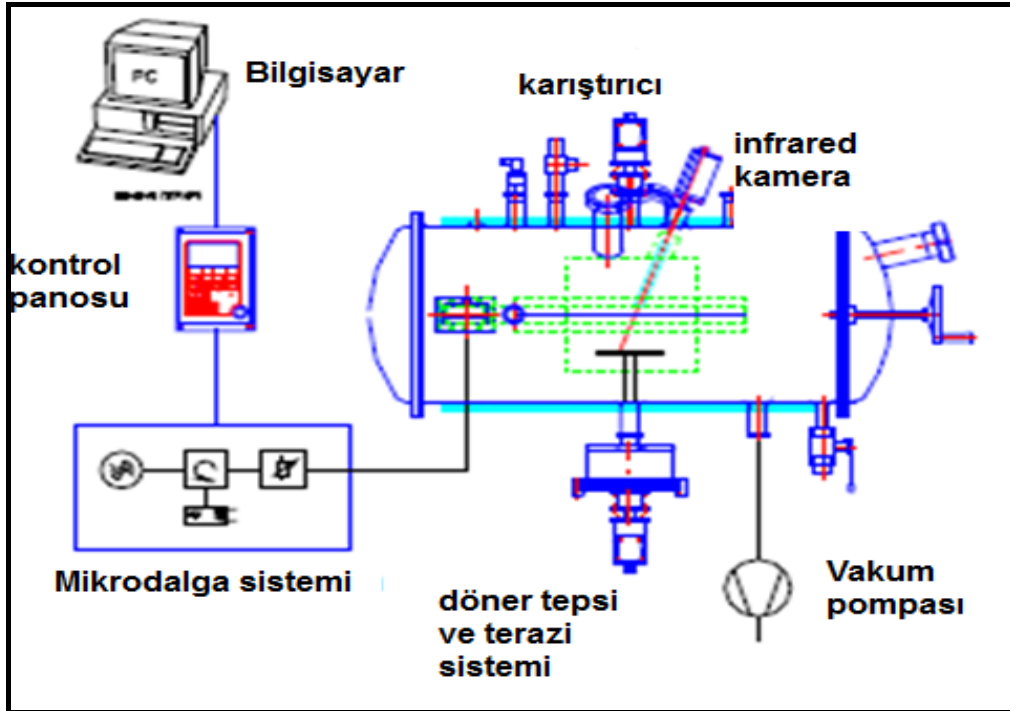
Dolgulu makarna üretmek amacıyla Şekil 6.2' deki pilot ölçekli deney düzeneği tasarlanmıştır. Sistemde hamur karıştırma ünitesi, şekillendirme ünitesi, pastörizasyon ünitesi, mikrodalga vakum kurutucu ve PLC (Programmable Logic Controller) panosu, vakum pompası ve bilgisayar bulunmaktadır. Kurulan pilot ölçekli sistemde makarnanın üretilmesi için 20 kg kapasiteli hamur karıştırma teknesi kullanılmıştır. Hamur karıştırma teknesinde, açılmış hamur (yufka) elde etmek amacıyla bir adet ikili merdane sistemi bulunmaktadır. Dolgulu makarnanın dolgu materyali ile doldurularak şekillendirilmesi için üç adet bükme aparatı bulunan şekillendirme makinesi kullanılmıştır. Dolgu haznesi 8 kg kapasitelidir. Makinenin saatteki dolgulu makarna üretim kapasitesi ortalama 10 kg'dır. Üretilen makarnalar pilot ölçekteki pastörizasyon cihazı kullanılarak buhar ile pastörize edilmiştir. Makarnalar yaklaşık % 35 nem içeriğinden % 10 nem içeriğine düşürmek için mikrodalga vakum kurutma tekniği kullanılarak kurutulmuştur.

Kurutma amacıyla kullanılan sistemde, vakum elde etmek amacıyla vakum pompası, bir adet kurutma tankı, mikrodalgaları elde etmek için sisteme monte edilmiş 3 kW gücünde olan iki adet magnetron, sistemin kontrol edilebilmesi için kontrol panosu ve sistem parametrelerinin değişiminin eş zamanlı izlenmesini sağlayan Wavecat bilgisayar programı ve bilgisayar yer almaktadır (Şekil 6.3-6.6).

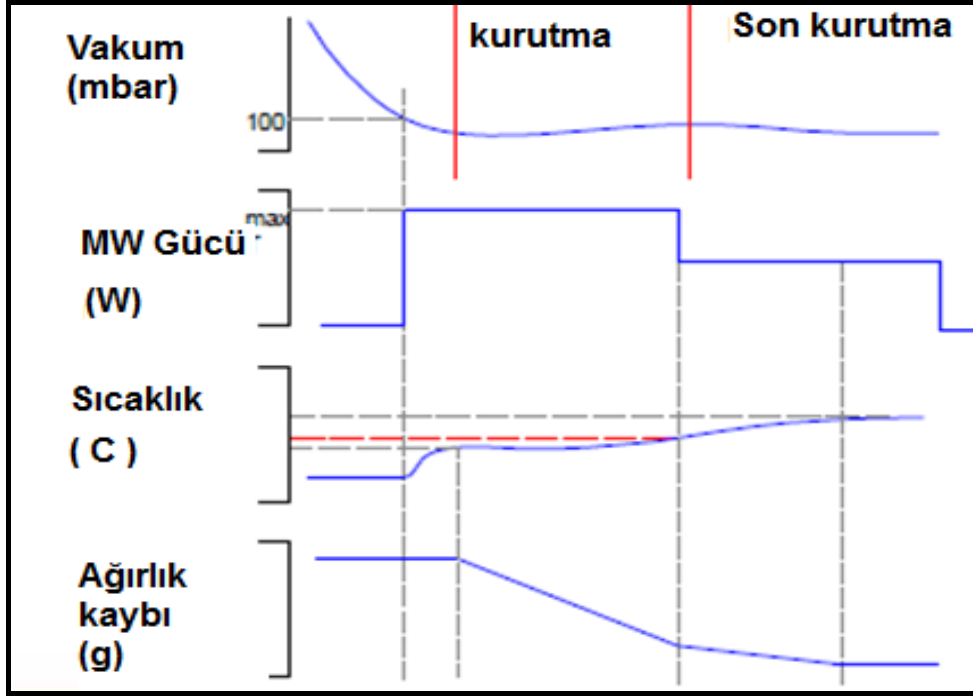




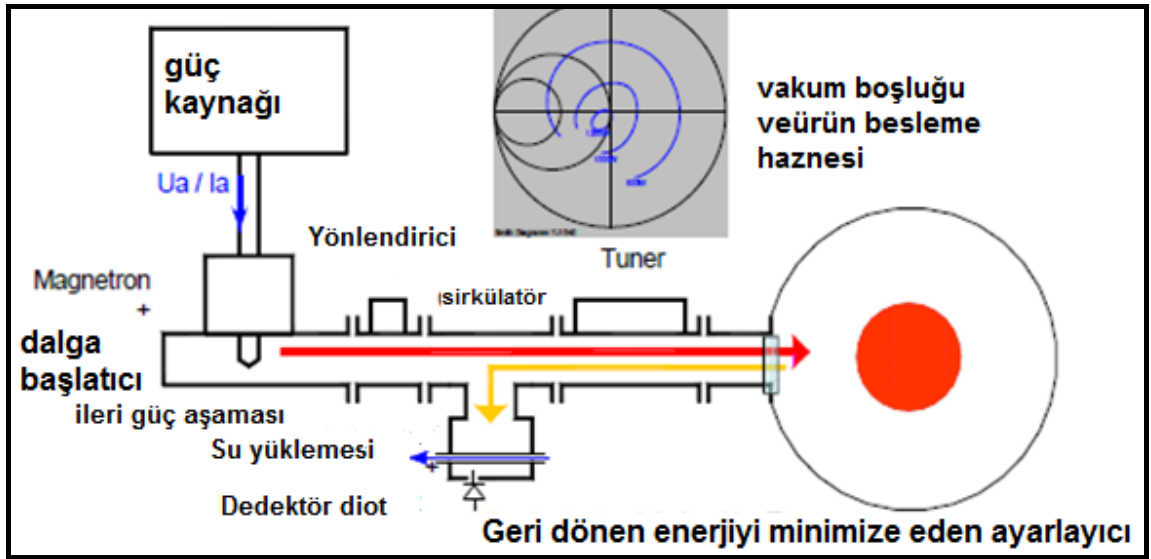
Şekil 6.3 Mikrodalga vakum kurutucu sistem bileşenleri (Kontrol panosu, MWVD, vakum pompası) (Püschner 2006)



Şekil 6.4 Mikrodalga vakum kurutucu şematik diyagramı (Püschner 2006)



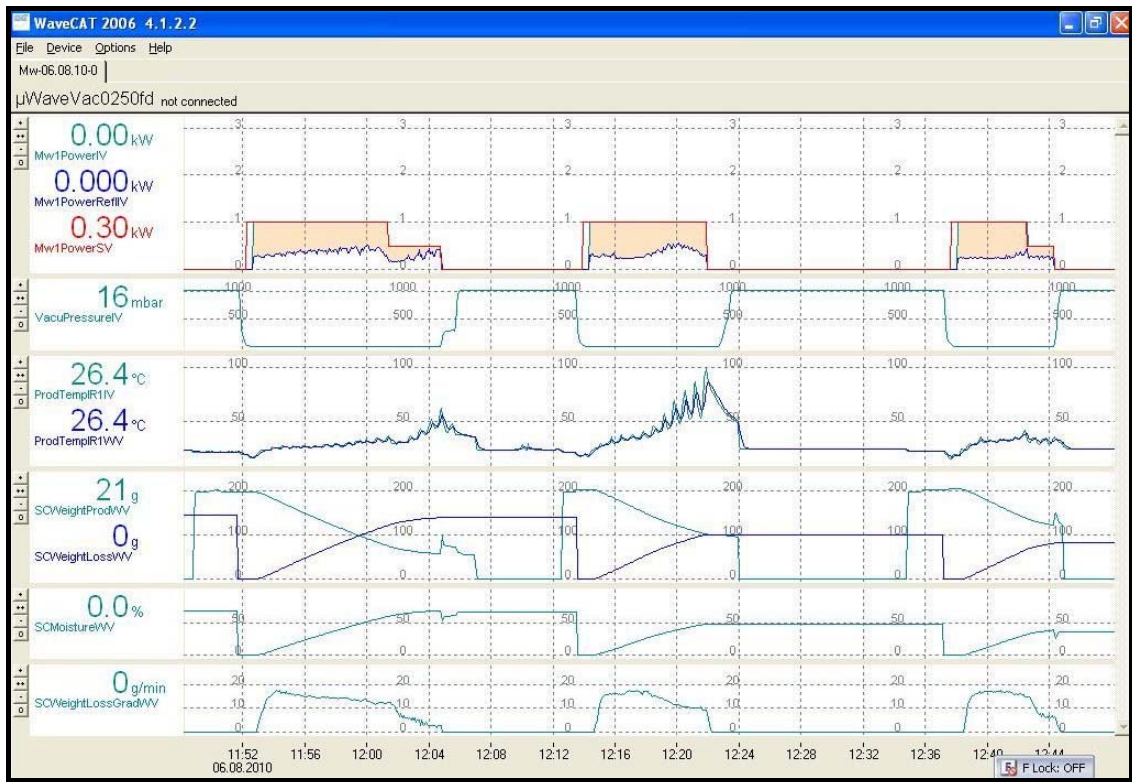
Şekil 6.5 Mikrodalga vakum kurutma grafiği (Püschner 2006)



Şekil 6.6 Mikrodalgaları üreten magnetronun tasarımı (Püschner 2006)

Dolgu makarna üretiminde makarnalık buğday (Durum Buğdayı) irmiği ve dolgu materyali Nuh'un Ankara Makarnası San. Tic. A.Ş.'ye ait dolgu reçeteleri kullanılmıştır. Mikrodalga vakum kurutucunun sistem parametrelerindeki değişimin takip edilmesinde Wavecat bilgisayar programı kullanılmıştır (Şekil 6.7). Kullanılan

kombinasyonların farklı olması nedeniyle sistem parametreleri manuel olarak numunenin durumuna göre belirlenmiştir. Yapılan deneylerde, dolgu makarnanın istenilen yapı ve nem içeriğinde olması için deneme yanılma metoduyla deneyler gerçekleştirilmiştir. Bir önceki deneyin sonuçlarına göre bir sonraki deneyin reçetesi ve parametreleri değiştirilerek optimum ürün elde edilmeye çalışılmıştır. Ulaşılmak istenen hedef numunenin analizleri yapılarak bu analiz sonuçlarına en yakın ürünün elde edilebilmesi için farklı deneyler yapılmıştır.



Şekil 6.7 Wavecat programı kullanılarak yapılan örnek kurutma deneyi grafiği (Püschner 2006)

Sistemde kontrol edilen değişkenler dolgu makarna bileşimi, mikrodalga gücü, kamara vakum basıncı ve drum dönüş hızıdır. Deneyler süresince zamana karşı numunenin nem içeriği, tekstür özelliği ve renk değerleri saptanmıştır. Elde edilen son ürünün fiziksel, kimyasal ve duyu analizi yapılarak hedeflenen ürünün elde edilebilmesi için optimum koşullar saptanmıştır.

### 6.3 Optimum Dolgulu Makarnanın Hazırlanması İçin Deney Yöntemi

Tüm çalışmalarda laboratuvar ortam sıcaklığı 18-20 °C'de sabit tutulmuştur. Yapılan deneylerde aynı kalitede irmik kullanılmış kullanılan irmiğin özellikleri Çizelge 8.1-3'de verilmiştir. Çalışmalarda kullanılan su şebeke suyudur. Kullanılan su numunesi Ankara Sincan 1. Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan Aso-Kosgeb Çevre Laboratuvarına gönderilerek analiz yaptırılmıştır. Suyu ait analiz sonuçları Çizelge 7.3' de verilmiştir.

Hamur neminin % 30-34 olması için irmiğin nemine göre su miktarı ayarlanmıştır. İrmik hamur teknesine boşaltıldıktan sonra üzerine yavaş yavaş ilave edilen su ile hamur yoğurma gerçekleştirilmiştir. Hamur karıştırma süresi 15 dakika olarak belirlenmiştir. Sonrasında sistem durdurulup 5 dakika hamur dinlendirildikten sonra silindirler arasından alınan yufka ruloya sarılmıştır. Rulo, makarna şekillendirme makinesine yerleştirilerek dolgu ilavesiyle şekillendirilir. Elde edilen dolgulu makarnalar pastörize edilmek için 98 °C sıcaklıkta sabit tutulabilen pastörizasyon cihazına düzgün bir tabaka halinde dizilmiş ve buhara maruz kalma süresi 2.5 dakikaya ayarlanarak pastörize edilmiştir. Pastörizasyon çıkışında makarnalar tel elek üzerine düzgün bir tabaka halinde yerleştirilmiştir. Elde edilen makarnaların nem tayini AACC Metot 45-15A metoduna göre yapılmıştır. Dolgulu makarnaların kurutucuya giriş Nemi % 33-35'tir. Yapılan denemeler sırasında poli propilenden yapılmış yarı açık drum ve boşluk içerisine yerleştirilen özel olarak tasarlanmış bantlı sistemde elde edilen kurutma verileri neticesinde yarı açık drum ile denemelere devam edilmesine karar verilmiştir. Yarı açık drum içerisine makarnalar düzgün bir şekilde yerleştirildikten sonra, drum mikrodalga kurutma boşluğuna sabitlenir. Kullanılan bantlı ve yarı açık drum sistemi Şekil 6.8'de gösterilmiştir. Sonrasında kurutma parametreleri olan mikrodalga gücü, vakum basıncı, drum dönüş hızı, drum dönüş açısı set değerleri el ile sisteme girilir ve bilgisayar bağlantısı yapıldıktan sonra kurutma işlemi başlatılır. Her on dakikada bir makine durdurularak alınan numunelere nem tayini ve tekstür analizi uygulanmıştır. Analiz süresinin uzun olması dolayısıyla kurutma işleminin kesintisiz devamını sağlamak amacıyla deney sırasında rutin alınan numuneler klasik yöntemle göre kalibrasyonu yapılmış olan hızlı nem ölçüm cihazında (Sartorius MA 150) kullanılarak

nem içeriği tespit edilmiştir. Deney bitiminde cam kavanozda saklanan tüm numunelerin klasik yöntem ile Nem tayinleri yapılmıştır. Çıkış Neminin % 8-12 seviyelerinde olduğu zamanda kurutma sonlandırılmıştır. Kurutma bitiminde son ürüne nem, kül, protein, suya geçen madde miktarı analizi, toplam organik madde miktarı tayini, toplam yağ, asitlik, tekstür ve renk analizleri yapılmıştır. Üretilen makarnalarda dolgunun sabit ağırlıkta basıldığını ve makarna ağırlıklarının homojenliğinin kontrol edilebilmesi için 10 adet rastgele seçilen dolgulu makarnalar hassas terazide (Sartorius CPA224S) tartılmıştır. Hamur et kalınlığı ile bağlantı noktası et kalınlığı ise mikrometre (Mitutoyo, Japan) ile ölçülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 6.8 (a) Belt sistemi ve (b) yarı açık drum sistemi

Toplam 16 farklı reçete ile hazırlanan dolgu karışımları kullanılarak değişen mikrodalga yoğunluğu ve vakum basıncında dolgulu makarna üretilmiştir. Elde edilen son ürünlere nem, renk, kül, protein, suya geçen madde miktarı, toplam organik madde miktarı, toplam yağ, asitlik ve doku analizleri uygulanarak, duyu testleri yapılmıştır. Kurulan pilot sistemde elde edilmesi hedeflenen ithal ürüne ait analiz sonuçları Çizelge 7.4-5' de verilmiştir. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlardan hedef ürüne en yakın olan ve duyu analizlerde en çok beğenilen ürünün üretimine ait işletim parametreleri optimum üretim koşullarını göstermektedir.

## **6.4 Uygulanan Analiz Metotları**

Analizler iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. İki sonuç arasındaki fark analiz çeşidine göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmadığında analiz tekrarlanmıştır.

### **6.4.1 İrmikte yapılan analizler**

#### **6.4.1.1 Yaş gluten miktarı ve gluten indeks değerinin belirlenmesi**

Yaş gluten ve gluten indeks değerleri öğütülmüş irmik örneklerinde AACC Metod No:38-12 (AACC, 1990)'ye göre belirlenmiştir. Yaş gluten, gluten yıkama cihazında (Glutomatic, Perten, Huddinge, Sweden) elde edildikten sonra bu amaçla geliştirilen cihazda santrifüjlenerek (Gluten index, Huddinge, Sweden) gluten indeks değerleri belirlenmiştir.

#### **6.4.1.2 Glutograf analizi ve gluten yayılma oranının belirlenmesi**

Öğütülmüş irmik örneklerinden yaş gluten elde edildikten sonra gluten iki paralel dişli disk arasında sıkıştırılarak “stretch” ve “relaxation” değerleri Brabender Glutograf-E (Duisburg, Almanya) ile saptanmıştır. Gluten kuvveti ve kalitesi arttıkça “stretch” değerinde artış “relaxation” değerinde ise azalma beklenmektedir (Anonymous 2005).

### **6.4.2 İrmikte ve dolgulu makarnada yapılan analizler**

#### **6.4.2.1 Nem tayini**

İrmik ve dolgulu makarna örneklerinde nem miktarı, AACC Metot No:44-15A (AACC, 1990)' a göre belirlenmiştir.

#### **6.4.2.2 Protein miktarının belirlenmesi**

İrmik ve dolgulu makarna örneklerinde protein miktarı tahıl ve tahıl ürünlerinde gıda ve yem için kullanılan dumas yöntemiyle ham protein tayini metodu ICC No.167'ye

göre saptanmıştır. Dumas metodu ile yapılan analizlerde dumatherm hızlı azot protein tayin cihazı (Gerhardt, Germany) kullanılmıştır (Şekil 6.9). Analizlere başlamadan önce cihazın doğrulaması EDTA referans numune ile yapılmıştır.



Şekil 6.9 Dumatherm dumas hızlı azot protein cihazı

#### 6.4.2.3 Kül miktarının belirlenmesi

İrmik ve dolgulu makarna örneklerinde kül miktarı, AACC Metot No:08-01 (AACC, 1990)' e göre saptanmıştır.

#### 6.4.2.4 Renk tayini

Örneklerin renk analizleri spektrofotometre (Konica Minolta CR 400, Japan) (Şekil 6.10) ile Hunter kolorimetre değerlerine göre okunmuştur. Ölçümler öncesinde cihazın kendi kalibrasyon plakası kullanılarak kalibrasyonu yapılmıştır. L\* değeri örneğin parlaklığı ile ilgili olup 100 olduğunda beyaz, 0 olduğunda siyah anlamına gelmektedir. a\* değeri kırmızı-yeşil, b\* değeri ise sarı-mavi rengin göstergesidir. +a\*: kırmızılık değeri ve +b\*: sarılık değeri olarak ifade edilmektedir.



Şekil 6.10 Konica minolta CR-410 spektrofotometre

### **6.4.3 Dolgulu makarnada yapılan analizler**

#### **6.4.3.1 Pişme sırasında suya geçen madde miktarı (pişme kaybı)**

Suya geçen madde miktarı analizi TS 1620 Makarna Standardı'na göre yapılmıştır.

#### **6.4.3.2 Pişmiş makarnada tekstür analizi**

Her deney numunesi, kurutma süresince on dakikalık periyotlarda kurutma işlemi tamamlanıncaya kadar alınan dolgulu makarna numunelerine ve son üründe iki paralelli olarak tekstür analizi yapılmıştır. Tekstür ölçümleri laboratuvar sıcaklığında, TA.HD Plus Texture Analyzer (Stable MicroSystems, England) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bilgisayar kontrollü bu cihaz sıkıştırma, delme ve nüfuz etme, kesme ve bölme, ekstrüzyon, gerilme, kırılma, bükülme, kopma ve yapışma prensiplerine göre çalışmaktadır. Kesme ve bölme, deneysel donanımı belirtilen koşullar altında gıda örneğini kesen ve bölen tekli bir bıçak veya bıçak takımı ile gerçekleştirilmektedir. Kesme ve bölmeyi gerçekleştirmek için gerekli maksimum kuvvet ve/veya iş örneğinin sertliği, dayanıklılığın veya lifliliğinin göstergesi olarak ifade edilir.



Dolgulu makarnaların sertliğinin belirlenmesi için kramer yığın kesme testi uygulanmıştır. Bir tencereye 700 ml saf su ve 2 g tuz ilave edilerek elektrikli ocakta kaynatılır. Kaynayan suya 70 g dolgulu makarna konulur. Ağız açık tencerede 10 dakika pişirilir. Ocak kapatılarak üzerine 200 ml saf su ilave edilir ve süzgeçte 30 sn süzülür. 100 g pişmiş makarna tartılarak kramer haznesine düzgün bir şekilde yerleştirilir. Cihazın 250 kg'lık yük hücresi takılı olmalıdır. Bu aşamada gerek görülüyorsa cihaza kuvvet kalibrasyonu yapılabilir. Daha sonra, cihaz kapalı iken cihaza "5 Blade Kramer Cell" yığın kesme donanımı yerleştirilir. Hücre yerleştirilirken bıçaklar sürtünmeyecek şekilde yerleştirilmelidir, bunun için platformu cihazın tabanına sabitleyen vidalar ilkin gevşek bırakılır, daha sonra hücre ve platform sürtünme olmayacak konuma getirildiğinde sabitlenir. Bıçaklar uygun bir yüksekliğe indirilir ve kalibrasyonu yapılır. Sonuçlar kesme için harcanan maksimum kuvvet yani numunenin sertliği "kilogram" cinsinden, kesme için yapılan toplam iş ise "kilogram dakika" cinsinden verilir (Şekil 6.10).



(a)



(b)

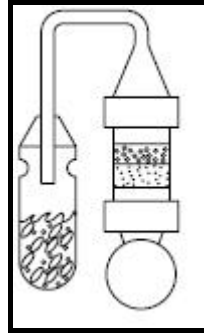
Şekil 6.11 (a) Tekstür cihazı ve (b) kramer kesme aparatı, (TA.HD Plus Stable Micro Systems,UK)

#### 6.4.3.3 Asitlik tayini

Asitlik tayini titrimetrik metod ile yapılmıştır. FAO, 1998 metodu kullanılmıştır. Sonuçlar g/100 g (sülfirik asit cinsinden) olarak verilmiştir.

#### 6.4.3.4 Toplam yağ miktarı tayini (Soxhlet metodu)

İrmik ve dolgulu makarna örneklerinde toplam yağ miktarı tayini Büchi E-812/816 HE otomatik soxhlet yağ tayini cihazı kullanılmıştır. Örnekler önce hidroliz işlemine tabi tutulmuş daha sonra ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Örnekler homojen bir şekilde öğütüldükten iyice karıştırılmıştır. Hidroliz tüplerine 5 g celite ve üzerine 10'ar g tartılan numuneler tartılarak ilave edilmiştir. 50 ml 4 molar hidroklorik asit (HCl) ilave edilerek celite'in iyice karışması için tüp çalkalanmıştır. Tüpler hidroliz ünitesine yerleştirilerek 30 dakika hidroliz işlemi gerçekleştirilmiştir Hidroliz işleminin gerçekleştirildiği sistem şekil 6.11'de verilmiştir.



Şekil 6.12 Hidroliz işlemi

Hidroliz işlemi tamamlandıktan sonra kurutma işlemi öncesinde celite tabakası bir spatül yardımıyla karıştırılmıştır. Sonrasında mikrodalga fırında 18 dakika 640 W ayarında sonrasında 15 dakika 480 W ayarında kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon aşamasında numune tüpleri kapların içerisine yerleştirilmiştir. 90 ml hegzan kondensatör üzerinden ilave edilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.12). Daha sonra ekstraktların bulunduğu kaplar kurutma etüvünde 103°C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde en az 1 saat oda sıcaklığına

gelene kadar bekletilmiş ve ağırlığı kaydedilmiştir. Toplam yaü miktarının % olarak hesaplanması eşitlik (6.1) ile verilmiştir.



Şekil 6.13 Toplam yağ tayini için kullanılan ekstraksiyon cihazı (BUCHI E 416, Switzerland)

### Hesaplama

Yağ yüzdesi aşağıda yer alan formüle göre hesaplanır:

$$\%YAĞ = [(m_{\text{toplaml}} - m_{\text{kap}}) / m_{\text{numune}}] * 100 \quad (6.1)$$

%YAĞ : Numunenin yağ yüzdesi

$m_{\text{toplaml}}$  : Boş kap ağırlığı ve ekstrakt toplam ağırlığı (g)

$m_{\text{numune}}$  : Boş kap ağırlığı (gr)

$m_{\text{numune}}$  : Numune ağırlığı (gr)

#### 6.4.4 Suda analiz edilen parametreler ve kullanılan metotlar

Çizelge 6.1 Suda analiz edilen parametreler ve kullanılan metotlar

<b>Parametre</b>	<b>Metot</b>
<b>Türbidite</b>	SM 21. Baskı: 2005 2130 B
<b>İletkenlik</b>	TS 9748 EN 27888/Nisan 1996
<b>pH</b>	SM 21. Baskı:2005 4500 –H <sup>+</sup> B
<b>Renk</b>	SM 21. Baskı: 2005 2120 B
<b>Nitrit, Klorür, Sülfat, Nitrat, Florür</b>	SM 21. Baskı: 2005 4110 B
<b>Amonyum</b>	Merck Spectroquant-Standart Metot 4500 NH <sub>3</sub> D
<b>Alüminyum, Demir</b>	SM 21. Baskı: 2005 3120 B
<b>Serbest Klor</b>	Merck Spectroquant-Standart Metot 4500 Cl <sub>2</sub> G
<b>Toplam koliform, 100 ml numunede 35 °C’de</b>	SM. 21. Baskı:2005 9222 B

## 7. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan deneylerde makarnalar aynı kalite özelliklerine sahip irmik kullanılarak üretilmiştir. Deneylerde Nuh'un Ankara Makarnası San. ve Tic. A.Ş tarafından 16 farklı reçete ile hazırlanmış dolgu materyali kullanılmıştır. Reçeteler firma için ticari sır niteliğinde olduğu için gizli tutulmaktadır. Her bir deneme için 5 kg dolgu karışımı kullanılmıştır. Deneylerde 6 kg dolgulu makarna yarı açık drum içine ve drum da mikrodalga boşluğu içine yerleştirilmiştir. Sistem kapağı kapatıldıktan sonra vakum basıncı, dönme hızı/açısı ve mikrodalga gücü ayarlanarak sistem çalıştırılmıştır. Kurutma süresi mikrodalga güç yoğunluğu ve vakum basıncına bağlı olarak değişmektedir. Optimum ürün için yapılan deneylerde kullanılan irmiğe ait analiz sonuçları sırasıyla çizelge 7.1 ve 7.2'de verilmiştir. Deney süresince yapılan gözlemlere dayanarak sistem parametreleri bir sonraki deneyde değiştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 7.1 Deneylerde kullanılan irmik analizi sonuçları

Analizler	Nem %	Kül %	Protein %	Renk			Yaş gluten miktarı ve gluten indeks		
				L*	a*	b*	Elek altı (g)	Toplam Gluten (g)	Gluten İndeks %
1.Paralel	11.13	0.49	11.92	87.42	-3.15	27.18	1.43	3.16	55
2.Paralel	11.14	0.49	12.05	87.44	-3.17	27.21	1.50	3.23	54
Ortalama	11.14	0.49	11.99	87.43	-3.16	27.19	1.47	3.20	55

Çizelge 7.1' den elde edilen sonuçlar kullanılan irmiğin makarna üretimi için iyi kalitede bir irmik olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7.2 Deneylerde kullanılan irmiğe ait glutograf analizi sonuçları

<b>Metot</b> Stretch angle: 800 BU Stretch abort time: 125 s Relaxation time: 10s Load: 150 cmg	<b>Glutograf E</b>	<b>Stretching BU</b>	<b>Zaman sn</b>	<b>Relaxation BU</b>	<b>Zaman sn</b>
	<b>1.Paralel</b>	800	34	188	10
	<b>2.Paralel</b>	800	31	202	10
	<b>Ortalama</b>	800	33	195	10

Çizelge 7.2’ de irmiğe ait glutograf analizi sonuçları verilmiştir. Glutograf analizinden elde edilen stretching değeri 800 BU’ e 33 saniyede ulaşmıştır. Bu değer irmik kalitesinin iyi olduğunun bir göstergesidir. Relaxation kısmında ise sabit zamanda (10 s) elde edilen değer 195 BU’ dur. Bu değer glutenin toplanmasını ifade etmektedir. Bu değer küçük olması irmik kalitesi ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla elde edilen değerler kullanılan irmiğin kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir. Glutograf analizine ait grafik Ek 1’ de verilmiştir.

Çizelge 7.3 Deneylerde kullanılan su analizi sonuçları(Aso-Kosgeb Çevre Laboratuvarı)

<b>Parametre</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Sonucu</b>
<b>Türbidite</b>	NTU	1.65
<b>pH</b>	-	7.50 (*17.0 °C)
<b>İletkenlik</b>	µS/cm	300.00
<b>Renk</b>	Pt-Co	< 5.00
<b>Serbest Klor</b>	mg/L	< 0.10
<b>Amonyum</b>	mg/L	0.11
<b>Toplam koliform</b>	Sayı/100 ml	0.00
<b>Alüminyum</b>	mg/L	<0.18
<b>Demir</b>	mg/L	0.01
<b>Florür</b>	mg/L	0.09
<b>Nitrat</b>	mg/L	1.11
<b>Nitrit</b>	mg/L	<0.064
<b>Klorür</b>	mg/L	9.45

\*Numune sıcaklığıdır.

Çizelge 7.3’ de su analizleri sonucu kullanılan suyun TSE 266 İçme ve Kullanma Suyu Standartları’na uygun olduğunu ve suyun kalitesinin makarna için uygun olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7.4 Hedef ürüne ait analiz sonuçları

HEDEF NUMUNE	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	11.38	14.58	1.55	2.73	0.0264
2. Paralel	11.36	14.39	1.53	2.69	0.0269
<b>Ortalama</b>	<b>11.37</b>	<b>14.49</b>	<b>1.54</b>	<b>2.71</b>	<b>0.0267</b>

HEDEF NUMUNE	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	10.93	87.59	-3.53	35.53	10.234	77.163
2. Paralel	10.98	88.19	-3.57	36.32	11.216	84.081
<b>Ortalama</b>	<b>10.96</b>	<b>87.89</b>	<b>-3.55</b>	<b>35.92</b>	<b>10.725</b>	<b>80.622</b>

Çizelge 7.5 Hedef numuneye ait ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

HEDEF NUMUNE			
Paralel ölçüm no	Makarna ağırlığı g/adet	Et kalınlığı, mm.	Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.
1	1.46	1.20	1.84
2	1.51	1.02	1.70
3	1.40	1.10	1.69
4	1.40	1.06	1.64
5	1.50	1.00	1.78
6	1.41	1.08	1.68
7	1.40	1.19	1.63
8	1.43	1.14	1.45
9	1.32	1.14	1.69
10	1.35	1.18	1.46
<b>Ortalama</b>	<b>1.42</b>	<b>1.11</b>	<b>1.66</b>

Çizelge 7.4- 7.5' de pilot ölçekte üretilmek istenen dolgulu makarna için hedeflenen ithal ürüne ait analiz sonuçları yer almaktadır. Yapılan deneylerin amacı elde edilen dolgulu makarnanın analizlerinin hedef ürünün analiz sonuçlarına ulaşarak, tat ve yapı yönünden en iyi kalitede dolgulu makarna üretmektir. Hedef ürünün toplam yağ miktarı % 10.96 olarak ölçülmüştür. Yapılan deneylerde yağ miktarının bu seviyede tutulması hedeflenmiştir. Diğer önemli nokta ise tekstür analizinden elde edilen kuvvet ve toplam kesme kuvveti ile ölçülen makarnanın dokusal yapısının yumuşak olmasıdır. Hedef üründe bu değerler sırası ile 10.725 kg ve 80.672 kg.dk olarak ölçülmüştür. Yapılan deneylerden elde edilen makarnalara yapılan tekstür analizi sonuçları ve grafikleri Ek

2’de verilmiştir. Hedef ürün şekil olarak pilot üretim sisteminden elde edilen dolgulu makarnadan şekil olarak daha büyüktür. Dolayısıyla dolgu miktarı ve tane ağırlığı daha yüksektir. Bu nedenle deneysel çalışmada elde edilen makarnaların ağırlıkları hedef ürün ile değil kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Hedef üründe bir adet makarnanın ağırlığı 1.42 g, kuru makarna et kalınlığı 1.11 mm. ve bağlantı yeri et kalınlığı 1.66 mm. olarak ölçülmüştür. Bağlantı yeri et kalınlığının ölçüm noktası Şekil 7.1’ de kırmızı daire ile işaretlenmiştir.



Şekil 7.1 Dolgulu makarna bağlantı yeri kalınlığı ölçüm noktası

### **7.1 Sabit Vakum Basıncı 25 mbar ve 3 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen Mikrodalga Güç Yoğunluğunda Yapılan Kurutma Deneyleri**

Bu bölümde sistemin vakum basıncı 25 mbar’da, drum dönüş hızı 3/dk’da sabit tutulmuştur. Vakum basıncının bu seviyeden başlatılmasına sistemde yapılan ön denemeler ile karar verilmiştir. Deneyler mikrodalga güç yoğunluğu ve dolgu reçetesi değiştirilerek gerçekleştirilmiştir.

Drum dönüş açısı tüm deneylerde 90° olarak sabit tutulmuştur. Drum dönüş hızı kurutmanın homojenliği açısından önemli bir noktadır.



Çizelge 7.6 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 1		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.3 kW Vakum basıncı: 25mbar					Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	37.93	37.75	82.12	-1.10	26.34	6.351	24.612
2	10	37.32	37.34	82.57	-1.11	26.08	6.823	30.020
3	20	32.59	32.48	81.29	-1.09	26.05	8.735	68.723
4	30	31.94	32.39	81.26	-1.31	26.43	9.544	50.663
5	40	30.16	30.09	80.77	-1.06	26.52	10.918	83.800
6	50	28.72	28.25	80.95	-1.33	24.39	13.509	100.181
7	60	26.69	26.22	80.73	-1.69	26.03	12.671	96.222
8	70	23.24	23.54	81.15	-1.63	24.81	13.160	102.137
9	80	20.83	20.69	81.15	-1.66	25.23	13.886	102.984
10	90	17.50	17.09	81.91	-1.61	25.78	17.676	130.454
11	100	13.44	13.15	82.52	-1.97	26.09	18.906	133.293
12	110	11.30	11.41	82.45	-1.85	25.56	18.518	147.400
13	120	7.49	7.52	80.61	-1.77	24.35	28.456	188.734

Çizelge 7.7 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 1	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)	
1. Paralel	7.48	15.45	1.80	5.56	0.1117	
2. Paralel	7.56	15.93	1.78	5.55	0.1127	
<b>Ortalama</b>	<b>7.52</b>	<b>15.69</b>	<b>1.79</b>	<b>5.56</b>	<b>0.1122</b>	

DENEY NO: 1	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	8.05	79.94	-1.64	24.08	27.856	180.620
2. Paralel	8.17	81.28	-1.89	24.61	29.055	196.847
<b>Ortalama</b>	<b>8.11</b>	<b>80.61</b>	<b>-1.77</b>	<b>24.35</b>	<b>28.456</b>	<b>188.734</b>

Çizelge 7.8 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 1</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.24	0.93	1.91
<b>2</b>	1.11	0.94	2.21
<b>3</b>	1.10	0.86	2.91
<b>4</b>	1.14	0.89	2.85
<b>5</b>	1.26	0.89	2.30
<b>6</b>	1.20	0.92	2.69
<b>7</b>	1.24	0.91	2.59
<b>8</b>	1.15	0.98	2.54
<b>9</b>	1.21	0.92	1.99
<b>10</b>	1.19	0.93	1.71
<b>Ortalama</b>	<b>1.18</b>	<b>0.92</b>	<b>2.37</b>

N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 1 ile üretilen dolgulu makarnanın tekstür analizi sonuçlarına bakıldığında kuvvet değerinin 28.456 kg ve toplam kesme kuvvetinin 188.734 kg.dk olduğu görülmektedir. Bu değerler hedef ürünün sonuçları ile karşılaştırıldığında deney 1’de elde edilen makarna için yaklaşık 3 kat kuvvet kullanıldığı görülmektedir. Bu da makarnanın dokusunun çok sert olduğunu, dolgunun kurutma sırasında sertleştiğini göstermektedir. Bunun nedeni nemin çok fazla düşürülerek % 7.52’ye indirilmesidir. Nem içeriğinde kabul edilebilir minimum değer olan % 8’in altına düşülmüştür. Bu da makarnanın çok fazla kurumasından dolayı sertleşmeye ve su almamasına neden olmuştur. Ayrıca dolgulu makarnanın toplam yağ miktarı da hedeften daha düşük bulunmuştur. Yağ miktarının düşük olması da tekstürel yapının sert olmasının bir nedenidir. Bu nedenle bir sonraki deney için yeni bir dolgu reçetesi hazırlanmıştır. Suya geçen madde miktarı analizi sonucu % 5.56’dır. Bu da kabul edilebilir sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Makarnanın pişme sırasında dağılması anlamına gelmektedir ve istenmeyen bir durumdur.

Çizelge 7.9 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 2 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 2	Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.5 kW Vakum basıncı: 25mbar						Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	35.68	35.48	84.11	-1.38	29.98	9.464	68.238
2	10	33.80	34.17	83.18	-0.88	28.63	9.234	69.034
3	20	33.15	33.27	83.43	-1.04	28.32	11.396	82.453
4	30	-	31.39	83.59	-1.28	27.71	10.601	71.640
5	40	31.15	30.08	80.80	-1.54	28.77	10.863	77.323
6	50	0.00	28.56	84.13	-1.50	28.85	11.645	79.409
7	60	26.04	26.53	83.78	-1.54	27.44	12.131	89.381
8	70	-	25.06	83.58	-1.48	27.68	13.524	99.975
9	80	22.37	22.57	83.61	-1.47	27.36	13.143	95.561
10	90	20.20	20.75	84.68	-1.76	27.53	13.733	98.102
11	100	16.64	18.12	84.30	-1.44	27.42	13.636	98.359
12	110	15.55	15.67	82.88	-1.43	27.92	14.357	96.619
13	120	12.45	12.24	81.53	-0.96	29.56	14.268	101.673
14	130	10.40	9.53	80.62	-0.98	29.12	18.104	113.419

Çizelge 7.10 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 2 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 2	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)	
1. Paralel	9.52	16.36	1.89	3.55	0.0107	
2. Paralel	9.53	16.57	1.89	3.53	0.0098	
<b>Ortalama</b>	<b>9.53</b>	<b>16.47</b>	<b>1.89</b>	<b>3.54</b>	<b>0.0103</b>	

DENEY NO: 2	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	5.87	82.09	-1.31	29.45	15.576	103.916
2. Paralel	5.78	79.16	-0.66	28.80	20.633	122.922
<b>Ortalama</b>	<b>5.83</b>	<b>80.62</b>	<b>-0.98</b>	<b>29.12</b>	<b>18.104</b>	<b>113.419</b>

Çizelge 7.11 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 2 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 2</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.12	0.96	2.22
<b>2</b>	1.16	0.92	1.62
<b>3</b>	1.16	0.88	2.21
<b>4</b>	1.06	0.89	2.22
<b>5</b>	1.12	0.85	2.15
<b>6</b>	1.15	0.79	1.63
<b>7</b>	1.09	0.87	1.51
<b>8</b>	1.11	0.93	2.05
<b>9</b>	1.19	0.90	2.25
<b>10</b>	1.18	0.91	2.30
<b>Ortalama</b>	<b>1.13</b>	<b>0.89</b>	<b>2.02</b>

Çizelge 7.10'da ikinci reçete ile hazırlanan dolgulu makarnanın tekstür analizi sonucunda kuvvet değerinin 18.104 kg' a düştüğü görülmektedir. Bu değer makarnanın kurutma sonunda deney 1'e göre daha yumuşak bir dokuya sahip olduğunu göstermektedir. Ancak hedef 10 kg ölçülmüştür ve bu deneyde hedef yakalanamamıştır. Toplam kesme kuvveti hedefte 80 kg.dk iken deney 2'de 113.419 kg.dk olarak hedeften çok yüksek bir değer elde edilmiştir. Deney 1'e göre yapıda çok az miktarda düzelme elde edilmiştir. Toplam yağ miktarı birinci deneye göre çok düşmüştür. Bu da makarna yapısının yeteri kadar yumuşak olmamasına sebep olmuştur. İki deneyde de mikrodalga güç yoğunluğu düşük tutulmuştur ve kurutma süresi uzun sürmüştür. Bir sonraki deneyde mikrodalga güç yoğunluğu artırılarak deney yapılmıştır. Deney 2'den elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda deney 3'de yağ miktarının artırılması gerekmektedir.

Çizelge 7.12 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 3 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 3		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.7 kW Vakum basıncı: 25mbar					Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	31.64	32.44	81.92	-1.54	25.85	7.971	55.060
2	10	31.83	32.86	81.90	-1.49	26.87	8.103	57.862
3	20	31.67	31.80	81.77	-1.52	27.18	8.405	58.501
4	30	28.91	28.80	82.33	-1.77	27.08	8.198	57.735
5	40	26.30	27.11	81.43	-1.74	27.51	8.835	62.921
6	50	24.59	25.36	81.90	-1.59	26.78	9.585	65.532
7	60	21.28	21.35	92.47	-1.96	26.83	9.590	70.858
8	70	-	19.89	80.95	-1.60	27.69	9.657	69.555
9	80	16.61	16.96	80.74	-1.64	27.37	11.145	77.092
10	90	14.08	14.31	79.26	-1.33	26.72	9.961	75.350
11	100	11.38	11.55	80.90	-1.20	29.49	11.742	85.104

Çizelge 7.13 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 3 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 3	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)	
1. Paralel	11.46	17.47	1.84	4.06	0.1274	
2. Paralel	11.64	17.95	1.82	4.08	0.1362	
<b>Ortalama</b>	<b>11.55</b>	<b>17.71</b>	<b>1.83</b>	<b>4.07</b>	<b>0.1318</b>	
DENEY NO: 3	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	11.21	81.99	-1.45	30.62	11.392	82.006
2. Paralel	10.95	79.82	-0.95	28.37	12.092	88.202
<b>Ortalama</b>	<b>11.08</b>	<b>80.90</b>	<b>-1.20</b>	<b>29.49</b>	<b>11.742</b>	<b>85.104</b>

Çizelge 7.14 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 3 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 3</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.25	0.88	2.00
<b>2</b>	1.29	0.84	2.16
<b>3</b>	1.33	0.90	2.07
<b>4</b>	1.31	0.85	2.90
<b>5</b>	1.32	0.84	2.33
<b>6</b>	1.33	0.85	2.52
<b>7</b>	1.29	0.90	2.08
<b>8</b>	1.30	0.78	2.12
<b>9</b>	1.24	0.85	2.31
<b>10</b>	1.35	0.82	2.20
<b>Ortalama</b>	<b>1.30</b>	<b>0.85</b>	<b>2.27</b>

Deney 3'te kullanılan reçete ile elde edilen dolgulu makarnanın tekstür analizi sonucunda kuvvet 11.742 kg bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Aynı şekilde toplam kesme kuvveti de 85.104 kg.dk ile kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Toplam yağ miktarı da % 11.08 bulunarak hedef ürün ile çok yakın sonuç elde edilmiştir. Elde edilen makarna pişirilerek duyuusal test yapıldığında lezzet yönünden zayıf olduğu ve makarnanın ve dolgunun yapısının sert olduğu tespit edilmiştir. Bir sonraki deney için lezzetin güçlendirilmesi için dolgu reçetesi değiştirilecektir. Daha yoğun lezzete sahip peynir çeşitleri araştırılarak dolgu yapısını bozmadan yeni bir dolgu reçetesi hazırlanacaktır. Suyu geçen madde miktarı analiz sonucu % 4.07 bulunarak maksimum kabul edilebilir değer olan % 4'e çok yakın elde edilmiştir. Sonraki deneylerde mikrodalga güç yoğunluğu artırılarak kurutma gerçekleştirilecektir. Elde edilen sonuçlar deney 2'den elde edilen bilgi ve tecrübe ışığında yapılan iyileştirmeler ile deney 3'de hedefe yaklaşıldığı görülmektedir.

Çizelge 7.15 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 4 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 4		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.9 kW Vakum basıncı: 25mbar					Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	-	33.43	81.68	-1.36	26.07	7.298	51.382
2	10	30.76	31.06	81.35	-1.45	25.74	7.760	58.038
3	20	27.67	28.44	81.25	-1.42	26.89	7.972	58.666
4	30	23.97	24.34	80.69	-1.44	29.28	9.255	65.543
5	40	21.31	21.64	80.85	-1.73	27.55	9.361	66.173
6	50	18.98	18.90	79.60	-1.27	27.92	9.344	71.242
7	60	-	15.26	79.95	-1.28	27.18	10.414	73.183
8	70	10.84	10.85	81.33	-1.27	26.75	13.372	96.980

Çizelge 7.16 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 4 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 4	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	10.77	17.04	1.84	4.49	0.1009
2. Paralel	10.93	17.63	1.86	4.45	0.1102
<b>Ortalama</b>	<b>10.85</b>	<b>17.34</b>	<b>1.85</b>	<b>4.47</b>	<b>0.1056</b>

DENEY NO: 4	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	12.76	81.13	-1.14	27.7	13.565	99.549
2. Paralel	12.66	81.53	-1.4	25.78	13.378	94.410
<b>Ortalama</b>	<b>12.71</b>	<b>81.33</b>	<b>-1.27</b>	<b>26.75</b>	<b>13.372</b>	<b>96.980</b>

Çizelge 7.17 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 4 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 4</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.36	0.90	2.25
<b>2</b>	1.37	0.75	2.10
<b>3</b>	1.37	0.84	2.41
<b>4</b>	1.30	0.73	2.31
<b>5</b>	1.35	0.97	2.34
<b>6</b>	1.35	0.88	2.42
<b>7</b>	1.38	0.86	1.95
<b>8</b>	1.34	0.85	2.27
<b>9</b>	1.30	0.86	2.21
<b>10</b>	1.33	0.89	2.24
<b>Ortalama</b>	<b>1.35</b>	<b>0.85</b>	<b>2.25</b>

Deney 4’de kullanılan reçete ile elde edilen dolgulu makarnaya uygulanan analiz sonuçlarında toplam yağ miktarının % 12.71 seviyesine ulaşarak kabul edilebilir maksimum sınır değer olan % 12’nin üzerine çıktığı buna rağmen tekstür analizi sonucunun 13.372 kg olarak sınır değerinin üzerinde ölçülmesi yapının sert olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 7.18 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 5 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

<b>DENEY NO: 5</b>	<b>Mikrodalga güç yoğunluğu: 1.1 kW Vakum basıncı: 25mbar</b>						<b>Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°</b>	
	<b>Num. No</b>	<b>Zaman (dk)</b>	<b>Nem</b>		<b>Renk</b>			<b>Tekstür analizi</b>
<b>% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)</b>			<b>% (Etüv)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Kuvvet (kg)</b>	<b>Toplam kesme kuvveti (kg.dk)</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	30.59	30.70	82.20	-1.06	28.97	6.890	50.107
<b>2</b>	<b>10</b>	30.93	30.95	83.34	-1.59	28.56	8.039	57.488
<b>3</b>	<b>20</b>	28.05	28.20	82.77	-1.42	27.28	8.555	63.808
<b>4</b>	<b>30</b>	24.86	24.81	81.22	-1.35	28.02	9.713	71.140
<b>5</b>	<b>40</b>	20.47	21.16	81.52	-1.35	27.36	10.055	73.830
<b>6</b>	<b>50</b>	17.56	17.85	77.27	-1.01	28.56	11.426	79.232
<b>7</b>	<b>60</b>	13.28	14.06	79.77	-1.23	27.78	13.182	94.696
<b>8</b>	<b>70</b>	10.51	10.60	78.26	-0.59	29.63	14.482	109.134



Çizelge 7.19 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 5 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 5	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	10.59	17.63	1.74	4.47	0.0857
2. Paralel	10.60	17.59	1.74	4.46	0.0784
<b>Ortalama</b>	<b>10.60</b>	<b>17.61</b>	<b>1.74</b>	<b>4.47</b>	<b>0.0821</b>

DENEY NO: 5	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	13.00	77.53	-0.37	30.59	14.803	109.894
2. Paralel	12.75	78.99	-0.82	28.67	14.161	108.374
<b>Ortalama</b>	<b>12.88</b>	<b>78.26</b>	<b>-0.59</b>	<b>29.63</b>	<b>14.482</b>	<b>109.134</b>

Çizelge 7.20 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 5 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

DENEY NO: 5			
Paralel ölçüm no	Makarna ağırlığı g/adet	Et kalınlığı, mm.	Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.
1	1.42	0.74	2.35
2	1.29	0.88	2.31
3	1.41	0.67	2.21
4	1.25	0.84	2.42
5	1.35	0.73	1.51
6	1.33	0.89	2.40
7	1.39	0.77	2.00
8	1.27	0.83	2.04
9	1.39	0.83	2.06
10	1.25	0.80	2.44
<b>Ortalama</b>	<b>1.34</b>	<b>0.80</b>	<b>2.17</b>

Dolgu yapısının kurutma sonrasında pişme sırasında su alması için deney 4’de kullanılan dolgu reçetesi değiştirilerek deney 5’de kullanılmıştır. Deney 5’den elde edilen sonuçlar toplam yağ oranının yüksek olması, L\* renk değerinin düşük, tekstür analizi sonucunda kuvvet ve toplam kesme kuvvetinin yüksek ve suya geçen madde miktarının kabul edilebilir değerlerden yüksek olması sebebiyle hedef ürüne ulaşamadığını göstermektedir. Ancak mikrodalga güç yoğunluğunun artırılması kurutma süresini azaltırken makarnanın fiziksel olarak zarar görmediğini göstermektedir. Ancak

hazırlanan reçete ile makarnanın lezzetinin yeterli olmadığı tespit edilmiş ve tekstür yapısının henüz hedeflenen yumuşaklığa ulaşmadığı görülmektedir.

Çizelge 7.21 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 6 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

<b>DENEY NO: 6</b>		<b>Mikrodalga güç yoğunluğu: 1.3 kW Vakum basıncı: 25mbar</b>					<b>Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°</b>	
<b>Num. No</b>	<b>Zaman (dk)</b>	<b>Nem</b>		<b>Renk</b>			<b>Tekstür analizi</b>	
		<b>% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)</b>	<b>% (Etüv)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Kuvvet (kg)</b>	<b>Toplam kesme kuvveti (kg.dk)</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	32.76	32.48	81.89	-0.51	26.59	8.671	62.621
<b>2</b>	<b>10</b>	28.66	29.00	81.93	-1.23	29.30	9.039	64.414
<b>3</b>	<b>20</b>	24.63	25.24	80.92	-1.15	29.60	11.597	95.309
<b>4</b>	<b>30</b>	-	21.49	80.86	-1.05	30.83	11.578	83.529
<b>5</b>	<b>40</b>	16.38	16.81	79.77	-1.17	30.34	13.379	93.140
<b>6</b>	<b>50</b>	11.60	12.53	84.71	-1.88	27.79	13.082	95.570

Çizelge 7.22 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 6 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

<b>DENEY NO: 6</b>	<b>Nem (%)</b>	<b>Protein (%)</b>	<b>Kül (%)</b>	<b>S.G.M.M (%)</b>	<b>Asitlik (%)</b>
<b>1. Paralel</b>	12.53	15.38	1.80	2.30	0.0828
<b>2. Paralel</b>	12.52	15.42	1.79	2.28	0.0818
<b>Ortalama</b>	<b>12.53</b>	<b>15.40</b>	<b>1.80</b>	<b>2.29</b>	<b>0.0823</b>

<b>DENEY NO: 6</b>	<b>Toplam Yağ (%)</b>	<b>Renk</b>			<b>Tekstür analizleri</b>	
		<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Kuvvet (kg)</b>	<b>Toplam kesme kuvveti (kg.dk)</b>
<b>1. Paralel</b>	6.97	85.75	-2.06	28.47	12.712	95.584
<b>2. Paralel</b>	7.36	83.68	-1.71	27.12	13.541	99.557
<b>Ortalama</b>	<b>7.16</b>	<b>84.71</b>	<b>-1.88</b>	<b>27.79</b>	<b>13.082</b>	<b>97.571</b>

Deney 6'da mikrodalga güç yoğunluğu 1.3 kW'ta çalışılmıştır. Kurutma süresi 50 dakika olmuştur. Mikrodalga güç yoğunluğunun 1.1 kW'tan 1.3 kW'a yükseltilmesi kurutma süresinde yaklaşık 20 dakikalık kısaltmaya neden olmuştur.

Çizelge 7.23 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 6 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 6</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.27	0.81	1.49
<b>2</b>	1.24	0.85	3.05
<b>3</b>	1.22	0.89	2.74
<b>4</b>	1.24	0.78	2.25
<b>5</b>	1.19	0.92	2.58
<b>6</b>	1.24	0.86	1.98
<b>7</b>	1.20	0.92	2.51
<b>8</b>	1.20	0.91	2.20
<b>9</b>	1.24	0.85	1.73
<b>10</b>	1.19	0.85	1.47
<b>Ortalama</b>	<b>1.22</b>	<b>0.86</b>	<b>2.20</b>

Kurutma bitiminde nem içeriği % 12.53 olarak saptanmıştır. Bu değer sınır değerlerin üzerinde kalmıştır. Bu deney neticesinde % 32.48 olan giriş nemi 50 dakika kurutma süresi sonunda % 12.53 bulunarak süre yetersiz kalmıştır. Toplam yağ miktarı ise % 7.16 olarak bulunmuştur ve sınır değerinin altındadır. Dolayısıyla deney 6'da kullanılan dolgu reçetesinde yağ miktarının artırılması gerekmektedir. Yağ miktarının az olması nedeniyle tekstür analizi sonucunda elde edilen toplam kesme kuvveti de 97.571 kg.dk ile yüksek bulunmuştur ve makarna yapısı yeteri kadar yumuşak değildir. Deney 6'da bu tez çalışmasındaki en yüksek mikrodalga güç yoğunluğu olan 1.3 kW kullanılmıştır ve bundan sonraki deneyde güç yoğunluğu 0.7 kW'ta düşürülerek kurutma işleminin daha yavaş gerçekleşmesi bu sayede de tekstür yapısının kurutma sonunda daha yumuşak elde edilmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 7.24 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 7 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 7		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.7 kW Vakum basıncı: 25mbar					Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	31.91	31.74	82.04	-0.34	27.63	9.766	73.451
2	10	29.97	29.35	82.35	-0.01	29.46	10.272	73.652
3	20	28.98	29.43	81.32	-0.01	31.56	9.794	70.662
4	30	-	27.81	81.25	-0.14	29.56	10.058	76.765
5	40	-	25.36	80.19	-0.34	28.66	10.331	72.662
6	50	-	24.54	79.78	0.12	28.87	10.372	71.535
7	60	20.37	20.84	76.22	0.03	27.71	11.979	83.747
8	70	18.19	18.19	77.70	0.39	30.83	11.901	90.964
9	80	-	13.78	79.16	0.61	29.63	12.938	90.579
10	90	13.36	13.64	77.83	0.56	30.21	13.390	99.429
11	100	11.35	11.42	76.07	0.94	29.90	11.818	86.642

Çizelge 7.25 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 7 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 7	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	11.47	18.21	1.56	4.12	0.0867
2. Paralel	11.37	17.94	1.54	4.08	0.0877
<b>Ortalama</b>	<b>11.42</b>	<b>18.08</b>	<b>1.55</b>	<b>4.10</b>	<b>0.0872</b>

DENEY NO: 7	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	13.78	78.96	0.28	29.75	12.441	86.149
2. Paralel	13.32	73.18	1.61	30.06	11.195	87.134
<b>Ortalama</b>	<b>13.55</b>	<b>76.07</b>	<b>0.94</b>	<b>29.91</b>	<b>11.818</b>	<b>86.642</b>

Çizelge 7.26 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 7 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 7</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.47	0.94	2.03
<b>2</b>	1.46	0.73	2.39
<b>3</b>	1.43	0.78	2.38
<b>4</b>	1.46	0.81	2.58
<b>5</b>	1.49	0.94	1.76
<b>6</b>	1.39	1.00	2.08
<b>7</b>	1.49	1.08	2.52
<b>8</b>	1.43	0.76	2.23
<b>9</b>	1.42	0.98	2.37
<b>10</b>	1.44	0.93	1.54
<b>Ortalama</b>	<b>1.45</b>	<b>0.90</b>	<b>2.19</b>

Deney 7'den elde edilen analiz sonuçlarından toplam yağ miktarının % 13.55 ile yüksek olduğu görülmektedir. Bir önceki deneyden elde edilen veriler ışığında doğudaki yağ miktarı artırılmış ancak bu kez de sınır değerine üzerine çıkarılarak aşırı artışa neden olmuştur. Suyu geçen madde miktarı ise % 4.10 ile sınırın üstünde kalmıştır. Deney 6'da 13.082 kg olan kuvvet değeri deney 7'de 11.818 kg ölçülerek hedefe biraz daha yaklaşmıştır. Bu da makarnanın bir önceki deneye göre daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bir sonraki deneyde yağ miktarının aşağı çekilmesi gerekmektedir.

Çizelge 7.27 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 8 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 8		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.5 kW Vakum basıncı: 25mbar					Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	26.71	26.83	75.46	0.05	28.54	10.813	78.604
2	10	27.35	27.27	77.76	0.08	31.82	9.614	72.960
3	20	26.77	27.41	76.41	0.74	28.99	11.132	70.964
4	30	26.25	26.15	77.10	-0.29	27.14	10.966	80.759
5	40	24.35	25.10	78.43	-0.35	30.06	10.585	72.027
6	50	-	22.85	75.14	0.02	28.80	11.743	80.041
7	60	-	20.83	76.79	0.21	28.70	12.500	88.130
8	70	19.56	20.10	77.13	-0.37	29.00	13.113	94.974
9	80	-	18.77	77.71	-0.15	29.23	13.205	91.004
10	90	16.98	17.48	77.36	-0.12	28.25	13.151	89.194
11	100	-	15.62	78.55	0.06	29.53	12.558	92.796
12	110	13.65	13.56	74.28	0.42	27.87	13.424	99.320
13	120	-	12.11	75.58	0.22	28.34	12.562	91.313
14	130	10.46	10.28	71.22	1.46	28.16	11.218	81.935

Çizelge 7.28 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 8 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 8	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)	
1. Paralel	10.17	16.24	1.58	4.57	0.0793	
2. Paralel	10.39	16.60	1.60	4.53	0.0784	
<b>Ortalama</b>	<b>10.28</b>	<b>16.42</b>	<b>1.59</b>	<b>4.55</b>	<b>0.0799</b>	
DENEY NO: 8	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	14.77	72.58	1.29	28.2	11.238	81.719
2. Paralel	14.60	69.87	1.63	28.12	11.198	82.150
<b>Ortalama</b>	<b>14.68</b>	<b>71.22</b>	<b>1.46</b>	<b>28.16</b>	<b>11.218</b>	<b>81.935</b>

Çizelge 7.29 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 8 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 8</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.52	0.82	2.36
<b>2</b>	1.55	0.92	1.77
<b>3</b>	1.40	0.87	2.14
<b>4</b>	1.49	0.81	2.17
<b>5</b>	1.58	0.91	2.20
<b>6</b>	1.48	0.91	2.24
<b>7</b>	1.51	0.94	2.28
<b>8</b>	1.45	0.81	2.44
<b>9</b>	1.42	0.93	2.27
<b>10</b>	1.45	0.98	2.39
<b>Ortalama</b>	<b>1.49</b>	<b>0.89</b>	<b>2.23</b>

Yapılan deneyde kurutma tam istenilen nem içeriğinde tamamlanmıştır. Ancak deney 7’de de yüksek olan yağ miktarı deney 8’de daha da artarak % 14.68’e ulaşmıştır. Dolayısıyla hazırlanan dolgu reçetesinin yağ oranında değişiklik yapılması gerekmektedir. Yağ miktarının fazla olması makarnanın tekstürel yapısını da etkilemiştir ve tekstür analizi sonucunda uygulanan kuvvetin 11.218 kg olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu değer yeterli değildir. Makarna hala istenilen yumuşaklıkta olmamıştır. Hedeflenen kuvvet değeri 10 kg’dır. Yağ miktarının fazla olması tek başına makarna yapısının yumuşak olması için yeterli değildir. Ayrıca suya geçen madde miktarı analiz sonucu da % 4.55 olarak saptanmıştır. Bu değer kabul edilebilir üst limitin % 0.55 üzerindedir. Bu da makarnada pişme sırasında dağılmaların olduğunu göstermektedir.

## **7.2 Mikrodalga Güç Yoğunluğunda 0.5 kW ve 3 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen Vakum Basıncında Yapılan Kurutma Deneyleri**

Mikrodalga gücü 0.5 kW sabit ve farklı vakum basıncında deneyler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 7.30 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 9 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 9		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.5 kW Vakum basıncı: 30mbar					Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	-	32.68	80.34	-0.19	32.51	10.961	81.385
2	10	30.35	31.36	79.38	-0.62	31.61	12.374	82.513
3	20	-	30.58	79.30	-0.65	30.98	12.159	84.557
4	30	28.25	28.49	79.08	-0.63	31.53	11.152	78.348
5	40	-	27.52	79.07	-0.28	31.15	11.271	77.233
6	50	-	26.11	78.68	-0.48	31.97	12.554	90.614
7	60	24.23	24.17	80.25	-0.71	32.62	11.419	81.861
8	70	21.13	21.62	75.92	0.37	31.39	12.208	85.602
9	80	-	20.36	77.61	-0.65	31.69	12.495	89.194
10	90	17.51	17.88	77.90	-0.46	31.08	12.194	84.192
11	100	14.94	15.49	76.13	0.28	29.77	13.753	88.394
12	110	-	12.29	79.10	0.13	31.59	12.507	91.787
13	120	10.26	10.49	78.68	-0.48	3.00	12.850	90.109

Yapılan deneyde 0.5 kW mikrodalga güç yoğunluğunda ve 30 mbar vakum basıncı altında kurutma süresi 120 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Giriş nemi % 32.68 olan dolgulu makarnaların bu süre ve koşullar sonucunda nemi % 10.49 olarak hedef yakalanmıştır.



Çizelge 7.31 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 9 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 9	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	10.36	18.00	1.89	4.47	0.0690
2. Paralel	10.62	18.58	1.89	4.46	0.0695
<b>Ortalama</b>	<b>10.49</b>	<b>18.29</b>	<b>1.89</b>	<b>4.47</b>	<b>0.0693</b>

DENEY NO: 9	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	12.11	75.81	0.57	32.18	13.053	91.890
2. Paralel	11.80	73.60	1.13	33.16	12.648	88.329
<b>Ortalama</b>	<b>11.96</b>	<b>74.70</b>	<b>0.85</b>	<b>32.67</b>	<b>12.850</b>	<b>90.109</b>

Çizelge 7.32 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 9 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

DENEY NO: 9			
Paralel ölçüm no	Makarna ağırlığı g/adet	Et kalınlığı, mm.	Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.
1	1.28	0.78	1.88
2	1.26	0.75	1.34
3	1.23	0.76	2.10
4	1.32	0.84	2.00
5	1.35	0.86	2.12
6	1.27	0.75	2.12
7	1.25	0.83	2.29
8	1.23	0.86	2.27
9	1.27	0.76	2.14
10	1.26	0.86	2.11
<b>Ortalama</b>	<b>1.27</b>	<b>0.81</b>	<b>2.04</b>

Deney 9'da hazırlanan reçete ile makarnanın b\* sarılık indeksin 32.67 olarak ölçülmüştür. Hedeflenen b\* değeri 28'dir. Elde edilen sonucun hedeften yüksek bulunması makarnanın kalitesine olumlu etki etmektedir. Toplam yağ miktarı % 11.96 ile hedeflenen düzeydedir. Ancak makarnanın pişme sonrasındaki yumuşaklığının saptandığı tekstür analizinde kuvvet 12.850 kg olarak hedeften yüksek ölçülmüştür. Bir sonraki deneyde makarna yapısının daha yumuşak elde edilmesi için dolgu yapısında

yumuşaklığı sağlamak amacıyla iyileştirme yapılarak ve kurutma parametrelerinden vakum basıncı 50 mbar olarak değiştirilerek çalışılmıştır.

Çizelge 7.33 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 10 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 10	Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.5 kW Vakum basıncı: 50mbar						Dönüş Hızı: 3/dk Dönüş açısı: 90°	
	Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi
% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)			% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	31.73	32.53	79.78	-1.12	28.03	7.532	57.268
2	10	-	32.07	79.93	-1.09	28.88	7.767	56.498
3	20	-	31.56	78.49	-1.07	28.09	6.684	48.643
4	30	28.28	30.34	80.28	-1.06	28.57	6.929	48.342
5	40	26.04	27.28	79.13	-1.08	28.70	6.808	46.607
6	50	-	26.73	79.98	-0.72	28.65	7.182	52.550
7	60	25.36	25.83	79.38	-1.20	31.61	6.828	49.089
8	70	-	24.15	77.81	-1.19	28.27	7.307	50.960
9	80	21.33	22.38	78.90	-1.05	28.91	7.516	54.108
10	90	-	21.00	74.36	-0.94	28.74	8.704	62.540
11	100	-	18.19	77.23	-0.95	28.76	7.789	55.891
12	110	-	16.77	76.05	-0.50	30.06	8.415	59.732
13	120	14.87	15.87	75.96	-0.63	28.89	8.370	59.247
14	130	-	14.26	74.03	0.09	29.42	8.866	62.425
15	140	11.04	11.70	73.22	0.12	29.72	9.367	64.049

Çizelge 7.34 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 10 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 10	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	11.75	15.33	1.84	4.72	0.1136
2. Paralel	11.65	15.69	1.86	4.68	0.1078
<b>Ortalama</b>	<b>11.70</b>	<b>15.51</b>	<b>1.85</b>	<b>4.70</b>	<b>0.1107</b>

DENEY NO: 10	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	13.68	68.85	0.73	29.77	10.003	66.392
2. Paralel	13.51	77.6	-0.48	29.67	8.732	61.707
<b>Ortalama</b>	<b>13.60</b>	<b>73.22</b>	<b>0.12</b>	<b>29.72</b>	<b>9.367</b>	<b>64.049</b>

Çizelge 7.35 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 10 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

DENEY NO: 10			
Paralel ölçüm no	Makarna ağırlığı g/adet	Et kalınlığı, mm.	Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.
1	1.24	0.86	1.41
2	1.29	0.78	2.12
3	1.24	0.71	1.46
4	1.22	0.82	2.14
5	1.33	0.80	1.60
6	1.15	0.74	2.06
7	1.21	0.87	2.15
8	1.31	0.77	1.57
9	1.30	0.83	1.27
10	1.17	0.77	2.02
<b>Ortalama</b>	<b>1.25</b>	<b>0.80</b>	<b>1.78</b>

Deney 10'de kullanılan reçetede yağ miktarının artırılması makarnadaki toplam yağ miktarını kabul edilebilir değerin üzerine çıkmasına neden olmuştur. Ancak yağ miktarının artırılması bir önceki deneyde elde edilen sertlik problemini ortadan kaldırarak tekstür sonucunu olumlu yönde etkilemiştir. Tekstür analizi sonucunda kuvvet 9.367 kg olarak ölçülmüştür. Bu değer makarnanın kurutma sonrasında pişirildiğinde dolgu ve hamurun yumuşak olduğunu göstermektedir. Ancak yağ oranının

yüksek olması nedeniyle makarnalar kururken yağın yüzeye çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum makarnada istenmeyen bir yapıya sebep olmuştur. Dolayısıyla elde edilen makarna pişme kalitesi yönünden istenilen düzeyde iken fazla yağ içeriği sebebiyle uygun bulunmamıştır.

### 7.3 Sabit Vakum Basıncı 25 mbar ve 5 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen Mikrodalga Güç Yoğunluğunda Yapılan Kurutma Deneyleri

3 / dk drum dönüş hızında makarnaların yeteri kadar karışmadığı ve dolayısıyla homojen kurumunun tam sağlanamadığı düşünülerek drum dönüş hızı 5 /dk'ya çıkartılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerden elde edilen veriler ışığında 25 mbar vakum uygun olduğu düşünülerek 25 mbar vakum basıncı altında deneyler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 7.36 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 11 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 11	Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.5 kW Vakum basıncı: 25mbar						Dönüş Hızı: 5/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	34.97	36.65	83.93	-0.80	27.39	8.799	67.077
2	10	31.91	34.39	83.61	-1.41	28.73	9.387	74.905
3	20	31.53	32.02	80.06	-0.51	28.03	9.216	68.516
4	30	30.70	30.96	81.33	-1.00	28.02	9.973	70.998
5	40	-	28.72	81.68	-1.22	29.51	10.670	76.391
6	50	26.13	27.25	82.75	-1.34	28.94	12.870	96.592
7	60	-	24.26	83.00	-1.53	29.42	13.431	95.198
8	70	21.81	22.13	83.61	-1.34	29.65	11.889	85.906
9	80	-	19.42	81.52	-1.26	28.23	14.811	102.323
10	90	16.72	16.80	82.92	-1.31	29.19	15.680	114.577
11	100	-	15.85	82.80	-1.23	29.39	14.980	116.258
12	110	12.10	12.00	83.98	-1.22	29.03	15.109	105.370

Çizelge 7.37 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 11 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 11	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	11.99	16.16	1.75	5.00	0.0143
2. Paralel	12.00	15.77	1.75	5.00	0.0150
<b>Ortalama</b>	<b>12.00</b>	<b>15.97</b>	<b>1.75</b>	<b>5.00</b>	<b>0.0147</b>

DENEY NO: 11	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	7.10	83.61	-1.09	28.38	16.024	106.280
2. Paralel	6.69	84.36	-1.35	29.68	14.193	104.459
<b>Ortalama</b>	<b>6.89</b>	<b>83.98</b>	<b>-1.22</b>	<b>29.03</b>	<b>15.109</b>	<b>105.370</b>

Çizelge 7.38 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 11 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

DENEY NO: 11			
Paralel ölçüm no	Makarna ağırlığı g/adet	Et kalınlığı, mm.	Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.
1	1.21	0.90	2.13
2	1.33	0.98	2.06
3	1.29	0.95	2.13
4	1.23	0.96	3.03
5	1.28	0.94	2.96
6	1.19	0.92	1.66
7	1.19	0.93	1.96
8	1.34	0.95	2.94
9	1.29	0.91	2.99
10	1.26	0.96	2.98
<b>Ortalama</b>	<b>1.26</b>	<b>0.94</b>	<b>2.48</b>

Deney 11'de elde edilen makarnanın toplam yağ miktarı % 6.89 ile çok düşük seviyededir. Toplam yağ miktarının az olması makarnanın tekstürel yapısını olumsuz yönde etkileyerek kuvvetin çok yüksek 15.109 kg çıkmasına neden olmuştur. Bir sonraki deneyde bu değer düşürülmesi için reçetede değişiklik yapılması gerekmektedir. Elde edilen toplam kesme kuvveti de 105.370 kg.dk ile kabul edilebilir üst limit olan 90 kg.dk'dan çok yüksek bulunmuştur. Ayrıca makarnada pişme sırasında

suya geçen madde miktarı da % 5 olarak yüksek bulunmuştur. Bir sonraki deneyde kurutma aşamasında mikrodalga güç yoğunluğu kademeli olarak azaltılarak çalışılmasına karar verilmiştir. Buradaki amaç makarnanın tekstürel yapısının iyileştirilmesi için son kurutma aşamasında daha az enerjiye maruz bırakılarak hassas bir kurutma yapılmasıdır.

Çizelge 7.39 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 12 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 12	Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.7 kW (60 dk)+ 0.5 kW (60 dk) Vakum basıncı: 25mbar			Dönüş Hızı: 5/dk Dönüş açısı: 90°				
	Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi
% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)			% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	31.01	32.04	81.97	-0.47	32.43	11.797	83.892
2	20	29.12	28.91	79.75	-0.15	30.18	12.646	90.947
3	40	24.83	24.84	81.18	-0.47	30.88	12.502	90.185
4	60	20.98	21.22	81.24	-0.68	30.36	13.900	98.053
5	80	17.28	18.10	75.78	0.61	30.65	14.651	101.382
6	100	14.45	14.53	77.04	0.48	31.43	15.728	112.874
7	120	12.17	12.02	81.54	0.10	32.24	16.836	119.735

Deney 12'de giriş nemi % 32.04 olan dolgulu makarnalar 0.7 kW ile başlayan mikrodalga güç yoğunluğunda 60 dakika sonunda % 21.22 nem içeriğine düşürülmüştür. Bu aşamada makarnaların daha yavaş nem kaybetmesi ve dolayısıyla da tekstür yapısının bozulmaması için güç yoğunluğu 0.5 kW'a düşürülmüştür. Toplam kurutma süresi 120 dk olarak belirlenirken çıkış nemi % 12.00 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 7.40 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 12 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 12	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	12.02	16.24	1.56	3.68	0.0315
2. Paralel	12.01	16.62	1.58	3.72	0.0315
<b>Ortalama</b>	<b>12.02</b>	<b>16.43</b>	<b>1.57</b>	<b>3.70</b>	<b>0.0315</b>

DENEY NO: 12	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	11.30	80.34	-0.05	32.23	16.959	122.429
2. Paralel	11.47	82.74	0.26	32.26	16.712	117.041
<b>Ortalama</b>	<b>11.39</b>	<b>81.54</b>	<b>0.11</b>	<b>32.24</b>	<b>16.836</b>	<b>119.735</b>

Çizelge 7.41 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 12 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

DENEY NO: 12			
Paralel ölçüm no	Makarna ağırlığı g/adet	Et kalınlığı, mm.	Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.
1	1.40	0.89	1.43
2	1.37	0.94	1.98
3	1.35	0.87	2.41
4	1.38	0.94	1.60
5	1.35	0.97	1.94
6	1.40	0.94	2.39
7	1.41	0.88	2.97
8	1.38	0.91	2.38
9	1.36	0.93	2.29
10	1.36	0.97	2.35
<b>Ortalama</b>	<b>1.38</b>	<b>0.92</b>	<b>2.17</b>

Çizelge 7.40'da deney no 12'de elde edilen makarnaların toplam yağ miktarının uygun olmasına rağmen tekstürel yapısının sert olduğu görülmektedir. Dolgu reçetesi değiştirilerek yeni bir deney gerçekleştirilecektir. Ayrıca makarna yapısının sert olmasının mikrodalga güç yoğunluğundan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle güç yoğunluğu bir sonraki deneyde düşürülecektir.

Çizelge 7.42 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 13 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

<b>DENEY NO: 13</b>		<b>Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.5 kW (80 dk) + 0.3 kW (85 dk) Vakum basıncı: 25mbar</b>					<b>Dönüş Hızı: 5/dk Dönüş açısı: 90°</b>	
<b>Num. No</b>	<b>Zaman (dk)</b>	<b>Nem</b>		<b>Renk</b>			<b>Tekstür analizi</b>	
		<b>% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)</b>	<b>% (Etüv)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Kuvvet (kg)</b>	<b>Toplam kesme kuvveti (kg.dk)</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	33.46	33.41	83.00	-0.80	30.93	8.545	62.653
<b>2</b>	<b>20</b>	30.08	29.85	84.36	-0.92	30.03	8.603	59.427
<b>3</b>	<b>40</b>	28.96	27.32	83.86	-0.89	30.89	8.100	56.556
<b>4</b>	<b>60</b>	26.35	25.58	82.41	-0.96	29.89	9.174	63.113
<b>5</b>	<b>80</b>	22.27	22.04	79.74	-0.67	29.67	8.890	62.188
<b>6</b>	<b>100</b>	20.11	19.75	79.95	-0.13	31.10	8.623	62.881
<b>7</b>	<b>120</b>	19.15	19.24	77.63	-0.35	30.79	9.922	64.693
<b>8</b>	<b>140</b>	16.87	16.88	78.62	-0.52	30.49	9.445	67.181
<b>9</b>	<b>160</b>	14.80	14.74	79.64	-0.34	31.99	9.666	65.942
<b>10</b>	<b>165</b>	12.13	12.27	78.45	-0.30	31.64	9.570	66.373

Çizelge 7.43 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 13 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

<b>DENEY NO: 13</b>	<b>Nem (%)</b>	<b>Protein (%)</b>	<b>Kül (%)</b>	<b>S.G.M.M (%)</b>	<b>Asitlik (%)</b>	
<b>1. Paralel</b>	12.28	15.77	1.39	3.73	0.0347	
<b>2. Paralel</b>	12.25	16.31	1.41	3.77	0.0362	
<b>Ortalama</b>	<b>12.27</b>	<b>16.04</b>	<b>1.40</b>	<b>3.75</b>	<b>0.0355</b>	
<b>DENEY NO: 13</b>	<b>Toplam Yağ (%)</b>	<b>Renk</b>			<b>Tekstür analizleri</b>	
		<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Kuvvet (kg)</b>	<b>Toplam kesme kuvveti (kg.dk)</b>
<b>1. Paralel</b>	11.16	78.58	-0.02	31.7	9.808	65.686
<b>2. Paralel</b>	11.38	78.32	-0.59	31.59	9.331	67.059
<b>Ortalama</b>	<b>11.27</b>	<b>78.45</b>	<b>-0.31</b>	<b>31.64</b>	<b>9.570</b>	<b>66.373</b>



Çizelge 7.44 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 13 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 13</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
1	1.29	0.84	2.25
2	1.25	0.76	1.57
3	1.25	0.73	2.27
4	1.31	0.75	2.30
5	1.22	0.73	2.26
6	1.23	0.83	1.57
7	1.21	0.69	1.32
8	1.27	0.73	2.24
9	1.36	0.76	1.30
10	1.34	0.73	1.22
<b>Ortalama</b>	<b>1.27</b>	<b>0.76</b>	<b>1.83</b>

Deney no 13’de mikrodalga güç yoğunluğu deney 12’den düşük olduğu için kurutma süresi 120 dakikadan 165 dakikaya çıkmıştır. Ancak çıkış nemi % 12.27 ile kabul edilebilir değerin üzerindedir. Bu da deneyde kurutmanın kısa kesildiğini göstermektedir. Deney no 13 ile elde edilen makarnalar hem yapısal hem de toplam yağ içeriği yönünden hedef ürüne çok yaklaşmıştır. Suya geçen madde miktarı da hedeflenen değere çok yakın olarak % 3.75 bulunmuştur. Ayrıca renk ölçümü sonucunda b\* değeri 31.64 olarak ölçülmüştür. Bu parametre hedef üründe 28’dir. Dolayısıyla b\* değerinin yüksek olması makarnanın sarılığının yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu parametrenin yüksek olması makarna kalitesini olumlu etkilemektedir. Ürün fiziksel ve kimyasal yönden uygun bulunmuştur.

#### **7.4 Sabit Vakum Basıncı 20 mbar ve 5 /dk Drum Dönüş Hızında Değişen Mikrodalga Güç Yoğunluğunda Yapılan Kurutma Deneyleri**

Vakum basıncının 20 mbar’da kurutmanın daha hassas olacağına karar verilmiştir.

Çizelge 7.45 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 14 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 14		Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.7 kW (20 dk) + 0.5 kW (120 dk) Vakum basıncı: 20mbar					Dönüş Hızı: 5/dk Dönüş açısı: 90°	
Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi	
		% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)	% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1.	0	33.10	33.46	80.51	-0.67	29.66	7.563	55.415
2.	20	30.32	29.63	80.93	-0.74	30.43	7.068	50.673
3.	40	27.68	26.86	79.66	-0.72	30.85	7.478	52.655
4.	60	23.81	23.78	80.39	-0.87	30.93	7.82	57.674
5.	80	20.65	19.96	81.1	-0.57	31.29	8.439	63.497
6.	100	18.28	18.32	80.5	-0.83	29.27	7.816	54.238
7.	120	14.42	14.24	81.71	-1.4	28.38	8.763	62.064
8.	140	12.42	12.47	80.25	-1.31	29.65	8.144	59.137

Çizelge 7.46 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 14 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 14	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)
1. Paralel	12.50	16.40	1.66	6.83	0.0347
2. Paralel	12.44	16.66	1.66	6.87	0.0367
<b>Ortalama</b>	<b>12.47</b>	<b>16.53</b>	<b>1.66</b>	<b>6.85</b>	<b>0.0357</b>

DENEY NO: 14	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	12.86	81.45	-1.35	30.19	8.407	59.365
2. Paralel	12.48	79.05	-1.27	29.12	7.880	58.908
<b>Ortalama</b>	<b>12.67</b>	<b>80.25</b>	<b>-1.31</b>	<b>29.65</b>	<b>8.144</b>	<b>59.137</b>

Çizelge 7.47 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 14 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 14</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.12	0.68	2.04
<b>2</b>	1.18	0.66	2.22
<b>3</b>	1.17	0.67	1.13
<b>4</b>	1.13	0.81	2.03
<b>5</b>	1.15	0.73	1.98
<b>6</b>	1.09	0.77	1.94
<b>7</b>	1.15	0.65	1.24
<b>8</b>	1.21	0.69	2.16
<b>9</b>	1.17	0.72	1.93
<b>10</b>	1.15	0.73	2.08
<b>Ortalama</b>	<b>1.15</b>	<b>0.71</b>	<b>1.88</b>

Deney no 14'de giriş Nemi % 33.46 olan makarna nemi kademeli olarak 0.7 kW'tan 0.5 kW'a azaltılan mikrodalga güç yoğunluğunda 140 dakikalık kurutma süresinde gerçekleştirilen deney sonucunda makarnanın çıkış nemi % 12.67 olarak saptanmıştır. Ulaşılan bu nem değeri hedeften yüksektir. Dolayısıyla kurutma süresinin daha uzun tutulması gerekmektedir. Elde edilen makarnanın toplam yağ oranı % 12.67 olarak hedeften yüksek bulunmuştur. Hazırlanan reçetedeki yağ miktarının yüksek olması makarnanın tekstürel yapısını olumlu etkileyerek uygulanan kuvvet 8.144 kg ve toplam kesme kuvveti ise 59.137 kg.dk olarak ölçülmüştür. Bu durum makarnanın pişme sonrasında yeteri kadar su alarak yumuşak bir yapıda olduğunu göstermektedir. Ancak analiz sonuçlarının kabul edilebilir değerlerin üzerinde olması sebebiyle henüz hedef başarılamamıştır.

Çizelge 7.48 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 15 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 15	Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.6 kW Vakum basıncı: 20mbar						Dönüş Hızı: 5/dk Dönüş açısı: 90°	
	Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi
% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)			% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	32.27	32.29	82.69	-1.55	26.35	7.246	52.416
2	10	30.73	30.91	80.31	-0.93	27.54	6.917	51.304
3	20	29.09	29.27	81.17	-1.16	28.40	7.172	51.707
4	30	-	27.88	77.38	-0.50	27.70	6.913	50.099
5	40	26.61	26.82	80.06	-1.30	27.77	6.981	49.574
6	50	24.82	25.55	80.41	-1.43	27.91	7.047	50.026
7	60		24.43	80.08	-1.36	27.12	7.910	54.392
8	70	22.41	22.56	80.84	-1.43	27.41	8.350	60.879
9	80	19.97	22.51	80.56	-1.03	26.88	7.641	53.377
10	90	20.39	20.99	82.08	-1.42	26.75	7.765	53.933
11	100	17.75	18.17	77.87	-1.05	26.30	7.941	57.776
12	110	15.80	16.28	76.68	-1.21	26.56	8.864	64.259
13	120	13.64	14.09	75.35	-0.51	26.53	8.587	62.182
14	130	12.62	12.50	75.99	-0.50	28.20	7.956	58.121

Çizelge 7.49 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 15 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 15	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)	
1. Paralel	12.52	16.59	1.47	3.24	0.0617	
2. Paralel	12.48	16.21	1.45	3.24	0.0632	
<b>Ortalama</b>	<b>12.50</b>	<b>16.40</b>	<b>1.46</b>	<b>3.24</b>	<b>0.0625</b>	
DENEY NO: 15	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	13.75	76.21	0.35	29.97	7.770	56.635
2. Paralel	14.16	77.83	0.03	30.46	8.141	59.507
<b>Ortalama</b>	<b>13.95</b>	<b>77.02</b>	<b>0.19</b>	<b>30.22</b>	<b>7.956</b>	<b>58.121</b>

Çizelge 7.50 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 15 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

<b>DENEY NO: 15</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.24	0.66	1.58
<b>2</b>	1.29	0.76	1.73
<b>3</b>	1.25	0.78	2.19
<b>4</b>	1.19	0.74	1.85
<b>5</b>	1.21	0.69	1.98
<b>6</b>	1.22	0.65	2.14
<b>7</b>	1.11	0.74	2.38
<b>8</b>	1.27	0.78	2.13
<b>9</b>	1.21	0.73	1.88
<b>10</b>	1.23	0.68	1.73
<b>Ortalama</b>	<b>1.22</b>	<b>0.72</b>	<b>1.96</b>

Deney no 15’de elde edilen dolgulu makarnalar tekstürel yönden çok yumuşak bulunmuştur. Makarna giriş nemi % 32.29 iken 130 dakikalık kurutma işlemi bitiminde çıkış nemi % 12.50 olarak saptanmıştır. Bu değer hedeflenenin üzerinde kalmıştır. Kurutma süresinin daha uzun tutulması gerekirken erken tamamlanmıştır. Bunun sebebi deney sırasında son ölçümden bir önceki nem ölçüm sonucuna göre kurutmanın süresine karar verilmektedir. Bu nedenle hedef nem içeriğine ulaşıldığı düşünülerek 130 dakika sonra kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Bu deneyde elde edilen makarnaların toplam yağ değeri sınırların üzerindedir. Ayrıca makarnalarda kurutma sonrasında çatlama tespit edilmiştir. Ürün yapısal olarak yumuşak olması nedeniyle uygun ancak analiz sonuçları yönünden uygun değildir.

Çizelge 7.51 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 16 ile üretilen dolgulu makarnanın kurutma işlemi süresince elde edilen nem, renk ve tekstür analizi sonuçları

DENEY NO: 16	Mikrodalga güç yoğunluğu: 0.6 kW Vakum basıncı: 20mbar						Dönüş Hızı: 5/dk Dönüş açısı: 90°	
	Num. No	Zaman (dk)	Nem		Renk			Tekstür analizi
% (Hızlı nem ölçer ile) (Sartorius)			% (Etüv)	L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1	0	33.33	32.06	84.25	-2.89	24.72	5.635	40.030
2	10	30.59	29.56	83.29	-2.84	23.50	5.793	41.699
3	20	-	28.68	83.65	-2.95	24.59	6.310	44.807
4	30	26.83	28.51	83.71	-2.94	24.85	6.220	47.177
5	40	-	25.46	83.71	-3.06	23.78	5.883	40.711
6	50	24.14	23.81	83.85	-2.93	25.33	6.543	46.382
7	60	-	21.70	82.98	-3.04	25.08	6.302	44.298
8	70	19.89	20.13	83.38	-2.98	25.95	6.655	47.313
9	80	-	18.46	81.89	-2.79	24.37	6.797	50.643
10	90	16.06	16.01	83.17	-2.65	24.53	6.995	52.922
11	100	15.63	14.37	83.66	-2.54	25.43	7.443	53.506
12	110	11.69	11.99	83.24	-2.66	23.95	7.081	52.029

Çizelge 7.52 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 16 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün analizi sonuçları

DENEY NO: 16	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	S.G.M.M (%)	Asitlik (%)	
1. Paralel	12.06	14.89	1.21	3.74	0.0490	
2. Paralel	11.93	14.65	1.23	3.78	0.0509	
<b>Ortalama</b>	<b>11.99</b>	<b>14.77</b>	<b>1.22</b>	<b>3.76</b>	<b>0.0500</b>	

DENEY NO: 16	Toplam Yağ (%)	Renk			Tekstür analizleri	
		L*	a*	b*	Kuvvet (kg)	Toplam kesme kuvveti (kg.dk)
1. Paralel	10.38	83.62	-2.45	24.40	7.081	51.744
2. Paralel	10.37	82.07	-2.20	24.88	7.678	52.314
<b>Ortalama</b>	<b>10.38</b>	<b>82.85</b>	<b>-2.33</b>	<b>24.64</b>	<b>7.380</b>	<b>52.029</b>

Çizelge 7.53 N.A.M. tarafından hazırlanan reçete 16 ile üretilen dolgulu makarnanın son ürün gramaj ve et kalınlığı ölçümleri

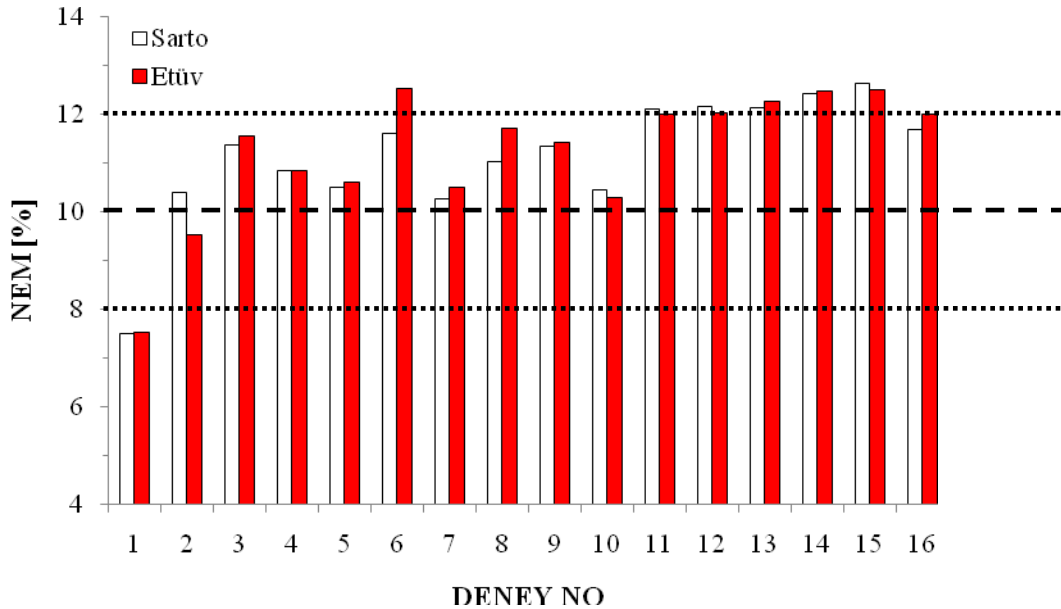
<b>DENEY NO: 16</b>			
<b>Paralel ölçüm no</b>	<b>Makarna ağırlığı g/adet</b>	<b>Et kalınlığı, mm.</b>	<b>Bağlantı yeri et kalınlığı, mm.</b>
<b>1</b>	1.10	0.74	1.53
<b>2</b>	1.15	0.73	2.18
<b>3</b>	1.17	0.77	2.17
<b>4</b>	1.08	0.62	2.20
<b>5</b>	1.12	0.74	1.95
<b>6</b>	1.04	0.76	2.15
<b>7</b>	1.06	0.77	2.25
<b>8</b>	1.11	0.74	1.76
<b>9</b>	1.11	0.74	2.21
<b>10</b>	1.10	0.80	1.75
<b>Ortalama</b>	<b>1.10</b>	<b>0.74</b>	<b>2.02</b>

Deney no 16'da gerçekleştirilen deneyde giriş nemi % 32.06 olan dolgulu makarnaların nemi; 0.6 kW mikrodalga güç yoğunluğu ve 20 mbar vakum basıncı altında 110 dakika süren mikrodalga vakum kurutma prosesi sonucunda % 11.99'a düşürülmüştür. Gerçekleştirilen deney sonucunda elde edilen makarnaların fiziksel görünüşleri hedeflenen numuneye aynıdır. Analiz sonuçları incelendiğinde toplam yağ miktarı % 10.38, suya geçen madde miktarı % 3.76 ile hedefe ulaşmıştır. Ayrıca yapılan tekstür analizi sonucunda makarnanın sertlik durumunu veren kuvvet değeri 7.380 kg ve toplam kesme işi 52.029 kg dakika olarak saptanmıştır. Bu değerler ürünün hedeflenen den daha da yumuşak olduğunu göstermektedir. Elde edilen tekstürel sonuç, gerçekleştirilen deneysel çalışmada elde edilmek istenen kurutulmuş dolgulu makarna yapısıdır.

Toplam 16 farklı deney numarasıyla gerçekleştirilen deneylerde üretilen dolgulu makarnalara uygulanan analizlerden elde edilen sonuçların toplu olarak değerlendirilebilmesi ve hedef ürün ile karşılaştırılabilmesi amacıyla sonuçlar grafikler ile verilmiştir. Grafiklerde hedef limit, üretilmesi hedeflenen ithal ürünün analiz sonuçları doğrultusunda belirlenmiştir. Maksimum ve minimum sınırlar ise Nuh'un

Ankara Makarnası San. ve Tic. A.Ş. tarafından, kalite kriterleri çerçevesinde kabul edilebilir değerler olarak belirlenmiştir.

Şekil 7.2’de kurutma deneyleri sırasında 10 dakikalık periyotlarla yapılan em ölçümlerinde çabuk sonuç almak için hızlı nem ölçüm cihazından (Sartorius) alınan Nem sonuçları ve aynı numunelere uygulanan klasik yöntemde etüvden alınan sonuçlar y ekseninde, ait olduğu deney numarası ise x ekseninde grafiğe aktarılmıştır. Nem sonuçları her bir deneyden elde edilen son ürüne aittir.



Şekil 7.2 Her bir deney için kurutma sonunda ulaşılan son nem içeriği (%)

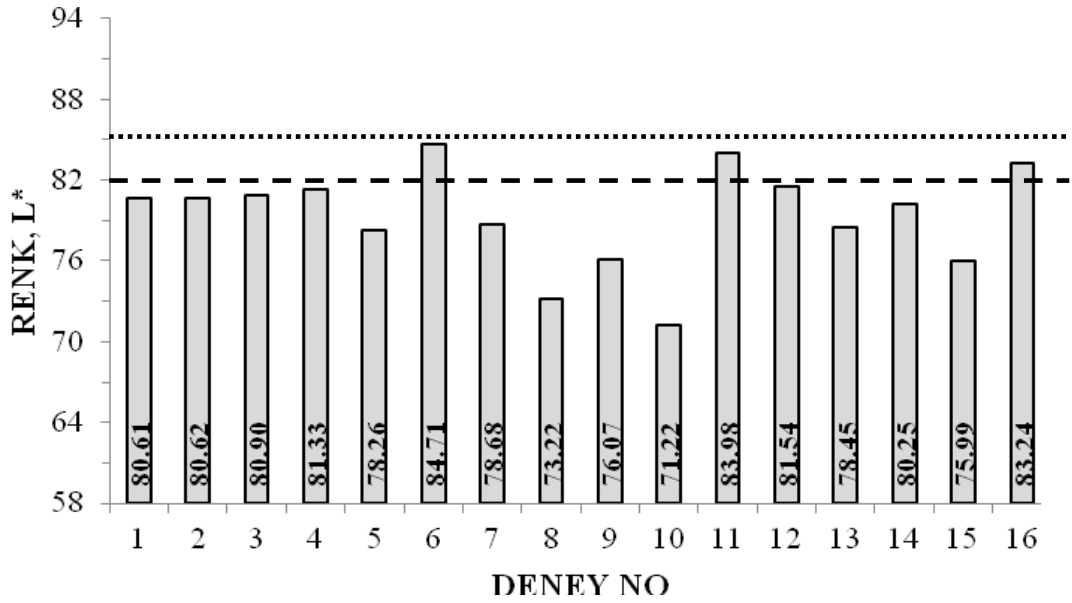
(Hızlı nemölçer cihazı ile etüv sonuçları birlikte verilmiştir)

Sonuçlara bakıldığında hızlı nemölçer cihazından alınan sonuçlar ile etüvden alınan sonuçların çok yakın olduğu görülmektedir. Bu da hızlı nemölçer cihazının kalibrasyonun düzgün yapıldığını göstermektedir. Dolayısıyla hızlı nem ölçümlerinin kurutmaya doğru yön verdiği görülmektedir. Grafikten deney 1’e ait ölçüm sonucunun minimum kabul değerinin altında kaldığı görülmektedir. Buradan makarnanın fazla



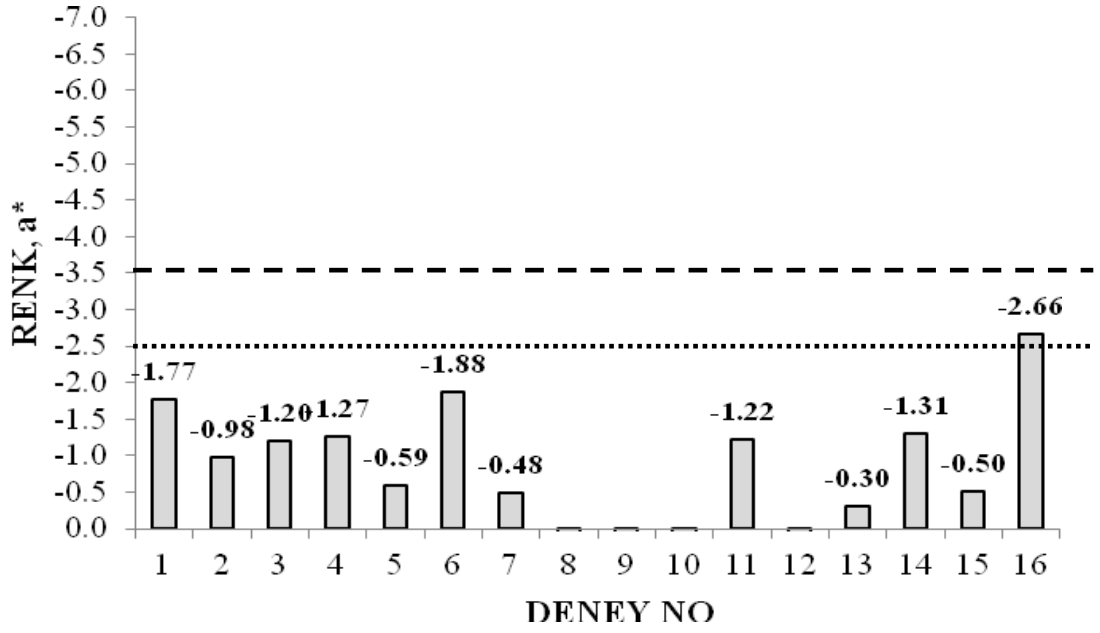
kurutulduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle 1 numaralı deney kabul edilemeyen bir deney olmuştur.

Şekil 7.3’de deneyler sonucunda elde edilen dolgulu makarnaların Konica Minolta Cr 400 cihazı ile ölçülen renk değerlerinden L\* değerleri grafiğe aktarılmıştır. Bu parametre makarnanın parlaklığını ifade etmektedir.



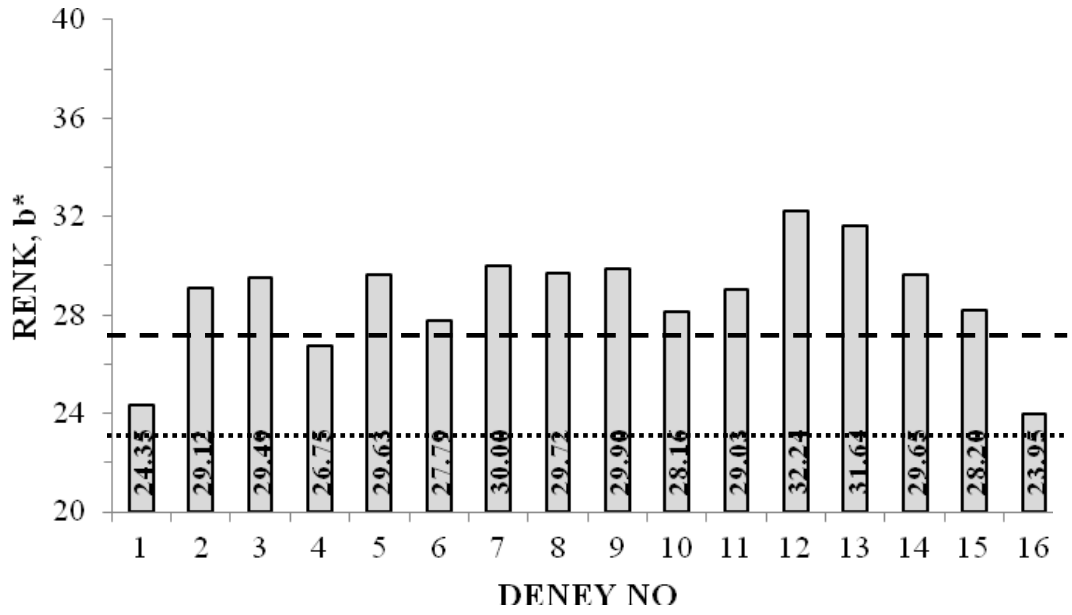
Şekil 7.3 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların renk analizi L\* değerleri

Grafiğe bakıldığında 6, 11 ve 16 numaralı deneylere ait numunelerin hedef değerin üzerinde kaldığını göstermektedir. Bu da makarnanın hedeflenenden daha parlak bir dış yüzeye sahip olduğunu ifade etmektedir. L\* değerinin yüksek olması makarna kalitesi üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır. Deney 6, 11 ve 16 dışında kalan 13 deneyin L\* parlaklık değeri hedef değerin (82) altında kalmıştır.



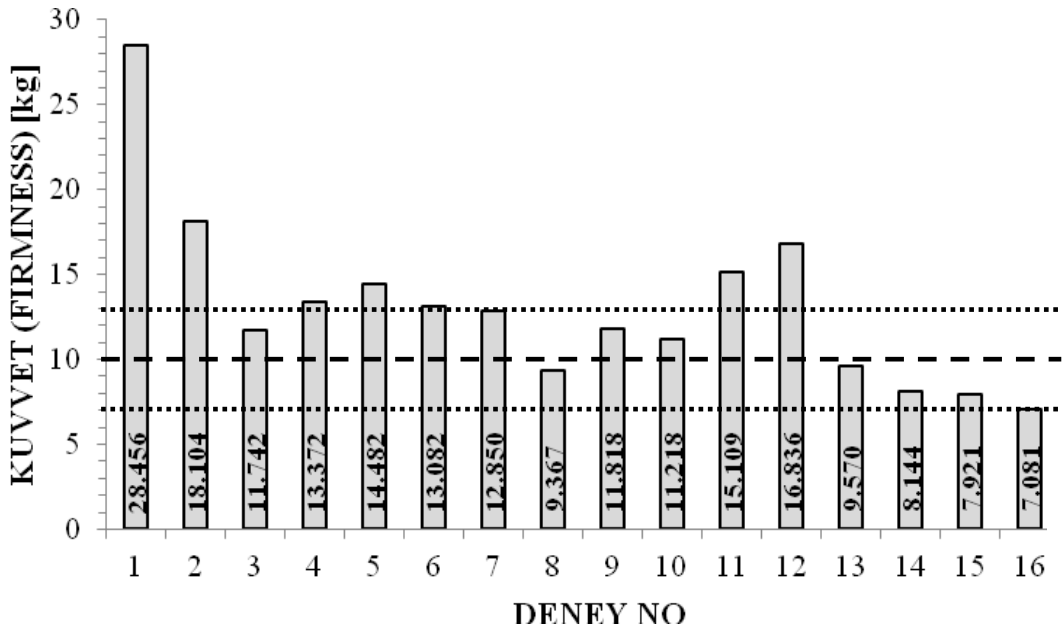
Şekil 7.4 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların renk analizi a\* değerleri

Şekil 7.4’ de x ekseninde yapılan deneyler sırası ile verilmiş, y ekseninde ise dolgulu makarnaların Konica Minolta Cr 400 cihazı ile ölçülen renk değerlerinden a\* değerleri grafiğe aktarılmıştır. a\* değeri makarnanın kırmızılık indeksini vermekte olup ayırt edici bir kriter olarak değerlendirilmemiştir. Grafik incelendiğinde, yapılan deneyler arasında bir tek 16 numaralı deney ile elde edilen makarnanın a\* değeri hedeflen aralıkta bulunmuştur.



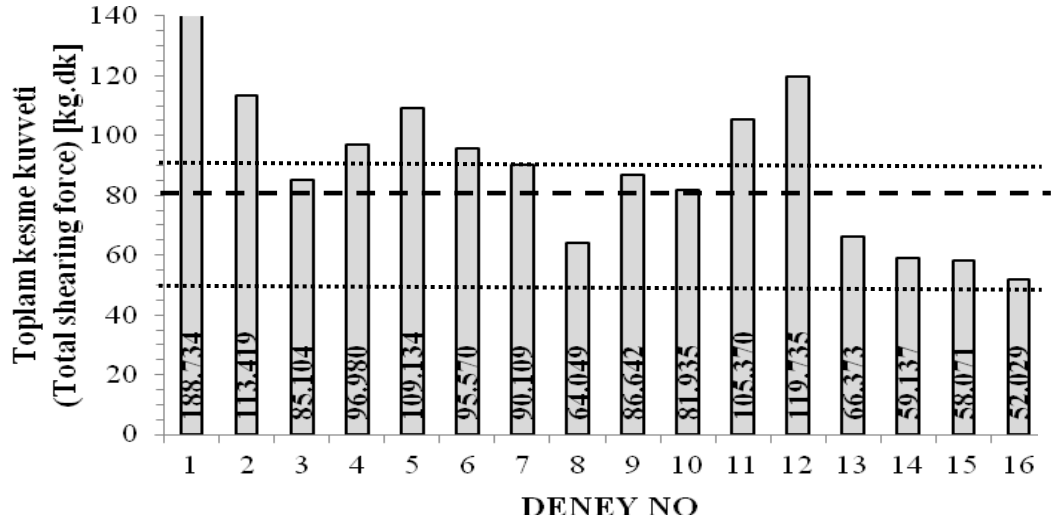
Şekil 7.5 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların renk analizi b\* değerleri

Şekil 7.5’ de x ekseninde, yapılan deneyler sırası ile verilmiş, y ekseninde ise dolgulu makarnaların Konica Minolta Cr 400 cihazı ile ölçülen renk değerlerinden b\* sarılık indeksi değerleri grafiğe aktarılmıştır. b\* sarılık indeksi makarna kalitesi için önemli bir parametredir. b\* değerinin yüksek olması makarnanın sarılık indeksinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu da kaliteli bir makarnada aranan bir özelliktir. Üretilmesi hedeflenen ürünün b\* sarılık indeksi 27’dir. Firma tarafından kabul edilen minimum sınır değer 23 olarak belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmaların tamamında b\* sarılık indeksi kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır. Bunun sebebi deneylerde kullanılan irmiğin renk kalitesinin yüksek olmasıdır. Yapılan deneyler içerisinde en yüksek b\* sarılık indeksi değerine sahip olan deney 12, bunu sonra ise deney 13 ve 9’dur. b\* sarılık indeksi değeri kurutma koşullarına bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.



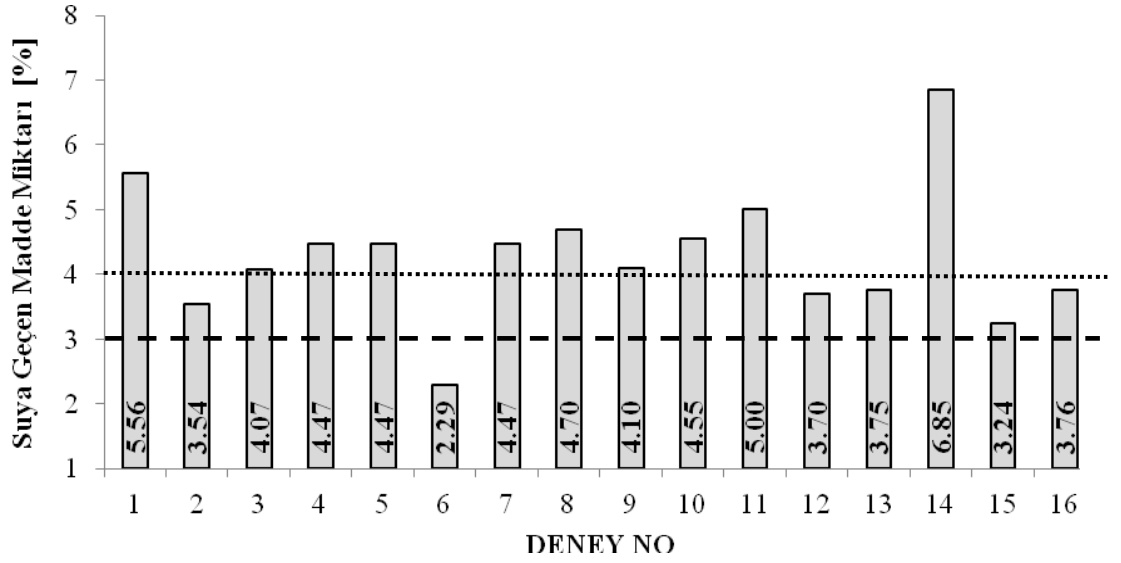
Şekil 7.6 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların tekstür analizi kuvvet (sertik) (kg cinsinden) sonuçları

Tekstür analizi sonuçları bu çalışmadaki en önemli parametredir. Dolgulu makarnada kurutma büyük önem taşımaktadır. Ürün kalınlığının fazla olması kurutmadaki zorluğun en önemli sebebidir. İkinci neden ise ürünün içindeki dolgu ile hamur yapısı farklı olduğundan dolgulu makarnanın homojen kurutulması büyük önem taşımaktadır. Klasik kurutma teknolojisi kullanılarak üretilen dolgulu makarnaların yapısı kurutma sürecinde bozulmaktadır. Ürünün dolgu kısmının kurutulması sırasında dış kabukta bulunan hamur çok uzun süre ısıya maruz kaldığı için kuruma ve sertleşmeler meydana gelmektedir. Dolgu materyali istenilen neme ulaşılan kadar özelliğini yitirmekte ve lezzetini kaybetmektedir. Bu nedenle de pişme sırasında yeteri kadar su alamayarak makarnanın dolgu kısmı sert kalmaktadır. Tekstür analizindeki amaç; pişmiş makarnanın sertliğinin ölçülmesidir. Uygulanan kuvvetin küçük olması makarnanın yumuşak olduğunu göstermektedir. Hedef numunede uygulanan kuvvet değeri 10 kg olarak ölçülmüştür. Firma tarafından kabul edilebilir maksimum kuvvet değeri 13 kg iken minimum değer ise 8 kg' dır. Deney 1, 2, 4, 5, 11 ve 12'den elde edilen kuvvet değerleri maksimum sınırın üzerindedir. Özellikle deney no 1'den elde edilen ürün 28.456 kg' lık kuvvet değeri ile en sert yapıya sahiptir. Deney 16 ise 7.081 kg kuvvet değeri ile en yumuşak yapıya sahip olan dolgulu makarnadır.



Şekil 7.7 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların tekstür analizi kesme için yapılan toplam iş (kg.dk cinsinden) sonuçları

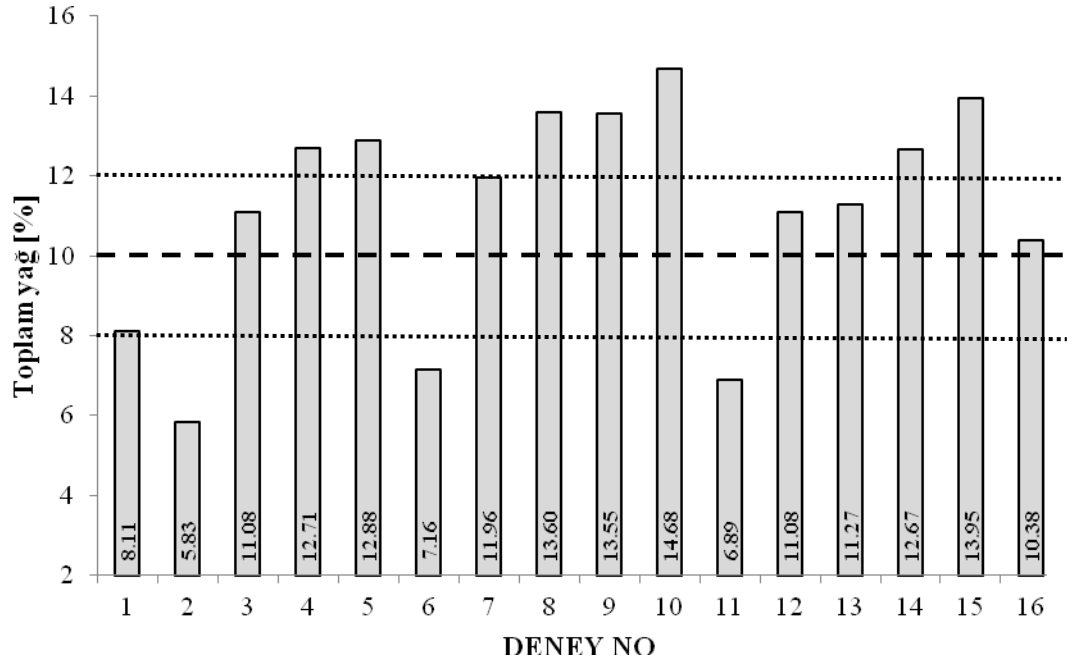
Şekil 7.7’ de tekstür analizi süresince zamana karşı kuvvet grafiği elde edilmektedir. Bu eğrinin altında kalan alan toplam kesme işini vermektedir. Bu değer hedef ürün için 80 kg.dk olarak ölçülmüştür. Kabul edilebilir sınır değerler ise maksimum 90 kg.dk ve minimum 50 kg.dk’dır. Gerçekleştirilen deneylerden deney 1, 2, 4, 5, 6, 11 ve 12 numaralı deneylerden elde edilen makarnaların analiz sonuçları kabul edilebilir maksimum değerinin üzerinde çıkmıştır. Dolayısıyla bu deneylere ait ürünler bu analiz sonucu yönünden uygun bulunmamıştır. Maksimum kesme kuvveti 188.734 kg.dk ile deney 1 ve minimum kesme kuvveti 52.029 kg.dk ile deney 16’dır. Sonuç olarak hedeflenen değere en yakın sonucu veren ürün deney 10’dan elde edilen dolgulu makarnadır. Sonuçlara göre en yumuşak yapıya sahip deney ürünü deney no 16’dan elde edilen dolgulu makarna olmuştur.



Şekil 7.8 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların suya geçen madde miktarı (%) sonuçları

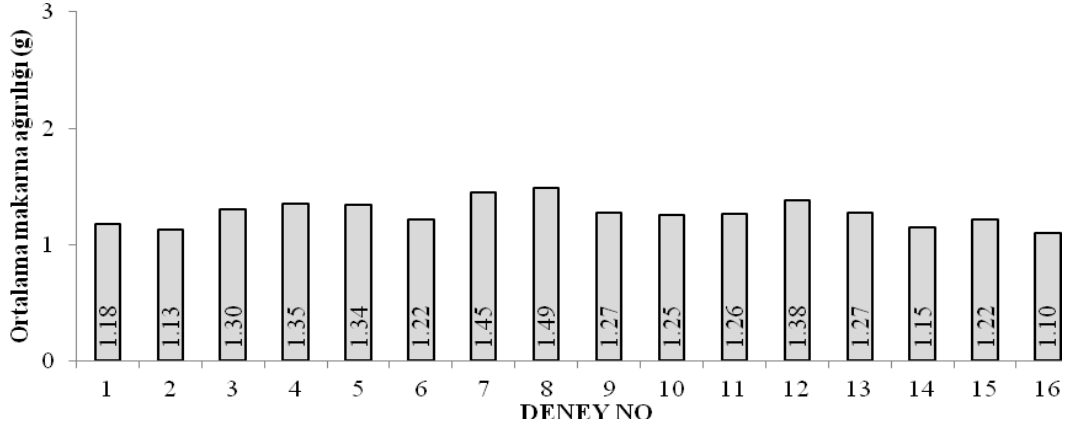
Şekil 7.8’de deney numunereyi sırasıyla x ekseninde suya geçen madde miktarı sonuçları ise y ekseninde verilmiştir. Hedef ürünün suya geçen madde miktarı oranı % 3 olarak tespit edilmiştir. Maksimum kabul değeri % 4’tür. Bu analiz sonucunun minimum sınırlaması yoktur. Çünkü sonucun sıfıra en yakın çıkması makarnanın kaliteli olduğunun bir işaretidir. Yapılan deneylerde deney no 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 ve 14 maksimum değerini üzerinde çıkmıştır. Ancak bunun sebebi pilot ölçekte ve laboratuvar koşullarında üretim yapılmasıdır. Buna rağmen elde edilen sonuçlardan deney 2, 6, 12, 13, 15 ve 16’dan elde edilen sonuçlar uygun bulunmuştur.

Şekil 7.9’da deneyler sonucunda elde edilen dolgulu makarna numunelerine uygulanan toplam yağ değeri % olarak grafiğe aktarılmıştır. Toplam yağ değeri ürünün raf ömründe önemli olan bir parametredir. Ayrıca dolgulu makarnanın kurutma sonrasında dolgunun yumuşak olması üzerinde de etkisi vardır.



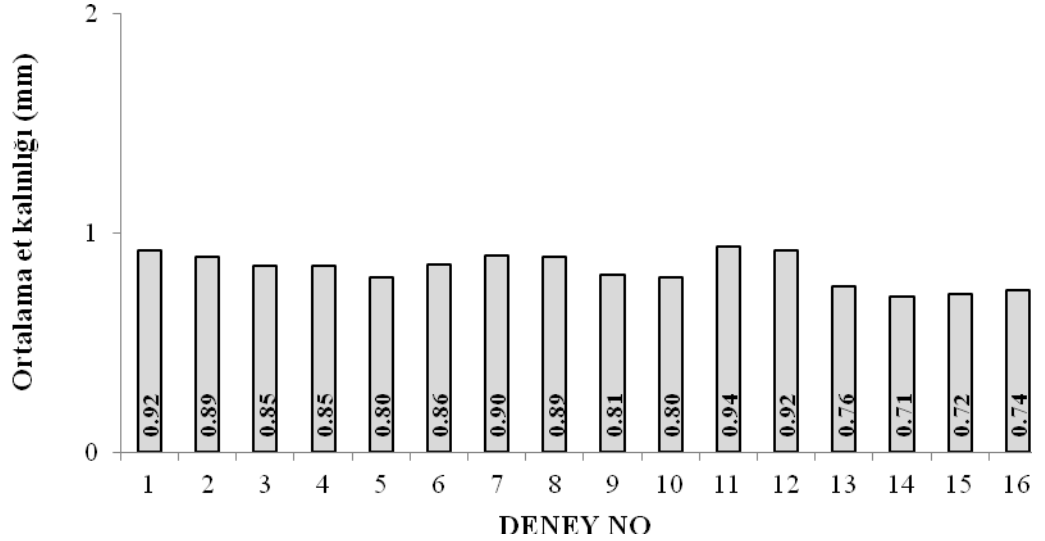
Şekil 7.9 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların toplam yağ (%) sonuçları

Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek yağ içeriğine sahip dolgulu makarna % 14.68 ile deney no 10'da elde edilmiştir. Hedeflenen yağ içeri % 10 olup maksimum kabul değeri %12 ve minimum kabul değeri ise % 8 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen 16 deneyden; deney 1, 3, 7, 12, 13 ve 16 numaralı deneyler kabul edilebilir aralıktadır. Hedefe en çok yaklaşan deney ise % 10.38 yağ içeriği ile 16 numaralı deney olmuştur.



Şekil 7.10 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların ortalama ağırlıkları (g)

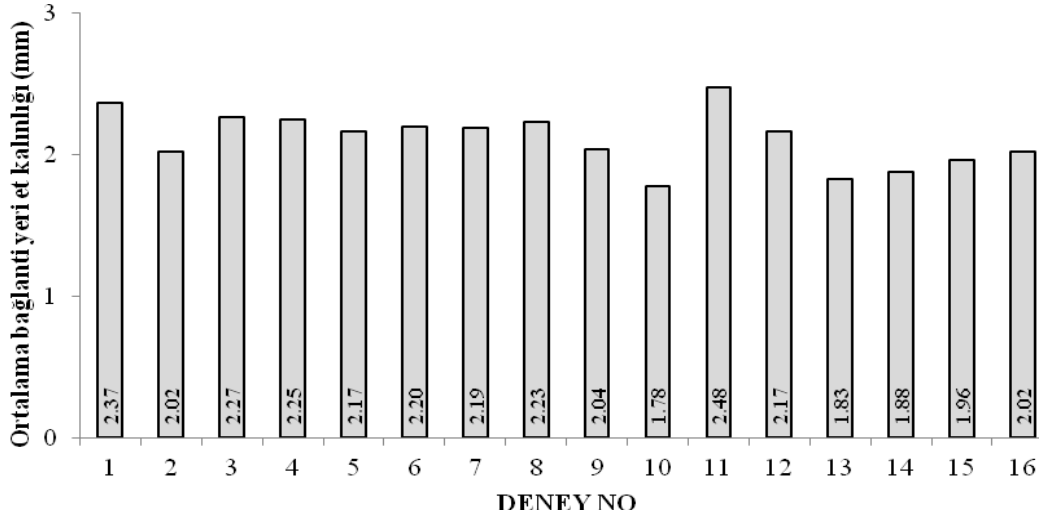
Şekil 7.10’da gerçekleştirilen her bir deneyden elde edilen makarnalar arasından rastgele seçilen 10 adet makarnanın ağırlıklarının ortalamaları y ekseninde grafiğe aktarılmıştır.



Şekil 7.11 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların ortalama et kalınlıkları (mm)



Şekil 7.11’de 16 adet deney sonucunda elde edilen kuru dolgulu makarnanın hamur et kalınlıkları rastgele seçilen 10 adet makarnada ölçülmüş ve ortalamaları y ekseninde grafiğe aktarılmıştır.



Şekil 7.12 Her bir deney için kurutma sonunda makarnaların ortalama bağlantı yeri et kalınlıkları (mm)

Gerçekleştirilen deneylerde her bir deneyden elde edilen makarnalardan rastgele seçilen 10 adet makarnanın ortalama ağırlıkları, et kalınlıkları ve bağlantı yeri kalınlıkları ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçları Şekil 7.10-12’de y ekseninde grafiğe aktarılmıştır. Hedef ürünün şekilsel olarak biraz daha büyük olması nedeniyle deney sonuçları hedef ile karşılaştırılmamıştır. Bu ölçümlerin amacı, yapılan deneylerden elde edilen makarnaların birbirleri ile karşılaştırılmalarının doğru yapılabilmesi için ortalama aynı ağırlık ve kalınlıkta olduklarının tespit edilmesidir. Makarnaların ağırlığı maksimum 1.49 g minimum 1.10 g olarak ölçülmüştür. Et kalınlıkları maksimum 0.94 mm, minimum 0.71 mm olarak belirlenmiştir. Bağlantı yeri et kalınlığı ölçümü ise maksimum 2.48 mm iken minimum 1.78 mm olarak saptanmıştır. Bu da deneylerden elde edilen makarnaların pilot ölçekte üretilmelerine rağmen tekrarlanabilirliğin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu sonuçlardan, deneylerin birbirleri ile karşılaştırılmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada özel bir makarnanın kurutulmasında mikrodalga vakum kurutma tekniği kullanılarak yüksek kalitede son ürün elde edilmesi amaçlanmıştır. Makarna sektöründe kullanılan sıcak hava ile kurutma tekniğinin bu özel makarna çeşidinde kullanılması başta ürün kalitesi olmak üzere çeşitli problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle yapılan araştırmalar neticesinde mikrodalga vakum kurutma tekniği uygulanabilirlik ve ürün kalitesi açısından uygun olarak seçilmiştir.

Mikrodalga vakum kurutma sistemi konveksiyon ile kurutmaya göre çok avantajlıdır. Bunun öncelikli sebebi elektromanyetik enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesiyle elde edilen ısı enerjisinin ürünün derinliklerine nüfus edebilmesidir. Düşük termal iletkenliğe sahip viskoz ve yığın ürünler için özellikle mikrodalga vakumla kurutma son derece önemli avantajlara sahiptir. Mikrodalga vakum teknolojisi ısıya hassas ürünler için kurutma uygulamalarında yüksek ürün kalitesi ve daha kısa kurutma süresini sağlamak için kullanılır.

Mikrodalga kurutma tekniği seçildikten sonra üretilmek istenen ürünün hamur ve dolgu bileşimleri belirlenmiştir. Bu aşamada hammadde ve ürüne yönelik analizler gerçekleştirilerek hedefe en yakın reçete saptanmaya çalışılmıştır.

Mikrodalga vakum kurutma tekniği kullanılarak gerçekleştirilen kurutma için yedi ayrı mikrodalga güç yoğunluğu, dört farklı vakum basıncı ve iki farklı drum dönüş hızında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışılan mikrodalga güç yoğunlukları 0.3 kW, 0.5 kW, 0.6 kW, 0.7 kW, 0.9 kW, 1.1 kW ve 1.3 kW' tır. Çalışılan vakum basınçları 20 mbar, 25 mbar, 30 mbar ve 50 mbar' dır. Drum dönüş hızı ise 3/dak ve 5/dk' dır.

Dolgulu makarnalar mikrodalga vakum kurutucuya ortalama % 32.87 nemde girip ortalama % 11.23 nemde çıkmıştır. Farklı mikrodalga güç yoğunlu ve vakum basıncı altında gerçekleşen maksimum kurutma süresi 165 dakika, minimum kurutma süresi ise 50 dakika olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleştirilen 16 adet deneyin ortalama kurutma süresi 113 dakika olmuştur. Klasik kurutma yöntemi ile dolgulu makarnanın % 32.87

nemden % 11.23 neme düşürülebilmesi için tahmini kurutma süresi 18-24 saat arasındadır. Dolayısıyla mikrodalga vakum kurutma tekniği, kurutma süresini % 90 oranında kısalttığı görülmektedir. Bu da işletme maliyetinin büyük oranda düşmesine neden olmaktadır. Enerji ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Deneyle hazırlanan reçetelerde lezzet yönünden en iyi yakalanmaya çalışılmıştır. Son üründe elde edilen en düşük toplam yağ miktarı % 5.83, en yüksek ise % 14.68'dir.

Dolgulu makarnaların proteinleri içerdikleri peynir dolgusu nedeniyle yüksek bulunmuştur. Protein değerleri de kullanılan peynirlere bağlı olarak farklılık göstermiştir. Ölçülen maksimum protein miktarı % 18.29 iken en düşük protein % 14.77 olarak ölçülmüştür. Klasik makarnada protein miktarı minimum % 10.50 olup genellikle bu değer dolaylarındadır. Dolgulu makarna yüksek protein içeriğinden dolayı klasik makarnadan daha besleyici bir üründür.

Gerçekleştirilen deneylerde kurutma parametreleri deneme yanılma metoduyla tespit edilmiştir. Her deneyden sonra elde edilen ürünün fiziksel, kimyasal ve duyu testleri yapılarak bir sonraki deney bu veriler ışığında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 8.1' de yapılan deneyler neticesinde elde edilen makarnalara uygulanan analizlerin sonuçlarının hedeflenen ürünün analiz sonuçlarına göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde olup olmadığı değerlendirilmiştir. Tabloda “ \* ” ile verilen deneyler yapılan analiz sonucuna göre hedef ürün ile aynı özelliktedir. Dolayısıyla deneyin aldığı “ \* ” sayısının fazla olması hedefe yakın olduğunun bir göstergesidir.

Çizelge 8.1 Deneylerin özelliklere göre en iyilerinin verildiği tablo

Özellik	Deney no															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
% Nem		2	3	4	5		7	8	9	10*						16
Renk L*						6*					11					16
Renk a*																16*
Renk b*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*	13	14	15	16
Kuvvet kg			3			6	7	8	9	10			13*	14	15	16
Toplam kesme kuvveti kg.dk	1		3							10*						16
Suya geçen madde miktarı (%)		2				6*						12	13		15	16
Toplam yağ (%)	1		3				7					12	13			16*
En iyi olarak seçilme %'si	38	38	63	25	25	50**	50	38	38	50**	25	38*	50*	25	38	100**

Yukarıdaki çizelge 8.1'de elde edilen veriler doğrultusunda en iyi olarak seçilme yüzdesi % 63 olan deney 3; % 50 olan ve \*\* alan deney 6; % 50 olan ve \*\* alan deney 10; % 38 olan ve \* alan deney 12; % 50 ve \* alan deney 13 ve % 100 olan ve \*\* alan deney 16 numuneleri panelistler tarafından duyuşal analizi yapılmak üzere Aromsa firmasına gönderilmiştir. Numuneler 15 panelist tarafından test edilmiş ve 7 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuç raporu EK 3'de verilmiştir. Değerlendirme sonuçları çizelge 8.2'de verilmiştir.

Çizelge 8.2 Aromsa duyuusal analiz sonuçları

<b>Deney no</b>	<b>Ortalama Puan</b>	<b>Genel Yorum</b>
3	4.3	Peynir tadı genel olarak beğenildi. Kuvvetli ve yağlı peynir olarak algılandı. Makarna yapısı ve sos biraz sert bulundu.
6	2.2	Genel olarak kimyasal bir tat, okside bir tat algılandı. Peynir algılanmadı.
10	3.1	Genel olarak beğenildi ama zayıf bulundu. Makarna yapısı uygun ancak lezzet arttırılmalı.
12	4.2	Peynir tadı genel olarak beğenildi ama zayıf bulundu. Sos ve makarna yapısı beğenildi.
13	5.8	Peynir tadı beğenildi. Köy peyniri gibi yağlı bulundu. Sos ve makarna yapısı beğenildi.
16	4.6	Peynir tadı beğenildi ama biraz zayıf bulundu. Makarna yapısı yumuşak bulundu.
<b>Puanlama:</b>		
0: Çok çok kötü 1: Çok kötü 2: Kötü 3: Biraz kötü 4: Biraz iyi 5: İyi 6: Çok iyi 7: Mükemmel		

Yapılan duyuusal değerlendirme sonucunda 5.8 ile en yüksek puanı 13 numaralı deney, bunu takiben 4.6 puan ile 16 numaralı deney ve 4.3 puan ile 3 numaralı deney en beğenilen deneyler olmuştur. Çizelge 8.1’ de verilen puanlar ile birlikte Çizelge 8.3’de değerlendirilmiştir.

Çizelge 8.3 En iyi olarak seçilme %’ si ve duyuusal analizlere göre en iyilerin verildiği tablo

<b>Duyuusal Sıralama</b>	<b>Deney no</b>	<b>Duyuusal Analiz Puanı</b>	<b>Seçilme %’si sıralaması</b>	<b>Deney no</b>	<b>En iyi olarak seçilme %’si</b>	<b>Sıralama toplam sayısı</b>
3	3	4.3	2	3	63	5
1	13	5.8	3	13	50*	4
2	16	4.6	1	16	100**	3

Duyusal analiz puanı sıralamasında 13 numaralı deney birinci, 16 numaralı deney ikinci ve 3 numaralı deney üçüncü olmuştur. En iyi olarak seçilme %'si olarak 16 numaralı deney birinci, 3 numaralı deney ikinci ve 13 numaralı deney ise üçüncü olmuştur. Çizelge 8.3' de sıralama toplam sayısına bakıldığında en düşük değer ile 16 numaralı deney en uygun seçilmiştir. 13 numaralı deney ikinci en düşük sıralama toplam sayısı ile seçimde ikinci sırada yer almıştır. 3 numaralı deney üçüncü en düşük sıralama toplam sayısı ile seçimde üçüncü sırada yer almıştır.

Çizelge 8.3' de 16 numaralı deneyin yapılan analizler sonucunda en iyi olarak seçilme yüzdesinin % 100 olduğu görülmektedir. Uygulanan duysal analizlerde 13 numaralı deneyin daha yüksek puan almasına rağmen fiziksel görünüş olarak, pişme süresi sonunda en uygun dokusal yapıya sahip olması ve içerisindeki dolgu materyalinin homojen bir şekilde su alarak yumuşadığı ve kurutma sonunda dolgu materyalinde herhangi bir bozulma ve sertleşme olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle yapılan 16 adet deney sonucunda elde edilen makarnalar içerisinde en iyi ürün olarak deney 16 seçilmiştir. Deney 16'da kullanılan kurutma koşulları ise bu çalışma ile elde edilen optimum işletim koşulları olarak belirlenmiştir.

*Optimum işletim koşulları için aşağıdaki parametreler ayarlanmıştır,*

- Mikrodalga güç yoğunluğunun ayarlanması
- Döner kurutucunun devir hızının
- Vakum basıncının ayarlanması

Bu işletim koşulları 0.6 kW mikrodalga güç yoğunluğu, 20 mbar vakum basıncı, 5/dk drum dönüş hızı, 90° sabit olan drum dönüş açısı ve 6 kg % 32.06 nemde makarna beslemesi şeklindedir. Bu koşullar altında kurutma süresi 110 dakika olarak belirlenmiştir. Çıkışta makarna nemi % 11.99 olarak ölçülmüştür.

Makarna sektöründe kullanılan sıcak hava ile kurutma tekniğinin üretilmesi hedeflenen ürün için ürün kalitesi yönünden uygun olmaması nedeniyle gerçekleştirilen bu çalışma ile hedeflenen ürün kalitesine ulaşılmıştır. Peynir vb. dolgu materyalleriyle üretilen

dolgulu makarnada klasik kurutmada dıştan içe gerçekleşen kurutmanın aksine içten başlayan ve homojen olarak gerçekleşen kurutma mekanizması ile dolgunun kuruyarak bozulmasının engellenmesi amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışma sayesinde içi ve dışı farklı olan dolgulu makarnanın yüksek sıcaklığa ve uzun kurutma süresine maruz kalmadan, aromasını, lezzetini, besin değerini kaybetmeden, homojen olarak kurutulması sağlanmıştır. Ayrıca klasik kurutma yöntemleriyle 18-24 saat süren kurutma prosesinin mikrodalga kurutma tekniği kullanılarak 2 saate kadar kısaltılması endüstriyel uygulamalar için ekonomik bir kurutma prosesi olacaktır. Mikrodalga vakum kurutma tekniği ile hem işletim süresinde dolayısıyla da işletme maliyetinde büyük bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca prosesin işletim kolaylığı da endüstriyel uygulamalar için bir avantaj olacaktır.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması ile Türkiye’de ilk kez mikrodalga vakum kurutma tekniği makarna sektöründe kullanılarak pilot ölçekte dolgulu makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga vakum kurutma tekniği önerilen özel makarna çeşidi için kullanılabilir bir tekniktir.

## KAYNAKLAR

- Alibas İ. 2007, Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices, LWT 40 (2007) pp.1445–1451.
- Alpaslan, M.ve Taşan, M. 1996. Farklı sürelerde mikrodalga ile ısıtılmış bazı bitkisel yağlarda oluşan değişiklikler üzerine bir araştırma. Gıda ve teknolojisi dergisi. Cilt 1(2): s. 22-30.
- Altan, A. and Maskan, M., (2005). Microwave assisted drying of short-cut (ditalini) macaroni: Drying characteristics and effect of drying processes on starch properties, Food Research International, 38, 787–796.
- Ahrne L.M., Pereira N.R., Staack N. Ve Floberg P. 2007, Microwave Convective Drying of Plant Foods at Constant and Variable Microwave Power, Drying Technology, Vol. 25: pp.1149–1153.
- Anonymous, 2005, Instruction Manual Glutograph-E, Brabender measurement and control systems, Brabender GmbH&Co.KG. Kulturstr. 51-55. 47055 Duisburg. Germany.
- Berteli, M.N. and Marsaioli Jr, A. 2005. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process, Journal of Food Engineering, 68, 175–183.
- Chauhan A.K.S. and Srivastava A.K. 2009, Optimizing Drying Conditions for Vacuum-Assisted Microwave Drying of Green Peas (*Pisum sativum* L.), Drying Technology, Vol. 27: pp.761–769.
- Cui Z., Xu S. and Sun D. 2004. Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices, Journal of Food Engineering, Vol.65 (2004) pp.157-164.
- Drouzas, A.E., Tsami E. and Saravacos G.D. 1999. Microwave/vacuum drying of model fruit gels, Journal of Food Engineering, Vol.39, pp.117-122.
- Drouzas, A.E. and Schubert H. 1996. Microwave Application in Vacuum Drying of Fruits, Journal of Food Engineering, Vol.28, pp.203-209.
- Decareau, R.V. 1985 Pasteurization and Sterilization. In Microwaves in the Food Processing Industry. New York: Academic Pres, Orlando Ma
- D'Egidio, M.G., De Stefanis, E., Fortini, S., Galterio, G., Nardi, S., Sgrulletta, D., and Bozzini, A. 1982, Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products, Cereal Foods World Vol. 27, pp.367-368
- Erdem, T. 2007, Ozonlu su ile yıkanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 80.



- Giri S.K. and Prasad S., 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering* Vol.78 (2007) pp.512-521.
- Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J. and Oliveira, J. 2006. Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) Undergoing microwave hot air combination drying. *Trends Food Sci. Tech.*, Vo.17.pp.177-183.
- Geankoplis C. J., *Transport Processes and Unit Operations* Allyn and Bacon Inc., 1983.
- Gwarek, W.K. and Celuch-Marcysiak, M., 2004. A review of microwave power applications in industry and research. *Microwaves, Radar and Wireless Communications, Mikon-2004. 15th International Conference*, Vol. 3, pp.843-848.
- Giese, J. 1992. *Advances in Microwave Food Processing. Food Technol.Voy*, 49(9): pp.118-123.
- Galema, S.A.1997. *Microwave Chemistry. Chem. Soc. Rev.*, Vol.26, pp,233-238.
- George, R.M. and Burnett, S.A. 1991. General guidelines for microwaveable products. *Food Control*, Vol.2(1), pp. 35-44.
- Gustavo V.Barbosa-Canovas, Humberto Vega-Mercado, 1996. *Dehydration of Foods*, Portland, Or.
- Hu Q., Zhang M., Mujumdar A.S., Xiao G. and Sun J., 2006. Drying of edamames by hot air and vacuum microwave combination. *Journal of Food Engineering*, Vol. 77 (2006) pp.977-982.
- Hui, Y. H., 2008. *Food Drying Science and Technology, Microbiology, Chemistry and Application*, Pennsylvania, USA.
- Harlfinger, L. 1992 *Microwave Sterilization. Food Technol.* Vol. 46(12): pp.57-61.
- Karagöz A. 1997, Şekerin mikrodalga enerjisi ile kurutulması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans tezi, 64.
- Kingston H.M. and Jassie L.B., 1988. *Intoduction to Microwave Sample Preparation Theory and Practice*. Washington, American Chemical Society.
- Kakita, Y., Funatsu, M., Miake, F. and Watanabe, K. 1995 Effects of Microwave Irradiation on Bacteria Attached to the Hospital White Coats. *Int. J. Occup Med. Environ. Health*. 12:123.
- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A., ve Karacan, H., D., 2000, *Hububat Laboratuvarı El Kitabı*, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın no: 47,106s.

- Lupinska A., Araszkiwicz M., Koziol A. and Lupenski M. 2009, Microwave Drying of Rapeseeds on a Semi-Industrial Scale with Inner Emission of Microwaves, *Drying Technology*, Vol. 27: pp. 1332–1337
- Marmelstein, N.H. 1989. Microwave food Processing. *Food Technol.* Vol. 43: pp.117-122.
- Maskan, M., 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana, *Journal of Food Engineering*, Vol. 44, pp. 71-78.
- Maskan, M., 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, Vol. 48, pp. 169-175.
- Oliveira, M.E.C and Franca, A.S.2002. Microwave heating of foodstuffs. *J Food Eng*, Vol. 53, pp.347-359.
- Özkan, A.I., Akbudak, B. and Akbudak, N., (2007). Microwave drying characteristics of spinach *Journal of Food Engineering*, Vol.78, pp.577–583.
- Pappas, C, Tsami E. and Marinos-Kouris D 1999 The effect of process conditions on the drying kinetics and rehydration characteristics of some microwave vacuum dehydrated fruits. *Drying Technology*, Vol. 17, pp. 157–174.
- Platts, J.1991. *Microwave Ovens*. Peter Peregrinus Ltd, London.
- Rosenberg and Bogl, W. 1987. Microwave Thawing, Drying and Baking in the Food Industry. *Food Technol.* Vol. 41(6).pp. 85-91.
- Regier, M. and Schubert, H. 2005. Introducing microwave processing of food: principles and Technologies. In: *Microwave processing of foods*, H. Schubert, Woodhead publishing, pp. 12-20, Cambridge.
- Schiffmann, F.R.1986 *Food Product Development for Microwave Processing*. *Food Technol.* Vol. 86(1): pp. 94-98
- Stephen, J.H. 1997. *Microwave-enhanced chemistry (Fundamentals, sample preparation, and applications)* American Chemical society, Washington DC.
- TMSD, Bilimsel Yönleriyle Makarna, Ankara, 2008, s 53-55
- Thostenson, E.T. and Chou, T.W. 1999. Microwave processing: Fundamentals and applications. *Composites A*, Vol. 30, pp. 1055-1071.
- Vadivambal, R. And Jayas, D.S. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products. *Biosyst Eng*, Vol. 98, pp.1-6
- Venkatesh, M.S. and Raghavan, G.S.V. 2004. An overview of microwave Processing and dielectric properties of agri-food materials. *Biosyst Eng*, Vol. 88(1), pp. 1-18.

- Varith J., Dijkanarukkul P., Achariyaviriya A. and Achariyaviriya S. 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering* Vol. 81 (2007) pp. 459-468.
- Yaw J. Owusu-ansah, Myles Maranchuk, 1991. Microwave Inactivation of Myrosinase in Canola Seeds: A Pilot Plant Study *Journal of Food Science* Volume 56, Issue 5, pp. 1372–1374.
- Yurdagel, Ü., Baysal, T., Hepçimen, A. Z. 1994. Gıda İşlemede Mikrodalga Enerji. Gıda Mühendisliği Kongresi, Gaziantep, 21-23 Eylül, s.264.
- Zhang M., Tang J., Mujumdar A.S. and Wang S., 2006. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. *Food Science and Technology*, Vol. 17 (2006) pp. 524-534.
- Zhang L., Lyng J.G. and Brunton N.P. 2007. The effect of fat, water and salt on the thermal and dielectric properties of meat batter and its temperature following microwave or radio frequency heating. *Journal of Food Engineering*, Vol.80 (2007) pp. 142-151.
- Zhenfeng L., Raghavan G.S.V. and Orsat V. 2010, Optimal power control strategies in microwave drying, *Journal of Food Engineering* Vol. 99 (2010) pp. 263–268.
- Walde S.G., Balaswamy K., Velu V. and Rao D.G., (2002). Microwave drying and grinding characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Food Engineering* Vol. 55 (2002) pp. 271-276.
- Wang, Y. 2003. Dielectric properties of fruits and insect pests as related to radio frequency and microwave treatments. *Biosyst Eng*, Vol. 85 (2), pp. 201-212.
- Wang, J. and Xi, Y.S., (2005). Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process, *Journal of Food Engineering*, Vol. 68, pp. 505–511.

## **EKLER**

EK 1 İrmikte yapılan Glutograf analizi grafiği, Brabender Glutograph E cihazı ile

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.1 Deney no 1 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.2 Deney no 1 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.3 Deney no 2 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.4 Deney no 2 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.5 Deney no 3 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.6 Deney no 3 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.7 Deney no 4 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.8 Deney no 4 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.9 Deney no 5 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.10 Deney no 5 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.11 Deney no 6 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.12 Deney no 6 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.13 Deney no 7 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.14 Deney no 7 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.15 Deney no 8 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.16 Deney no 8 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.17 Deney no 9 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.18 Deney no 9 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.19 Deney no 10 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.20 Deney no 10 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.21 Deney no 11 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.22 Deney no 11 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.23 Deney no 12 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.24 Deney no 12 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.25 Deney no 13 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.26 Deney no 13 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.27 Deney no 14 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.28 Deney no 14 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.29 Deney no 15 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.30 Deney no 15 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 2.31 Deney no 16 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

EK 2.32 Deney no 16 için yapılan tekstür analizi grafiği

EK 3 Aromsa Besin Aroma ve Katkı Maddeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. duyusal analiz sonuçları

**Ek 1 İrmikte yapılan Glutograf analizi grafiği.**

**BRABENDER® Glutograph-E**

**Parameters**

Date: Tuesday 10. April 2012 - 14:30:06  
Operator: NUH UN ANKARA MAK.  
Sample: 10.04.2012VERONELLI KANALINDAN GELEN IRMIK

**Method:**

Stretch angle: 800 BU  
Stretch abort time: 125 s  
Relaxation time: 10 s  
Load: 150 cmg

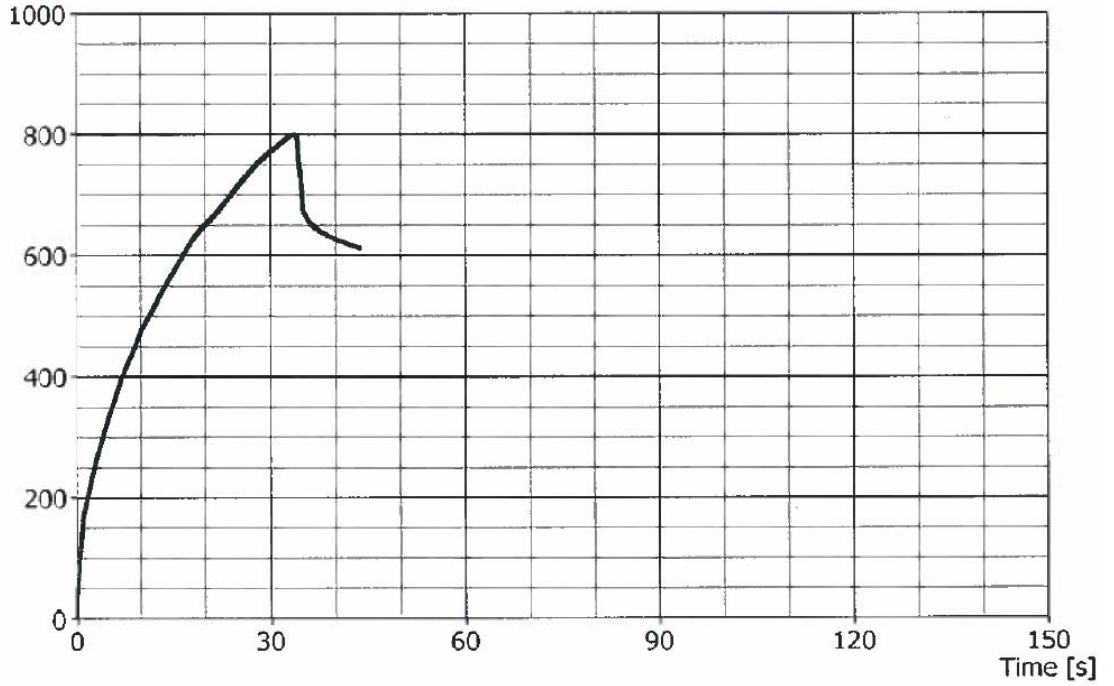
**Results:**

Stretching: 800 BU 34 s  
Relaxation: 188 BU 10 s

**Remarks**

NUH MAKARNA

Angle [BU]



**(a) 1. Paralel**

## BRABENDER® Glutograph-E

### Parameters

Date: Tuesday 10. April 2012 - 14:40:01  
Operator: NUH UN ANKARA MAK.  
Sample: 10.04.2012VERONELLI KANALINDAN GELEN IRMIK

### Method:

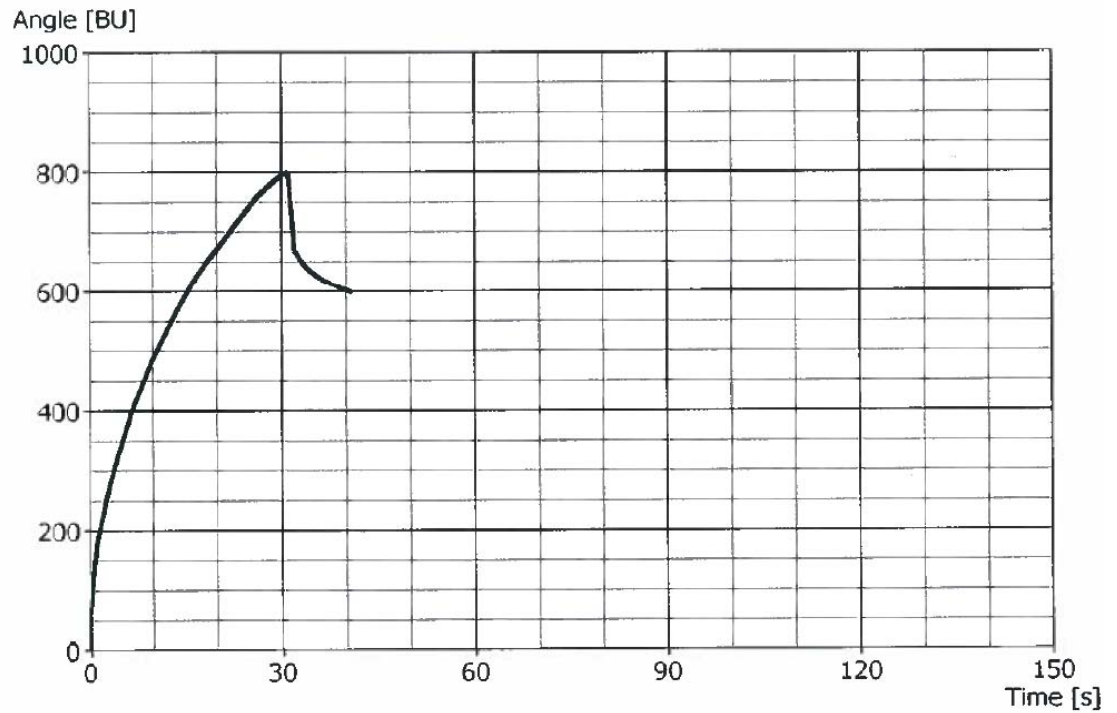
Stretch angle: 800 BU  
Stretch abort time: 125 s  
Relaxation time: 10 s  
Load: 150 cmg

### Results:

Stretching: 800 BU 31 s  
Relaxation: 202 BU 10 s

### Remarks

NUH MAKARNA



(b) 2. Paralel

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.1 Deney no 1 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

#### T.A SETTINGS & PARAMETERS

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

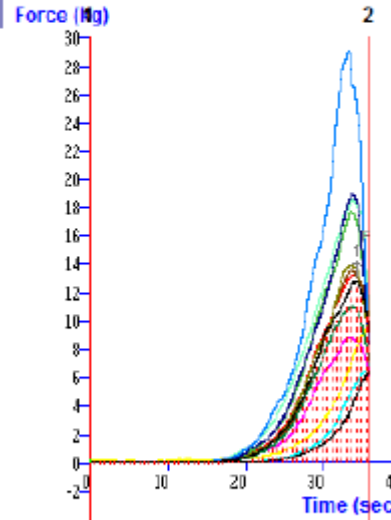
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_6.kurutma\_60.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_7.kurutma\_70.dakika2  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_1.kurutma\_10.dakika4  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_2.kurutma\_20.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_3.kurutma\_30.dakika6  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_4.kurutma\_40.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_5.kurutma\_50.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_8.kurutma\_80.dakika2  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_9.kurutma\_90.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_10.kurutma\_100.dakika2  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_11.kurutma\_110.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_12.kurutma\_120.dakika1  
Deneme\_1\_Muh\_Peyrinci\_Tortellini\_18-01-2012\_Giris1

#### NOTES

This space is to enter notes regarding the test data.



EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.2 Deney no 1 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_6. kurutma_60. dakika1	1	12,671	96,222	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_7. kurutma_70. dakika2	1	13,160	102,137	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_1. kurutma_10. dakika4	1	6,823	30,020	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_2. kurutma_20. dakika1	1	8,735	68,723	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_3. kurutma_30. dakika6	1	9,544	50,663	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_4. kurutma_40. dakika1	1	10,918	83,80	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_5. kurutma_50. dakika1	1	13,509	100,181	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_8. kurutma_80. dakika2	1	13,666	102,904	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_9. kurutma_90. dakika1	1	17,676	130,454	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_10. kurutma_100. dakika2	1	18,518	147,40	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_11. kurutma_110. dakika1	1	18,906	133,293	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_12. kurutma_120. dakika1	1	29,055	196,847	
Deneme_1_Nuh Peynirli Tortellini_18-01-2012_Giris1	1	6,351	24,612	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	13,627	97,407
S.D.	1 (F)	STDEV("BATCH")	5,910	46,296
C.V.	1 (F)	STDEV("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	42,742	47,489
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.3 Deney no 2 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT.plus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD.plus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

#### T.A SETTINGS & PARAMETERS

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

Probe: HDP/KS5

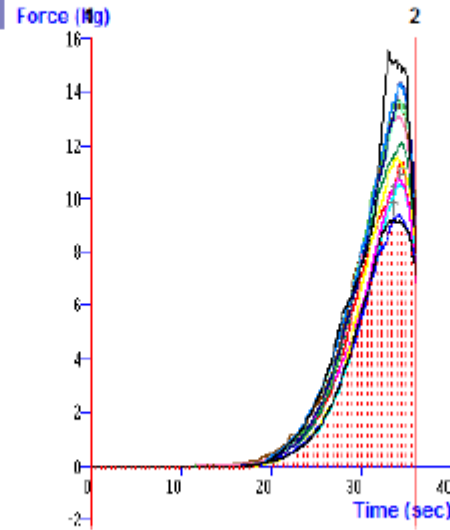
; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_1.karatma2  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_2.karatma2  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_3.karatma2  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_4.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_5.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_6.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_7.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_8.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_9.karatma2  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_10.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_11.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_12.karatma1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_14.karatma(oka)1  
Deneme\_2\_Nuh\_Peyneli\_Tortelini\_31.01.2012\_ara;2

#### NOTES

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.4 Deney no 2 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness		Total Shearing Force	
		kg	kg.sec	Force 1	Area F-T 1:2
Start Batch 1		1			
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_1.kurutma2	1	9,234	69,034		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_2.kurutma2	1	11,396	82,453		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_3.kurutma2	1	10,601	71,640		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_4.kurutma1	1	10,863	77,323		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_5.kurutma1	1	11,645	79,409		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_6.kurutma1	1	12,131	89,381		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_7.kurutma1	1	13,524	99,975		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_8.kurutma1	1	13,143	95,561		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_9.kurutma2	1	13,733	98,102		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_10.kurutma1	1	13,636	98,359		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_11.kurutma1	1	14,357	96,619		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_12.kurutma1	1	14,266	101,673		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_14.kurutma(çıkıçp)1	1	15,576	103,916		
Deneme_2_Nuh_Peynirli Tortellini_31.01.2012_girip 2	1	9,464	68,238		
End Batch 1		1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	12,398	87,977	
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	1,880	12,429	
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	15,0	14,128	
End of Test Data					

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.5 Deney no 3 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

Probe: HDP/KS5

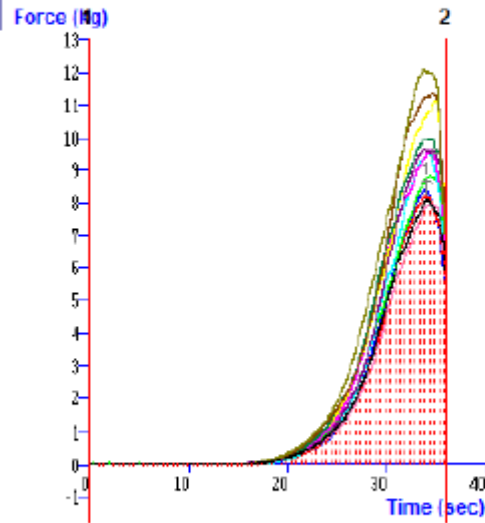
; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_1.kurutma2  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_2.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_3.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_4.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_5.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_6.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_7.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_8.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_9.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_10.kurutma1  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_01.02.2012\_gorsel  
Deneme\_3\_Nuh\_Peynirli\_Tortellini\_03.02.2012\_10.Kurutma2

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.6 Deney no 3 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



## RESULTS

Test ID	Batch		Firmness	Total Shearing Force
			kg	kg sec
			Force 1	Area F-T 1.2
Start Batch 1	1			
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_1.kurutma2	1		8,103	57,862
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_2.kurutma1	1		8,405	56,501
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_3.kurutma1	1		8,198	57,735
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_4.kurutma1	1		8,835	62,921
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_5.kurutma1	1		9,585	65,532
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_6.kurutma1	1		9,590	70,858
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_7.kurutma1	1		9,657	69,555
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_8.kurutma1	1		11,145	77,092
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_9.kurutma1	1		9,961	75,350
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_10.kurutma1	1		11,392	82,006
Deneme_3_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_girip1	1		7,971	55,080
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	9,349	66,588
S.D.	1 (F)	STDEV("BATCH")	1,125	6,830
C.V.	1 (F)	STDEV("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	12,029	12,960
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.7 Deney no 4 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

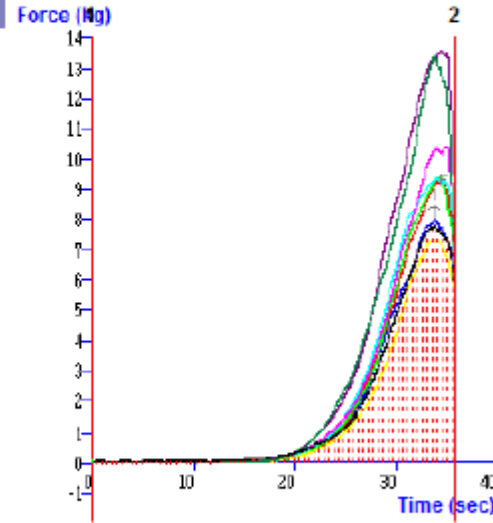
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_1kurutma1  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_2kurutma1  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_3kurutma1  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_4kurutma2  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_5kurutma1  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_6kurutma1  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_7kurutma1  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_01.02.2012\_gncyl  
Deneme\_4\_Nuh\_Peynirli Tortelimi\_03.02.2012\_7Kurutma2

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.8 Deney no 4 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

### RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg.sec	
		Force 1	Area F-T 1:2	
Start Batch 1	1			
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_1.kurutma1	1	7,760	58,038	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_2.kurutma1	1	7,972	58,666	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_3.kurutma1	1	9,255	65,543	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_4.kurutma2	1	9,361	66,173	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_5.kurutma1	1	9,344	71,242	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_6.kurutma1	1	10,414	73,183	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_7.kurutma1	1	13,565	99,549	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_01.02.2012_girip1	1	7,290	51,362	
Deneme_4_Nuh_Peynirli Tortellini_03.02.2012_7.Kurutma2	1	13,378	94,410	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	9,810	70,910
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	2,155	15,369
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	21,957	21,674
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.9 Deney no 5 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

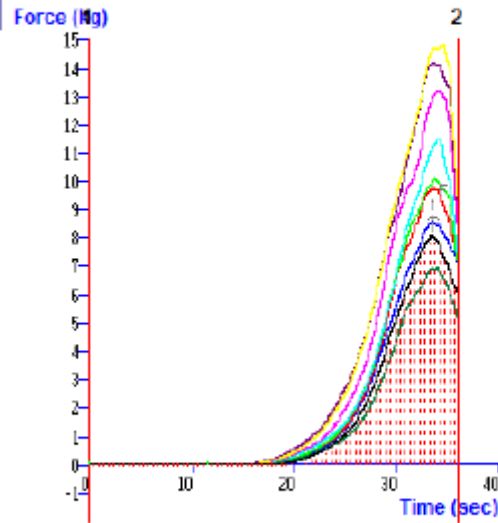
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_11kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_21kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_31kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_41kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_51kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_61kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_71kurutma1  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_71kurutma2  
Deneme\_5\_Nuh\_Peynirli Tortelkri\_02.02.2012\_giris1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.



EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.10 Deney no 5 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

## RESULTS

Test ID	Batch		Firmness	Total Shearing Force
			kg	kg sec
			Force 1	Area F-T 1 2
Start Batch 1	1			
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_1.kurutma1	1		8,039	57,488
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_2.kurutma1	1		8,555	63,808
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_3.kurutma1	1		9,713	71,140
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_4.kurutma1	1		10,055	73,830
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_5.kurutma1	1		11,426	79,232
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_6.kurutma1	1		13,182	94,698
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_7.kurutma1	1		14,161	108,374
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_7.kurutma2	1		14,803	109,894
Deneme_5_Nuh_Peynirli Tortellini_02.02.2012_girib1	1		6,890	50,107
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	10,759	76,730
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	2,646	20,221
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	24,590	25,683
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.11 Deney no 6 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

#### T.A SETTINGS & PARAMETERS

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

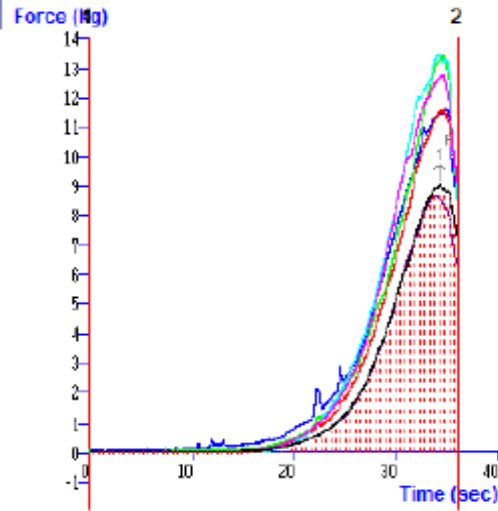
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_11kurutma1  
Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_21kurutma1  
Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_31kurutma1  
Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_41kurutma1  
Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_51kurutma2  
Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_51kurutma3  
Deneme\_6\_Nuh\_Feyrinci Tortelliri\_08.02.2012\_girij2

#### NOTES

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.12 Deney no 6 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



**Stable Micro Systems**



### RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_1.kurutma1	1	9,039	64,414	
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_2.kurutma1	1	11,597	95,309	
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_3.kurutma1	1	11,576	83,529	
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_4.kurutma1	1	13,379	93,140	
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_5.kurutma2	1	13,451	99,557	
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_5.kurutma3	1	12,712	95,584	
Deneme_6_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_grip2	1	8,671	62,621	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	11,480	84,879
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	1,808	14,258
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	15,737	16,796
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.13 Deney no 7 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XTplus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HDplus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

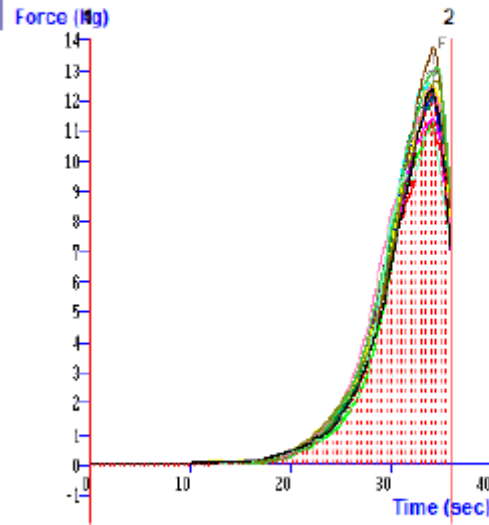
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_1.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_2.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_3.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_4.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_5.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_6.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_7.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_8.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_9.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_10.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_11.kurutma1  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_12.kurutma2  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_12.kurutma4  
Deneme\_7\_Nuh\_Peyrighi\_Tortelimi\_08.02.2012\_siri3

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.14 Deney no 7 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



### RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_1.kurutma1	1	12,374	82,513	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_2.kurutma1	1	12,159	84,557	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_3.kurutma1	1	11,152	78,348	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_4.kurutma1	1	11,271	77,233	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_5.kurutma1	1	12,554	90,814	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_6.kurutma1	1	11,419	81,881	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_7.kurutma1	1	12,208	85,602	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_8.kurutma1	1	12,495	89,194	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_9.kurutma1	1	12,194	87,192	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_10.kurutma1	1	13,753	88,384	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_11.kurutma1	1	12,507	91,787	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_12.kurutma2	1	12,648	88,329	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_12.kurutma4	1	13,053	91,890	
Deneme_7_Nuh_Peynirli Tortellini_08.02.2012_girip1	1	10,961	81,385	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	12,196	85,635
S.D.	1 (F)	STDEV("BATCH")	.746	4,618
C.V.	1 (F)	STDEV("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	6,114	5,393
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.15 Deney no 8 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XTplus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HDplus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

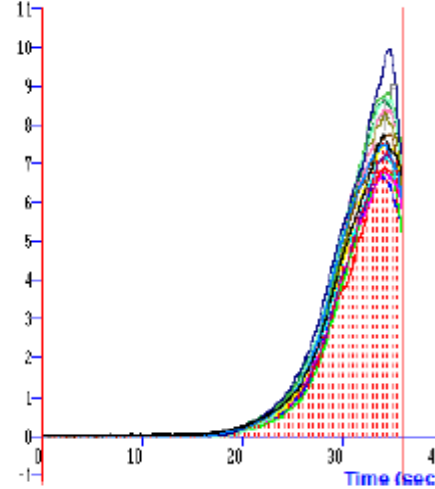
CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge

Force (N)



Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_11.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_2.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_3.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_4.kuzutma2  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_5.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_6.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_7.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_8.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_9.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_10.kuzutma2  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_11.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_12.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_13.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_14.kuzutma1  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_14.kuzutma2  
Deneme\_8\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_09.02.2012\_giris1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.16 Deney no 8 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_1.kurutma1	1	7,767	56,498	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_2.kurutma1	1	6,684	48,643	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_3.kurutma1	1	6,929	48,342	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_4.kurutma2	1	6,808	46,607	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_5.kurutma1	1	7,182	52,550	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_6.kurutma1	1	6,828	49,089	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_7.kurutma1	1	7,307	50,960	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_8.kurutma1	1	7,516	54,158	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_9.kurutma1	1	8,704	62,540	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_10.kurutma2	1	7,789	55,891	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_11.kurutma1	1	8,415	59,732	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_12.kurutma1	1	8,370	59,247	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_13.kurutma1	1	8,866	62,425	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_14.kurutma1	1	8,732	61,707	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_14.kurutma2	1	10,003	66,392	
Deneme_8_Nuh_Peynirli Tortellini_09.02.2012_girip1	1	7,532	57,268	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	7,639	55,753
S.D.	1 (F)	STDEV("BATCH")	,904	5,806
C.V.	1 (F)	STDEV("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	11,527	10,415
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.17 Deney no 9 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

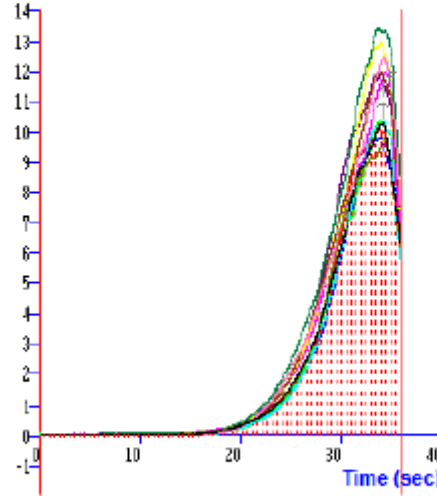
CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge

Force (Mg)



Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_11.kucutma2  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_21.kucutma2  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_31.kucutma2  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_41.kucutma2  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_51.kucutma1  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_61.kucutma1  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_71.kucutma1  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_81.kucutma1  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_91.kucutma1  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_101.kucutma1  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_101.kucutma2  
Deneme\_9\_Muh\_Peyridi\_Totefini\_16.02.2012\_giriş2

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.



EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.18 Deney no 9 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_1.kurutma2	1	10,272	73,652	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_2.kurutma2	1	9,794	70,662	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_3.kurutma2	1	10,058	76,765	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_4.kurutma2	1	10,331	72,662	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_5.kurutma1	1	10,372	71,535	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_6.kurutma1	1	11,979	83,747	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_7.kurutma1	1	11,901	90,964	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_8.kurutma1	1	12,938	90,579	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_9.kurutma1	1	13,300	99,429	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_10.kurutma1	1	11,985	87,134	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_10.kurutma2	1	12,441	86,149	
Deneme_9_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_qirib2	1	9,766	73,451	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	11,269	61,394
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	1,247	9,108
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	11,062	11,190
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.19 Deney no 10 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XTplus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HDplus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

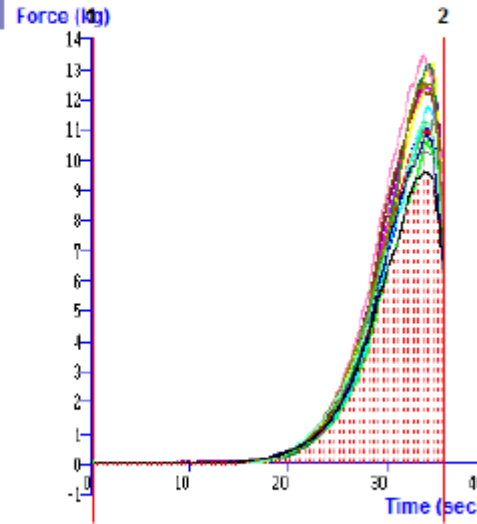
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_11.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_2.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_3.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_4.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_5.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_6.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_7.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_8.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_9.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_10.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_11.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_12.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_13.kurutma1  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_13.kurutma2  
Deneme\_10\_Nuh\_Peyridi\_Tortelim\_16.02.2012\_9.kış1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.20 Deney no 10 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi



## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness kg	Total Shearing Force kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_1.kurutma1	1	9,614	72,960	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_2.kurutma1	1	11,132	79,164	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_3.kurutma1	1	10,966	80,759	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_4.kurutma1	1	10,585	72,027	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_5.kurutma1	1	11,743	60,041	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_6.kurutma1	1	12,50	88,321	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_7.kurutma1	1	13,113	94,974	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_8.kurutma1	1	13,205	91,004	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_9.kurutma1	1	13,151	89,194	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_10.kurutma1	1	12,558	92,796	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_11.kurutma1	1	13,424	99,320	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_12.kurutma1	1	12,562	91,313	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_13.kurutma1	1	11,238	81,719	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_13.kurutma2	1	11,198	62,150	
Deneme_10_Nuh_Peynirli Tortellini_16.02.2012_g'Yriş1	1	10,813	78,604	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	11,853	84,957
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	1,120	7,829
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	9,449	9,216
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.21 Deney no 11 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XTplus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HDplus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

#### T.A SETTINGS & PARAMETERS

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

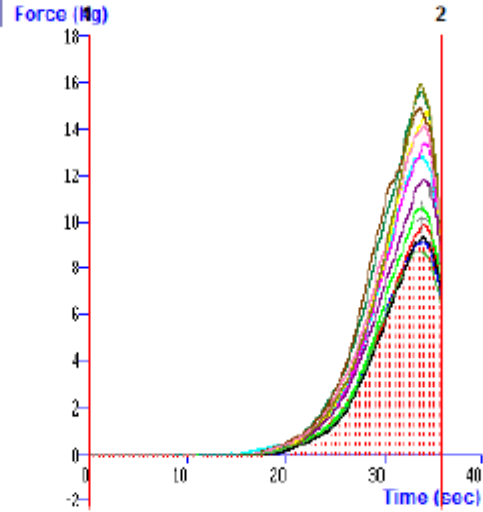
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_1.kurutma2  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_2.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_3.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_4.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_5.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_6.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_7.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_8.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_9.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_10.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_11.kurutma1  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_11.kurutma2  
Deneme\_11\_Nuh\_Peyrinci\_Tocetlini\_20.02.2012\_giris1

#### NOTES

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.22 Deney no 11 için yapılan tekstür analizi grafiği



## RESULTS

Test ID	Batch		Firmness	Total Shearing Force
			kg	kg.sec
			Force 1	Area F-T 1:2
Start Batch 1	1			
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_1.kurutma2	1		9,387	66,724
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_2.kurutma1	1		9,216	68,516
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_3.kurutma1	1		9,973	70,998
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_4.kurutma1	1		10,670	76,391
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_5.kurutma1	1		12,870	96,592
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_6.kurutma1	1		13,431	95,198
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_7.kurutma1	1		11,889	85,906
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_8.kurutma1	1		14,811	102,323
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_9.kurutma1	1		15,680	114,577
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_10.kurutma1	1		14,980	116,258
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_11.kurutma1	1		14,193	104,459
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_11.kurutma2	1		16,024	106,280
Deneme_11_Nuh_Peynirli Tortellini_20.02.2012_girip1	1		8,799	67,077
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	12,456	90,10
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	2,514	17,719
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	20,181	19,666
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.23 Deney no 12 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

Probe: HDP/KS5

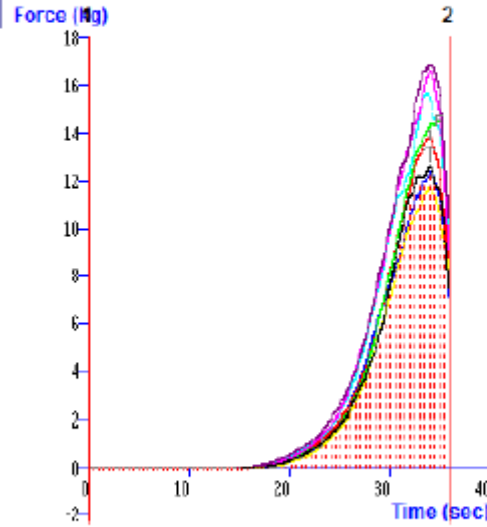
; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_11.kucutma1  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_2.kucutma1  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_3.kucutma1  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_4.kucutma1  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_5.kucutma2  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_6.kucutma1  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_6.kucutma2  
Deneme\_12\_Nuh\_FeyziciTortelliri\_22.02.2012\_giris1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.24 Deney no 12 için yapılan tekstür analizi grafiği



**Stable Micro Systems**



### RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1,2	
Start Batch 1	1			
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_1.kurutma1	1	12,646	90,947	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_2.kurutma1	1	12,502	90,185	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_3.kurutma1	1	13,90	98,053	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_4.kurutma1	1	14,651	101,382	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_5.kurutma2	1	15,728	112,874	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_6.kurutma1	1	16,712	117,041	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_6.kurutma2	1	16,959	122,429	
Deneme_12_Nuh_Peynirli Tortellini_22.02.2012_girip1	1	11,797	63,892	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	14,362	102,10
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	1,851	13,073
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	12,888	12,805
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.25 Deneysel no 13 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

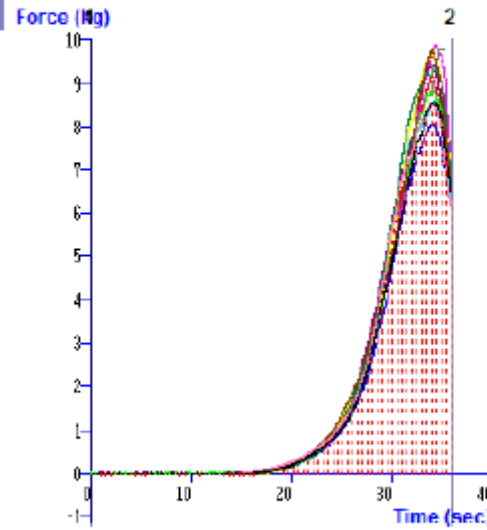
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_1.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_2.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_3.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_4.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_5.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_6.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_7.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_8.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_9.kurutma1  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_9.kurutma2  
Deneme\_13\_Nuh\_Peynirci\_Tortellri\_24.02.2012\_ciri1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.



EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.26 Deney no 13 için yapılan tekstür analizi grafiği



## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness kg	Total Shearing Force kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_1.kurutma1	1	8,603	59,427	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_2.kurutma1	1	8,10	56,556	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_3.kurutma1	1	9,173	63,113	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_4.kurutma1	1	8,890	62,188	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_5.kurutma1	1	8,623	62,831	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_6.kurutma1	1	9,922	64,693	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_7.kurutma1	1	9,445	67,181	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_8.kurutma1	1	9,666	65,942	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_9.kurutma1	1	9,331	67,059	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_9.kurutma2	1	9,808	65,686	
Deneme_13_Nuh_Peynirli Tortellini_24.02.2012_girip1	1	8,545	62,853	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	9,10	63,398
S.D.	1 (F)	STDEVP("BATCH")	,564	3,105
C.V.	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	6,20	4,998
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.27 Deney no 14 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

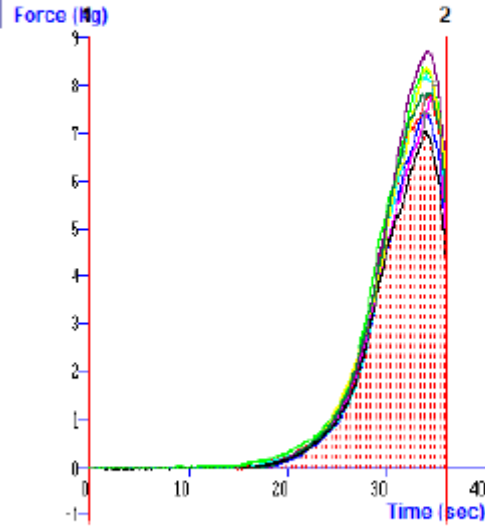
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_1.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_2.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_3.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_4.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_4.Kucukma2  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_5.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_6.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_7.Kucukmal  
Deneme\_14\_Nah\_Peynirli Tortelimi\_25.02.2012\_7.Kucukma2

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.28 Deneysel no 14 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XT<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD<sup>plus</sup>**  
Texture Analyser

### RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1:2	
Start Batch 1	1			
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_1.Kurutma1	1	7,068	50,673	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_2.Kurutma1	1	7,478	52,655	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_3.Kurutma1	1	7,820	57,674	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_4.Kurutma1	1	8,439	63,497	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_5.Kurutma1	1	7,816	54,236	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_6.Kurutma1	1	8,763	62,064	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_7.Kurutma1	1	8,407	59,365	
Deneme_14_Nuh_Peynirli Tortellini_25.02.2012_7.Kurutma2	1	7,880	58,908	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	7,959	57,384
S.D	1 (F)	STDEV("BATCH")	,518	4,226
C.V.	1 (F)	STDEV("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	6,510	7,365
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.29 Deneş no 15 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XT.plus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HD.plus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

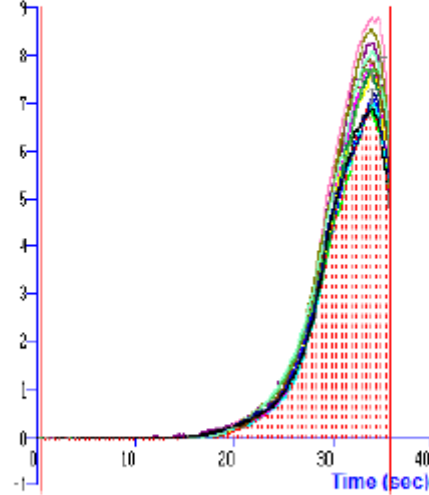
CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge

Force (kg)



Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_1.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_2.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_3.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_4.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_5.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_6.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_7.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_8.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_9.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_10.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_11.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_12.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_13.kucutma1  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_13.kucutma2  
Deneme\_15\_Nuh\_Peyridi\_Totefini\_17.03.2012\_giris1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.30 Deneysel no 15 için yapılan tekstür analizi grafiği



## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness kg	Total Shearing Force kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
Start Batch 1	1			
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_1.kurutma1	1	6,917	51,304	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_2.kurutma1	1	7,172	51,707	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_3.kurutma1	1	6,913	50,099	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_4.kurutma1	1	6,981	49,574	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_5.kurutma1	1	7,047	50,026	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_6.kurutma1	1	7,910	54,392	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_7.kurutma1	1	8,350	60,879	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_8.kurutma1	1	7,641	53,377	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_9.kurutma1	1	7,764	53,933	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_10.kurutma1	1	7,971	57,776	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_11.kurutma1	1	8,846	64,259	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_12.kurutma1	1	8,587	62,182	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_13.kurutma1	1	7,770	56,635	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_13.kurutma2	1	8,141	59,507	
Deneme_15_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_qiris1	1	7,246	52,416	
End Batch 1	1			
Average	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	7,684	55,204
S.D.	1 (F)	STDEV("BATCH")	,606	4,586
C.V.	1 (F)	STDEV("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	7,884	8,308
End of Test Data				

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.31 Deney no 16 için yapılan tekstür analizi sonuç çizelgesi

**TA.XTplus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HDplus**  
Texture Analyser

Project Title: Kramer Kesme  
TEXTURE ANALYSIS REPORT

**T.A SETTINGS & PARAMETERS**

Sequence Title: Return to Start (Set Dist)

Test Mode: Compression

Pre-Test Speed: 1,0 mm/sec

Test Speed: 2,0 mm/sec

Post-Test Speed: 10,0 mm/sec

T.A. Variable No: 5: 0,0 g

Target Mode: Distance

Distance: 72,0 mm

Strain: 10,0 %

Trigger Type: Button

Trigger Force: 5,0 g

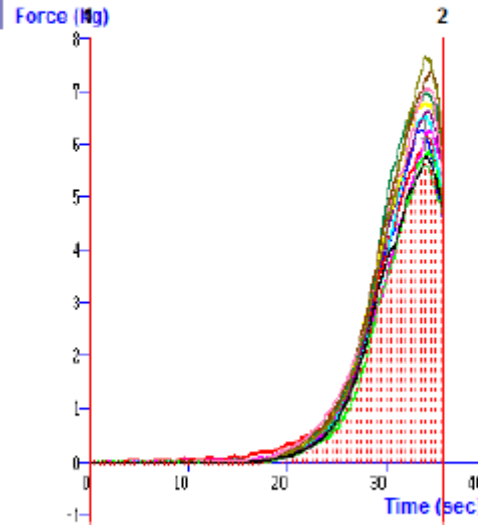
Probe: HDP/KS5 ; KRAMER SHEAR

CELL 5 BLADE

Batch: 1

Points per second: 200

Test Run by: arge



Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_1.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_2.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_3.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_4.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_5.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_6.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_7.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_8.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_9.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_10.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_11.kucutma1  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_11.kucutma2  
Deneme\_16\_Muh\_Peyrighi\_Tcctellim\_17.03.2012\_giri:1

**NOTES**

This space is to enter notes regarding the test data.

EK 2 Deneylere ait tekstür analizi sonuçları ve grafikleri

EK 2.32 Deney no 16 için yapılan tekstür analizi grafiği

**TA.XTplus**  
Texture Analyser

**Stable Micro Systems**

**TA.HDplus**  
Texture Analyser

## RESULTS

Test ID	Batch	Firmness	Total Shearing Force	
		kg	kg sec	
		Force 1	Area F-T 1 2	
<b>Start Batch 1</b>	<b>1</b>			
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_1.kurutma1	1	5,793	41,699	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_2.kurutma1	1	6,313	44,807	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_3.kurutma1	1	6,220	47,177	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_4.kurutma1	1	5,883	40,711	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_5.kurutma1	1	6,543	46,362	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_6.kurutma1	1	6,302	44,208	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_7.kurutma1	1	6,655	47,313	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_8.kurutma1	1	6,797	50,643	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_9.kurutma1	1	6,905	52,922	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_10.kurutma1	1	7,443	53,506	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_11.kurutma1	1	7,081	51,744	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_11.kurutma2	1	7,678	52,314	
Deneme_16_Nuh_Peynirli Tortellini_17.03.2012_girip1	1	5,635	40,030	
<b>End Batch 1</b>	<b>1</b>			
<b>Average</b>	1 (F)	AVERAGE("BATCH")	6,564	47,196
<b>S.D.</b>	1 (F)	STDEVP("BATCH")	,601	4,555
<b>C.V.</b>	1 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	9,161	9,652
<b>End of Test Data</b>				

Ek 3

**AROMSA BESİN AROMA VE KATKI MADDELERİ SANAYİ VE TİCARET  
A.Ş. DUYUSAL ANALİZ SONUÇLARI**

ARGE TUZLU LABORATUARI TADIM FORMU		
İSİM:		
TARİH:		
aromsa		
ÜRÜN TİPLERİ		
MAKARNA TADIMI		
KOD	ORTALAMA PUAN	GENEL YORUM
NO:3	4.3	Peynir tadı genel olarak beğenildi. Kuvvetli ve yağlı(tulum gibi) peynir olarak algılandı. Makarna yapısı ve sos biraz sert bulundu.
NO:6	2.2	Genel olarak kimyasal bir tat, okside tat algılandı. Ceviz notu yüksek bulundu, peynir algılanmadı.
NO: 10	3.1	Genel olarak beğenildi ama zayıf bulundu. Makarna yapısı uygun ancak lezzet artırılmalı.
NO:12	4.2	Peynir tadı genel olarak beğenildi ama zayıf bulundu. Sos ve makarna hamur yapısı beğenildi.
NO:13	5.4	Peynir tadı beğenildi. Köy peyniri gibi yağlı bulundu. Sos ve makarna hamur yapısı beğenildi. 16 dakik tat daha başarılı.
NO:16	5.8	Peynir tadı beğenildi ama biraz zayıf bulundu. Makarna yapısı yumuşak bulundu, beğenilmedi. Hamur yapısı 13'ün ki iyi bulundu.
NOT: Makarnaların yedi üzerinden değerlendirilmesini yaparken aşağıdaki açıklamaları dikkate alınız. 0:Çok çok kötü 1:Çok kötü 2:Kötü 3:Biraz kötü 4:Biraz iyi 5:İyi 6:Çok iyi 7:Mükemmel		
Tadima 15 kişi katılmıştır.		



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mine ÖZÇELİK  
Doğum Yeri : ANKARA  
Doğum Tarihi : 26.06.1984  
Medeni Hali : Bekâr  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Ankara Ayrancı (Yabancı Dil Ağırlıklı) Lisesi  
Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya  
Mühendisliği Bölümü (2003-2008)  
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya  
Mühendisliği Anabilim Dalı (2009-2012)

### Çalıştığı Kurum ve Yıl :

Nuh'un Ankara Makarnası Sanayi ve Ticaret A.Ş.  
Ar-Ge ve Laboratuvar Şefi (15.09.2008 - .... )