



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekstrüzyon tek. kul. yeni
gıda ürün.gel.

Yüksek Lisans Tezi

Berna Yağcı

R. 311 B
Ekstrüzyon tek. kul. yeni
gıda ürün.gel.
R. 311 B
25.05.2011

32 / 1050007
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

123
EKSTRÜZYON TEKNİĞİ
KULLANILARAK
YENİ GIDA
ÜRÜNLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kim. Müh. Berna YAĞCI

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr.Mehmet PALA

İSTANBUL, 1993

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot	R 361 :.....143.....
Alındığı Yer	: X, T, Ü.....
Tarih	: 22.3.96.....
Fatura	:.....
Fiyatı	: 105.000.-.....
Ayniyat No	: 1/1.....
Kayıt No	: 51976.....
UDC	:.....
Ek	:.....

Y. T. Ü.

KÜTÜPHANE DOK. DAİ. BAŞKANLIĞI

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VII, 71

20.29

EKSTRÜZYON TEKNİĞİ
KULLANILARAK
YENİ GIDA
ÜRÜNLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

143

Kim. Müh. Berna YAĞCI

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet PALA

İSTANBUL, 1993

İÇİNDEKİLER	
ŞEKİL LİSTESİ	III
ÇİZELGE LİSTESİ	IV
TEŞEKKÜR	V
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1.Ekstrüzyonda Etkili Parametreler	2
2.1.1.Besleme Nem İçeriği	2
2.1.2.Partikül Boyutu	2
2.1.3.Vida Burkulma Kuvveti	3
2.1.4.Besleme Miktarı	3
2.1.5.Vida Hızı	3
2.1.6.Silindir Sıcaklığı	4
2.2.Ekstrüzyonla Gıda İşlemenin Ürün Üzerindeki Etkisi	5
2.2.1.Jelatinizasyon	5
2.2.2.Vitamin Kaybı	6
2.2.3.Mikroorganizmalar	8
2.2.4.Renk kaybı	8
2.2.5.Aroma maddeleri	8
2.2.6.Proteinler	10
3.MATERYAL VE YÖNTEMLER	12
3.1.Materyal	12
3.2.Kullanılan Yöntemler	12
3.2.1.Ekstrüzyon cihazı	12
3.2.2.Ekstrüzyon İşleminin Yapılışı	14
3.2.3.Analiz Yöntemleri	18
3.2.3.1.%Nem	18
3.2.3.2.Genleşme Oranı	18
3.2.3.3.Su Absorbsiyon İndeksi	18
3.2.3.4.Suda Çözünürlük İndeksi	18
3.2.3.5.Ewers Metodu İle Nişasta Tayini	19
3.2.3.6.Instron Cihazı İle Tekstür Ölçümü	19

3.2.3.7.Soxhlet Cihazı İle Yağ Analizi	20
3.2.3.8.Amilograf Testi İle Nişasta Analizi	20
3.2.3.9.Hammadde Elek Analizi	20
3.2.3.10.Duyusal Analiz	20
3.2.3.11.Protein Analizi.	22
4.ARAŞTIRMA BULGULARI	23
4.1.Analiz Sonuçları	23
4.1.1.Hammadde Elek Analizi	23
4.1.2.Nem Analizi	24
4.1.3.Yağ Analizi	24
4.1.4.Protein Analizi	25
4.1.5.Renk Analizi	25
4.1.6.Amilograf Testi	26
4.1.7.Mineral Madde Analizleri	33
4.1.8.Vitamin Analizleri	33
4.1.9.Nişasta Analizi	34
4.1.10.Duyusal Analiz	34
4.2 Ekstrüzyon Çalışmalarının İrdelenmesi	47
4.2.1.Birinci Çalışmanın İrdelenmesi	47
4.2.2.İkinci Çalışmanın İrdelenmesi	57
2.3.Formül 1,2,3 İçeriğindeki Ürünlerin ölçüm sonuçlarının irdelenmesi	60
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.	61
6.KAYNAKLAR	64

ŞEKİL LİSTESİ	Sayfa no
Şekil 1.Besleme nem içeriği değişimi	2
Şekil 2.Besleme hızı değişimi	2
Şekil 3.Vida hızı değişimi	4
Şekil 4.Silindir sıcaklığı değişimi	4
Şekil 5.Jelatinizasyon sırasında granüler yapı ve viskozite değişimi	5
Şekil 6.Vida hızının jelatinizasyon üzerine etkisi	6
Şekil 7.Nem içeriğinin jelatinizasyon üzerine etkisi	7
Şekil 8.Sıcaklığın jelatinizasyon üzerine etkisi	7
Şekil 9.Proteinlerdeki serbest amino grupları ile indirgen şekerler arasındaki reaksiyon	10
Şekil 10. Ekstruderin genel görünümü	13
Şekil 11.Formül 1,hammadde amilograf testi ölçüm sonucu	27
Şekil 12.Formül 1,ürün amilograf testi ölçüm sonucu	28
Şekil 13.Formül 2,hammadde amilograf testi ölçüm sonucu	29
Şekil 14.Formül 2,ürün amilograf testi ölçüm sonucu	30
Şekil 15.Formül 3,hammadde amilograf testi ölçüm sonucu	31
Şekil 16.Formül 3,ürün amilograf testi ölçüm sonucu	32
Şekil 17.Birinci çalışma,hammadde nem içeriği %19 olan ürünün tekstür ölçüm sonucu	40
Şekil 18.Birinci çalışma,hammadde nem içeriği %17 olan ürünün kuvvet/hız grafiği	43
Şekil 19.Birinci çalışma,hammadde nem içeriği %15 olan ürünün kuvvet/hız grafiği	46
Şekil 20.Birinci çalışma,su absorpsiyon indeksi/hız grafiği	47
Şekil 21.Birinci çalışma,suda çözünürlük indeksi/hız grafiği	48
Şekil 22.İkinci çalışma,hammadde nem içeriği %19 olan ürünün kuvvet/hız grafiği	52
Şekil 23.İkinci çalışma,hammadde nem içeriği %17 olan ürünün kuvvet/hız grafiği	55
Şekil 24.İkinci çalışma,hammadde nem içeriği %15 olan ürünün kuvvet/hız grafiği	58
Şekil 25.İkinci çalışma su absorpsiyon indeksi/hız grafiği	59
Şekil 26.İkinci çalışma suda çözünürlük indeksi/ hız grafiği	60

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa no
Çizelge 1. Gıdalara katılan renk maddeleri ve kullanım alanı/kullanım sınırı	8
Çizelge 2. Birinci çalışma hammadde elek analizi sonuçları	23
Çizelge 3. İkinci çalışma hammadde elek analizi sonuçları	23
Çizelge 4. Formül 1,2,3 hammadde elek analizi sonuçları	24
Çizelge 5. Formül 1,2,3 nem analizi sonuçları	24
Çizelge 6. Yağ analizi sonuçları	24
Çizelge 7. Protein analizi sonuçları	25
Çizelge 8. Renk analizi sonuçları	25
Çizelge 9. Mineral madde analizi sonuçları	33
Çizelge 10. Vitamin analizleri sonuçları	33
Çizelge 11. Nişasta analizi sonuçları	34
Çizelge 12. Birinci çalışma duyusal analiz sonuçları	35
Çizelge 13. İkinci çalışma duyusal analiz sonuçları	36
Çizelge 14. Formül 1,2,3 duyusal analiz sonuçları	37
Çizelge 15.1. Birinci çalışma, hammadde nem içeriği %19 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları	38
Çizelge 15.2. Birinci çalışma, hammadde nem içeriği %19 tekstür ölçüm sonuçları	39
Çizelge 16.1. Birinci çalışma, hammadde nem içeriği %17 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları.	41
Çizelge 16.2. Birinci çalışma, hammadde nem içeriği %17 tekstür ölçüm sonuçları	42
Çizelge 17.1. Birinci çalışma, hammadde nem içeriği %15 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları.	44
Çizelge 17.2. Birinci çalışma, hammadde nem içeriği %15 tekstür ölçüm sonuçları	45
Çizelge 18.1. İkinci çalışma, hammadde nem içeriği %19 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları.	50
Çizelge 18.2. İkinci çalışma, hammadde nem içeriği %19 tekstür ölçüm sonuçları	51
Çizelge 19.1. İkinci çalışma, hammadde nem içeriği %17 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları.	53
Çizelge 19.2. İkinci çalışma, hammadde nem içeriği %17 tekstür ölçüm sonuçları	54
Çizelge 20.1. İkinci çalışma, hammadde nem içeriği %15 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları.	56
Çizelge 20.2. İkinci çalışma, hammadde nem içeriği %15 tekstür ölçüm sonuçları	57
Çizelge 21.1. Formül 1,2,3 ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları	62
Çizelge 21.2. Formül 1,2,3 tekstür ölçüm sonuçları	63

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada benden hiçbir yardımı esirgemeyen ve çalışmamın sonuca ulaşması açısından tüm olanakları sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Pala'ya, yardımları ve bilgileri ile bana destek olan Gıda Mühendisi Hüseyin Emir ve TÜBİTAK Gıda ve Soğuk Tekniği Bölümü çalışanlarına, maddi ve manevi destekleri ile çalışmama katkıda bulunan aileme teşekkürü borç bilirim.

ÖZET

Ekstrüzyon yöntemi kullanılarak yeni bir ürün geliştirmek amacıyla hububatlar arasından yeşil mercimek unu seçilmiştir. Yeşil mercimek ununu seçmenin nedeni, diğer hububatlara oranla protein değerinin yüksek olmasıdır.

Bu çalışmada yeşil mercimek unu çift vidalı bir ekstruder cihazında ekstrude edilmiştir. Ekstrüzyon koşulları şöyledir: Birinci çalışma için ekstruder cihazı bölge sıcaklıkları $T = 150^{\circ}\text{C}$, $T = 180^{\circ}\text{C}$, $T = 180^{\circ}\text{C}$; ikinci çalışma için ekstruder cihazı bölge sıcaklıkları $T = 120^{\circ}\text{C}$, $T = 150^{\circ}\text{C}$, $T = 150^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Her iki çalışma için; hammadde besleme hızı 10 d/dak, hammadde besleme nem içerikleri %19-17-15, herbir nem içeriği için çalışılacak vida hızları 100-125-150-175-200 d/dak'dır

Yukarıda belirtilen ekstrüzyon koşullarında elde edilen 30 ürüne; WAI (water absorpsion index), WSI (water solubility index), ER (expansion ratio), Instron yöntemi ile tekstür ölçümü ve %nem analizleri yapılmıştır. Analizler sonucu elde edilen çizelge ve şekillerden ürün için en uygun besleme nem içeriği %15, vida hızı 175 d/dak ve ekstruder bölge sıcaklıkları $T = 150^{\circ}\text{C}$ $T = 180^{\circ}\text{C}$ $T = 180^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur.

Bu aşamadan sonra hammaddenin zenginleştirilmesi ve aromalandırılması işlemlerine geçilmiştir. Yapılan çeşitli çalışmalar sonucu hammaddeye belirlenen oranlarda mısır unu, mısır nişastası, kabartma tozu, tuz, cheese burger baharatı, tavuk suyu tableti katılmıştır. Hazırlanmış olan bu karışımdan bir miktar analizler için ayrıldıktan sonra karışım ekstrude edilmiştir. Daha sonra elde edilen ürünün üzeri yağ ve aroma maddesi ile kaplanmıştır.

Mercimek unlu formülle (formül 1) birlikte iki formül daha geliştirilmiştir. Bu formüller için ekstrüzyon koşulları olarak yukarıda belirtilen koşullar kabul edilmiştir. Formül içerikleri şu şekildedir: Formül 2; nohut unu, mısır nişastası, kabartma tozu. Formül 3; mısır unu, mısır nişastası, pirinç unu, kabartma tozu, vanilya.

Formül 1, formül 2 ve formül 3'den elde edilen ürünlerin bir miktar aromalandırılmamış halde iken, analizlerde kullanılmak üzere 500 μm boyutunda öğütülmüştür. Daha sonra Ürün kalitesini belirlemek üzere; %nem, %yağ, %nişasta, %protein, ER (expansion ratio), WAI (water absorpsion index), WSI (water solubility index), Instron yöntemi ile tekstür ölçümü, amilograf testi ile nişasta analizi, renk analizi, duyu analizi, vitamin analizi, mineral madde analizi yapılmıştır.

ABSTRACT

The lentil (*lens culinalis*) has been chosen as cereal to improve a new product by using extrusion cooking. The reason for this is that the lentil is more nutritious when compared with other cereals.

In this work, lentil has been extruded in a twin screw extruder. Extrusion conditions for the first experiment; extruder heat section $T = 150^{\circ}\text{C}$, $T = 180^{\circ}\text{C}$, $T = 180^{\circ}\text{C}$, for the second experiment; $T = 120^{\circ}\text{C}$, $T = 150^{\circ}\text{C}$, $T = 150^{\circ}\text{C}$

For both experiment, feed moisture ingredient is %15-17-19, raw material feed rate is 10 d/dak and screw rotation rates for each moisture ingredients are 100-125-150-175-200 d/dak.

The products that are obtained in the above extrusion conditions; have been passed through the WAI, WSI, ER, %moisture and texture determination by Instron method analyses. The most convenient feed moisture ingredient % 15, feed rate 10 d/dak screw speed 175 d/dak, extruder heat section $T = 150^{\circ}\text{C}$, $T = 180^{\circ}\text{C}$, $T = 180^{\circ}\text{C}$ have been obtained through the tables and graphics which occurred as a conclusion of these analyses.

After this section, the process of enriching and flavoring the raw material has been applied. As a result of various experiments; corn flour, corn starch, salt, baking powder, burger spice and chicken bullion have been added to the raw material in the determined ratios.

The product, obtained in the stated mixing ratios and extrusion conditions; has been covered with corn oil and flavor, dried and packed.

To improve a second formula, a new experiment has been tried by pea flour. In this respect; pea flour + corn starch mixture has been extruded in the above conditions and covered with oil + flavour in the same way.

The other formulas have been improved together with the lentil formula. The above extrusion conditions applied for these formulas.

Formulas contained the following: Formula 2; pea flour, corn starch, baking powder, Formula 3; corn flour, corn starch, rice flour, baking powder, vanilla.

The products obtained through formula 1, 2, 3 have been ground in 500 micron before being analysed like moisture %, fat %, starch %, protein %, ER, WAI, WSI, texture measurement, amilograph test flour, vitamins, minerals; have been also made to identify the product quality.

1. GİRİŞ

Ekstrüzyon yöntemi ile gıdaların işlenmesi 50 yıldan buyana gıda sanayinde uygulanmaktadır. Bu yöntemin uygulandığı ilk yıllarda tek vidalı olarak geliştirilmiş ekstruderler sadece makarna gibi ürünleri şekillendirmek ve kahvaltılık hububat ürünleri üretimi için kullanılmakta idi. Daha sonraki yıllarda bu cihaz üzerinde yapılan çalışmalar sonunda çift vidalı ekstruderler geliştirildi. Yeni geliştirilmiş olan bu ekstruderlerin, tek vidalı ekstruderlere oranla sahip olduğu avantajlar nedeni ile bu yöntemin gıda endüstrisinde kullanımı daha da yaygınlaştı. Çift vidalı ekstruderlerin avantajlarını kısaca şöyle özetleyebiliriz: 1-Daha geniş nem aralığında çalışırlar. 2-Herhangi bir tıkanma anında duraklama olmaksızın kendi kendilerine açılırlar. 3-Üretim kapasiteleri daha büyüktür. (Mercier, 1989)

Ekstrüzyon yöntemi ile gıda işlemeyi kısaca şöyle tanımlayabiliriz; nemlendirilmiş nişastalı ve proteinli maddelerin bir silindir içinde dönen vida yardımı ile yüksek sıcaklık, basınç ve kayma gerilimi etkisi altında pışirilip şekillendirilmesi işlemidir (Hauck, 1980).

Ekstrüzyonla gıda işleme yönteminin diğer gıda işleme yöntemlerine göre birçok avantajları vardır. Bu avantajları kısaca şu şekilde özetleyebiliriz (Harper, 1979):

- 1-Aynı ekstruder cihazı ile çeşitli şekil ve özellikte ürün elde edilebilir.
- 2-Üretim giderleri düşüktür.
- 3-Ürün kalitesi yüksektir.
- 4-Yüksek üretim kapasitesine sahiptirler.
- 5-Üretim sırasında hammadde kaybı meydana gelmez.
- 6-Ekstruder cihazı kendi kendini temizleme özelliğine sahiptir.
- 7-Üretim sırasında zararlı kimyasal atık meydana gelmez.

Özellikle son yıllarda geliştirilen HT/ST (high temperature/short time) sistemi ile çalışan çift vidalı ekstruderler, bu yöntemin gıda endüstrisinde kullanım alanlarını genişletti. Bu tip ekstruderlerde hammaddenin ekstruder içinde kalma süresi çok kısa olduğundan hammadde besin içeriğine verilen zarar minimumdur. Günümüzde çerez tipi gıdalar, kahvaltılık hububat ürünleri, evcil hayvan mamaları, bebek mamaları, hazır çorbalar v.b. bu yöntemle üretilmektedir (Tayeb J., 1988).

Bu çalışmada, yeşil mercimek unu kullanılarak protein değeri açısından zengin çerez tipi gıda üretimi amaçlanmıştır. Mercimek unu ile yapılan çalışmadan elde edilen olumlu sonuç neticesinde çalışmanın içeriği genişletilerek formül 1 ile birlikte iki formül geliştirilmiştir (formül 2, formül 3). Daha sonra bu formül içeriklerinde elde edilen ürünler üzerinde çeşitli ölçümler yapılarak ürünler birbiri ile kıyaslanmıştır.

2.KAYNAK ÖZETLERİ

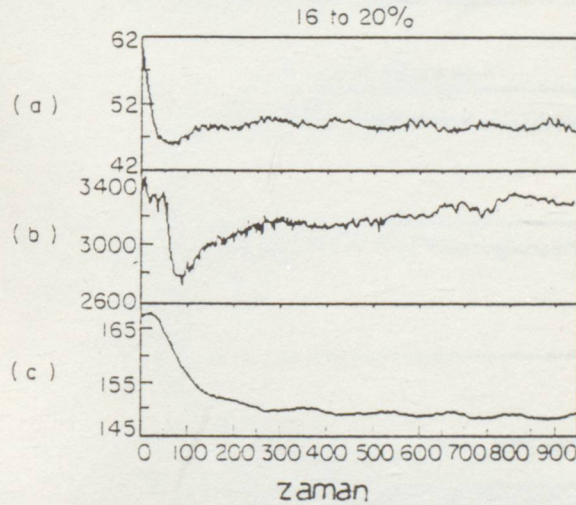
2.1.Ekstrüzyonda Etkili Parametreler

Ekstrüzyon yöntemi ile gıda işleme sırasında gıda maddesi;yüksek sıcaklık ve basınç etkisi altında kalarak birtakım fiziksel ve kimyasal değişimlere maruz kalır.Bu değişimler ekstrude ürünün dış görünüş,aroma,tekstür gibi kalite kriterleri üzerinde önemli rol oynar (Chen et al,1989)

2.1.1.Besleme Nem İçeriği

Ekstrüzyonla gıda işlemede hammaddenin hamur kıvamını kazanabilmesi, nişastanın jelatinizasyonu, yeterli pişmenin sağlanabilmesi gibi değişimlerin meydana gelebilmesi için mutlaka belirli bir miktar neme ihtiyaç vardır(Chiang and Johnson,1976).

Besleme nem içeriğinin ekstrüzyon parametreleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla mısır unu ile bir çalışma yapılmıştır.Besleme nem içeriğinin ekstrüzyon parametrelerini nasıl etkilediği şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1.Nem içeriği değişimi (a-motor burkulma kuvveti(tork),

b-kalıp başlık basıncı(MPa),c-ürün sıcaklığı(C))

Bu çalışma sırasında ekstruder cihazı vida hızı 250 d/dak,hammadde besleme hızı 45.4 kg/h'dır.Hammadde besleme nem içeriğinin %16'dan %20'ye çıkması motor burkulma kuvvetini,kalıp başlık basıncını başlangıçta azaltmış ve sonra kararlı duruma getirmiştir.Gıda hamuru sıcaklığıda benzer şekilde azalmıştır (Hsieh et al,1992).

2.1.2.Partikül Boyutu

Ekstrüzyonla gıda işleme sırasında işlenen hammaddenin partikül boyutu,ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir.Partikül boyutunun büyük olması işlenen materyale olan ısı transferini güçleştirmekte ve bunun sonucu olarakta tam bir

pişme sağlanamamaktadır. Partikül boyutunun $400 \mu\text{m}$ civarında olması gerek jelatinizasyon oluşumu, gerekse ısı transferi açısından en ideal partikül boyutudur (Lue S. et al, 1991; Krukar, 1980).

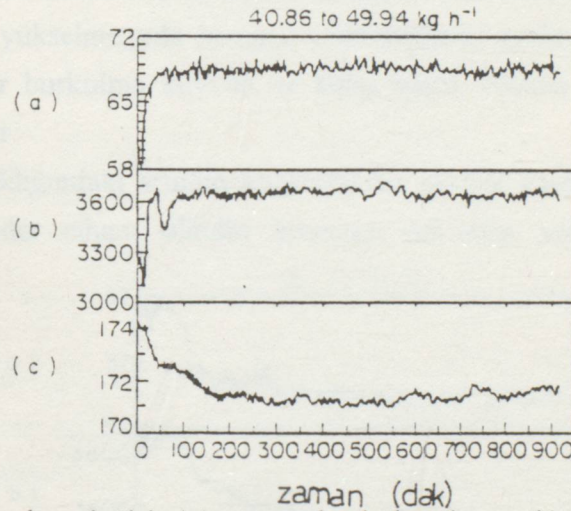
2.1.3. Vida Burkulma Kuvveti

Ekstrude ürün üzerinde olumsuz etkisi olmamak kaydı ile vida burkulma kuvvetinin düşük olması, endüstride istenilen bir özelliktir. Burkulma kuvvetinin (tork) yüksek olması cihazın zorlandığının bir göstergesidir (Kim and Maga, 1987).

2.1.4. Besleme Miktarı

Besleme miktarının ürün üzerindeki etkisini incelemek amacıyla mısır unu ile yapılan çalışmada, vida hızı 250 d/dak hammadde nem içeriği %18'dir. Besleme miktarının 40.86 kg/h'den 49.94 kg/h'a çıkarılması motor burkulma kuvvetini artırarak cihazın zorlanmasına neden olmuştur. Cihazın zorlanmasının nedeni, vidaların aşırı miktarda dolu olması ve bu etki ile kalıp başlık basıncının artmasıdır.

Vidanın aşırı dolmasının bir diğer etkisi, ekstrude edilen maddeye olan ısı transferinin azalması ve üründe tam bir pişme sağlanamamasıdır (Mercier, 1989).

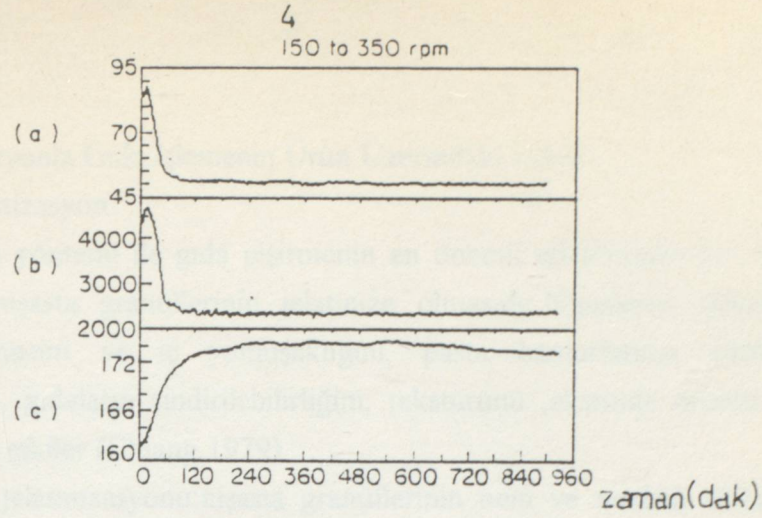


Şekil 2. Besleme hızı değişimi (a-motor burkulma kuvveti(tork)

b-kalıp başlık basıncı(Mpa), c-ürün sıcaklığı(C))

2.1.5. Vida Hızı

Vida hızının ekstrüzyon parametreleri üzerindeki etkisi şekil 3'de görülmektedir. Çalışma sırasında besleme hızı 45.4kg/h, mısır unu nem içeriği %18'dir. Vida hızının 150 d/dak'dan 350 d/dak'ya çıkması kalıp başlık basıncını ve motor burkulma kuvvetini azaltır, buna karşın gıda hamurunun viskozitesi azalarak ürün sıcaklığını artırır (Hsieh et al, 1992).



Şekil 3. Vida hızı değişimi (a-motor burkulma kuvveti(tork)

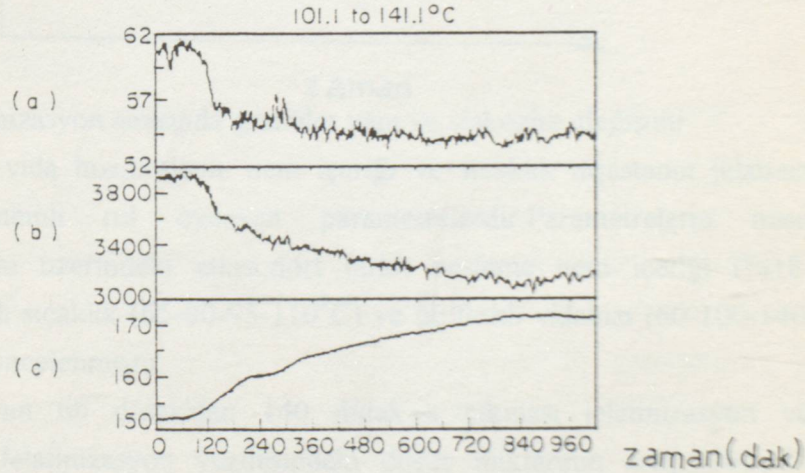
b-kalıp başlık basıncı(Mpa),c-ürün sıcaklığı(C))

2.1.6. Silindir Sıcaklığı

Silindir sıcaklığının ekstrüzyon parametreleri üzerindeki etkisi şekil 4'de görülmektedir.

Çalışma sırasında vida hızı 250 d/dak, mısır unu nem içeriği %18'dir. Silindir sıcaklığının 101.1°C'dan 141.1°C'a çıkması işlenmekte olan maddeye daha fazla termal enerjinin iletilmesine ve ürün sıcaklığının yükselmesine neden olmuştur. Ürün sıcaklığındaki yükselme, gıda hamuru viskozitesinin azalmasına ve bunun sonucu olarakta motor burkulma kuvveti ve kalıp başlık basıncı değerlerinin düşmesine neden olmuştur.

Silindir sıcaklığındaki artımın kontrollü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu amaçla ekstruder cihazı silindiri boyunca ısı eşler yerleştirilmiştir (Bruce et al, 1991).



Şekil 4. Silindir sıcaklığı değişimi (a-motor burkulma kuvveti

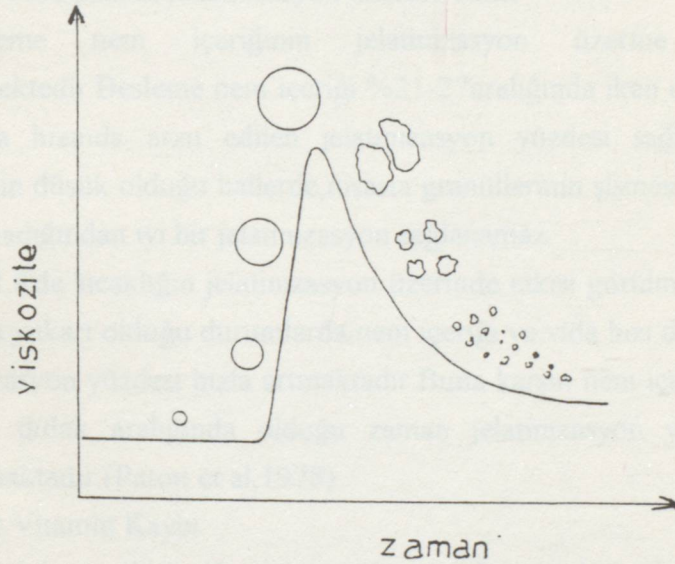
(tork), b-kalıp başlık basıncı(MPa), c-ürün sıcaklığı)

2.2.Ekstrüzyonla Gıda İşlemenin Ürün Üzerindeki Etkisi

2.2.1.Jelatinizasyon

Ekstrüzyon yöntemi ile gıda pişirmenin en önemli etkilerinden biri hammadde içeriğindeki nişasta granüllerinin jelatinize olmasıdır.Nişastanın jelatinizasyonu; ekmeklerin hacim ve iç yumuşaklığını, pasta hamurlarının elastikiyet ve yumuşaklığını, gıdaların sindirilebilirliğini, tekstürünü ,ekstrude ürünün kalitesini olumlu yönde etkiler (Chiang,1979)

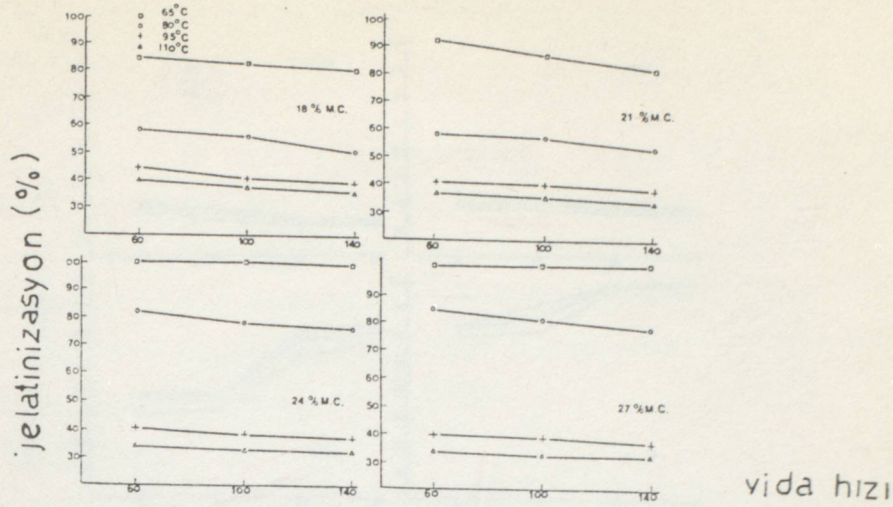
Nişastanın jelatinizasyonu;nişasta granüllerinin nem ve sıcaklık etkisi ile önce şişerek büyümesi ve daha sonrada bu şişmiş granüllerin parçalanarak küçük parçacıklara ayrılması işlemidir (Daniel and Whistler,1986;Chiang and Johnson,1976).



Şekil 5.Jelatinizasyon sırasında granüler yapı ve viskozite değişimi

Ekstruder vida hızı,besleme nem içeriği ve sıcaklık nişastanın jelatinizasyonu üzerinde önemli rol oynayan parametrelerdir.Parametrelerin mısır unu jelatinizasyonu üzerindeki etkisi;dört farklı besleme nem içeriği (%18-21-24-27),dört farklı sıcaklık (65-80-95-110°C) ve üç farklı vidahızı (60-100-140 d/dak) değerlerinde incelenmiştir.

Vida hızının 60 d/dak'dan 140 d/dak'ya çıkması jelatinizasyon yüzdesini düşürmüştür.Jelatinizasyon yüzdesindeki düşüş miktarının artışı 100 d/dak'dan sonra hızlanmıştır.Düşüş miktarındaki bu artışın nedeni,ekstruder içinde işlenmekte olan maddenin cihaz içersinde kalma süresinin kısa olması ve jelatinizasyon için gerekli sıcaklığın maddeye iletilememesinden kaynaklanmaktadır.(Chiang et al,1976)



Şekil 6. Vida hızının jelatinizasyon üzerine etkisi

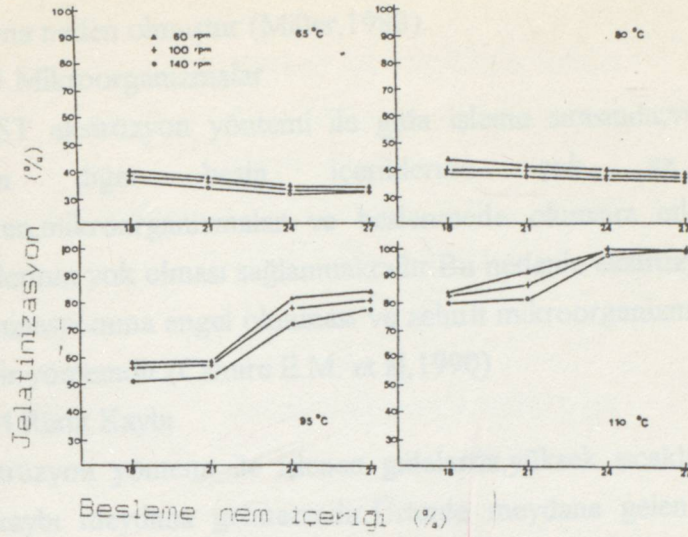
Besleme nem içeriğinin jelatinizasyon üzerine etkisi şekil 7'de görülmektedir. Besleme nem içeriği %21-27 aralığında iken uygun sıcaklık ($>95^{\circ}\text{C}$) ve vida hızında arzu edilen jelatinizasyon yüzdesi sağlanmıştır. Besleme nem içeriğinin düşük olduğu hallerde, nişasta granüllerinin şişmesi için ortamda yeterli su bulunmadığından iyi bir jelatinizasyon sağlanamaz.

Şekil 8'de sıcaklığın jelatinizasyon üzerinde etkisi görülmektedir. Sıcaklığın 80°C ve daha yukarı olduğu durumlarda, nem içeriği ve vida hızı değerleri ne olursa olsun jelatinizasyon yüzdesi hızla artmaktadır. Buna karşın nem içeriği (>21) ve vida hızı 60-100 d/dak aralığında olduğu zaman jelatinizasyon yüzdesi artışı daha da hızlanmaktadır. (Paton et al, 1978)

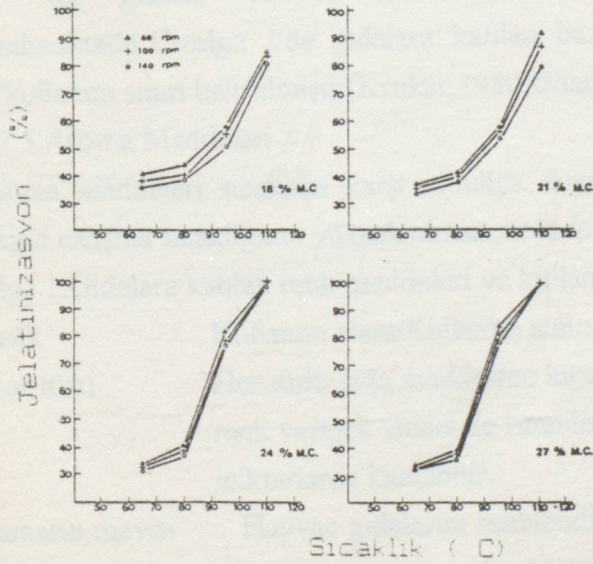
2.2.2. Vitamin Kaybı

Vitaminler, sıcaklığa karşı duyarlı olmaları nedeni ile ekstrüzyon sırasında uygulanan yüksek ısıl işleminden dolayı denatüre olurlar. Özellikle çerez tipi gıdaların üretiminde hammadde olarak kullanılan hububatlar B vitamini açısından oldukça zengindir (Cheftel J.C., 1985). Ekstrüzyon sırasında sıcaklığın yükselmesi üründe hammaddeye oranla vitamin miktarının azalmasına neden olmaktadır. Mısır unu ile yapılan çalışmada; tiamin, riboflavin ve niasin kayıpları incelenmiştir. Bu üç vitamininde öğütme işlemi sırasında bir miktarının yok olduğu bulunmuştur. Ekstrüzyon işleminden sonra ise tiamin kaybı %46, riboflavin kaybı ise %92 olarak bulunmuştur (Camire et al, 1990).

Bu vitamin kaybı, işlenmekte olan maddenin ekstruder içinde kalış süresinin kısılması ve diğer pişirme yöntemlerine göre ekstrüzyon yönteminde su niceliğinin az olması nedeni ile azalır. Sıcaklık ve kalma süresi arasındaki bu ilişki, HT/ST (high



Şekil 7. Besleme nem içeriğinin jelatinizasyon üzerindeki etkisi



Şekil 8. Sıcaklığın jelatinizasyon üzerindeki etkisi

temperature/short time) ekstrüzyon tekniğinin gıda endüstrisinde ön plana çıkmasına neden olmuştur (Miller,1988).

2.2.3.Mikroorganizmalar

HT/ST ekstrüzyon yöntemi ile gıda işleme sırasında;vitaminler ve gıdalarda bulunan diğer besin içeriklerine çok az miktarda zarar verilirken,mikroorganizmalar ve beslenmede olumsuz etkisi olan diğer içerik maddelerinin yok olması sağlanmaktadır.Bu nedenle ekstrüzyonla gıda işleme, gıda kontaminasyonuna engel olunması ve zehirli mikroorganizmaların yok edilmesinde etkili bir yöntemdir.(Camire E.M. et al,1990)

2.2.4.Renk Kaybı

Ekstrüzyon yöntemi ile işlenen gıdalarda,yüksek sıcaklık nedeniyle genellikle renk kaybı meydana gelmektedir.Üründe meydana gelen renk kaybı nedenleri şunlardır (Krukar,1980):

- 1-Proteinlerle reaksiyon
- 2-İndirgen şekerle reaksiyon
- 3-Yüksek sıcaklık
- 4-Alüminyum,demir gibi indirgen iyonlarla renk maddelerinin reaksiyonu
- 5-Ürün genleşmesi sonucu meydana gelen renk açılması

Yukarıda belirtilen nedenlerle meydana gelen renk kaybının azaltılması veya giderilmesi için gıda maddeleri tüzüğünün mücade ettiği sınırlar içinde,özellikle çerez tipi gıdalar ve et ürünlerinde renk maddesi yaygın olarak kullanılmaktadır.Çizelge 1'de gıdalara katılan bazı renk maddeleri ve kullanım alanı/kullanım sınırı belirtilmiştir(Krukar,1980;Bhattacharya,1986).

2.2.5.Aroma Maddeleri

Aroma maddeleri sıcaklığa karşı oldukça duyarlıdır.Ekstrüzyonla gıda işleme sırasında çalışma sıcaklığının yüksek olması,üründe bir miktar aroma kaybına neden olur.Çizelge 1.Gıdalara katılan renk maddeleri ve kullanım alanı/ kullanım sınırı

Renk	Kullanım alanı/Kullanım sınırı
Pancar tozu	Her türlü gıda maddesine kırmızı renk vermek amacı ile istenilen miktarlarda kullanılabilir.
Ultramarin mavisi	Hayvan gıdalarını renklendirmek için kullanılan tuzdur.Ürün ağırlığının %15'ini geçmeyecek şekilde kullanılmalıdır.
Karamel	Ürün çeşidine bağlı olarak arzu

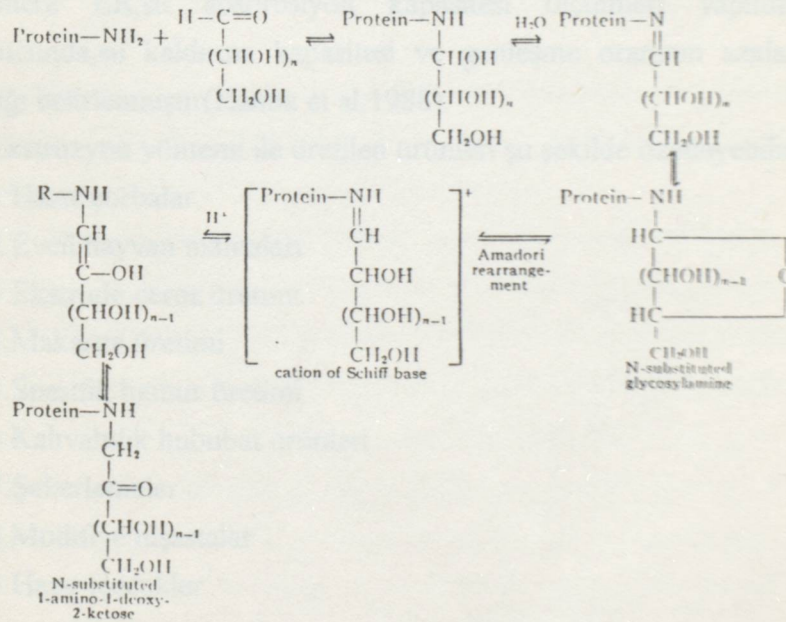
	edilen düzeyde kullanılabilir.
Demir flukonat	Olgunlaşmış zeytini renklendirmek için kullanılır. Kullanım miktarı ürün ağırlığının %2'sini geçmeyecek şekildedir.
Sentetik demir oksit	Ürün ağırlığının %25'ini geçmeyecek şekilde kedi-köpek mamalarını renklendirmek amacı ile kullanılır.
Meyve-sebze suyu	Her türlü meyve ve sebze suyu kullanım miktarı ürün cinsine bağlı olarak değişir.
Kuru alg	Tavuk derisi ve yumurta sarısının sarı renk almasını sağlar. Kullanım oranı arzu edilen sarılık derecesine göre değişir.
Havuç yağı	Her türlü gıda maddesinde kullanılabilir. Kullanım oranı ürünün arzu edilen renk düzeyine bağlıdır.
β karoten	Her türlü gıda maddesinde kullanılabilir. Kullanım oranı ürünün arzu edilen renk düzeyine bağlıdır.

olmaktadır (Teranishi R. et al,1977). Aroma kaybını en aza indirmek için mümkün olduğunca düşük sıcaklıklarda ve düşük besleme nemi içeriğinde çalışılmalıdır (Chen et al,1991).

2.2.6. Proteinler

Ekstrüzyon sırasında işlem sıcaklığının yüksek olması nedeni ile hammadde protein içeriğine zarar verilebilir. Proteinlere zarar veren bir numaralı etken Maillard dreaksiyonudur. Maillard reaksiyonu; proteinlerde bulunan serbest amino grupları ile indirgen şekerler arasındaki reaksiyondur. Fruktoz, laktoz, maltoz gibi indirgen şekerler veserbest amino grupları arasındaki enzimatik olmayan bu esmerleşme reaksiyonu gıdalarda besin değeri açısından oldukça önemlidir. Bu reaksiyona etki eden parametreler şu şekilde özetlenebilir (Cheftel, 1985):

- 1-Hammadde protein tipi
- 2-Karbonhidrat tipi
- 3-Karbonhidrat konsantrasyonu
- 4-Sıcaklık



Şekil 9. Maillard reaksiyonu

2.3. Ekstrüzyon Yönteminin Gıda Sanayinde Uygulama Alanları

Ekstrüzyon yöntemi ile gıda işleme endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle birçok çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalardan birkaçı aşağıda belirtilmiştir.

Ekstruder cihazındaki kayma gerilimi ve vida hızının 120Lamilaz enzimi üzerindeki etkisi çift vidalı bir ekstruderde incelenmiştir. Ekstrüzyon sırasında vida hızı değeri 60-100d/dak arasında değişmiş ve vida hızının artması ile enzim aktivitesinde kayıplar meydana geldiği belirlenmiştir (Komolprasert V. et al, 1990).

Bu çalışmada şeker maddesinin ekstrude ürün üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla mısır unu şeker pancarı lifi ile karıştırılmıştır. Mısır unundaki şeker pancarı lifi oranının ve ekstruder vida hızı değerlerinin artması ile ürün ekspansiyonunun azaldığı belirlenmiştir. Buna karşın şeker pancarı lifi partikül boyutunun ve oranının azalması ile ekspansiyonun arttığı belirlenmiştir (Lue S., 1991).

Lipitlerin ekstrude ürünler üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, %0.2 -1.8 - 3.9 lipit içeren mısır gluteni yağsız soya ile karıştırılmıştır. Karışımın nem içeriği sırası le %20-30-40 olarak ayarlanmıştır. Çalışma sırasında ekstrüzyon koşulları; die yarıçapı 4.24, 3.2, 1.2 mm , vida hızları 60, 120, 180 d/dak'dır. Bu koşullarda üretilen ürünlere ER, su absorpsiyon kapasitesi ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda, su kaldırma kapasitesi ve genleşme oranının azalan lipit miktarı ile arttığı belirlenmiştir (Hanna et al, 1988).

Ekstrüzyon yöntemi ile üretilen ürünleri şu şekilde özetleyebiliriz:

1. Hazır çorbalar
2. Evcil hayvan mamaları
3. Ekstrude çerez üretimi
4. Makarna üretimi
5. Spesifik hamur üretimi
6. Kahvaltılık hububat ürünleri
7. Şekerlemeler
8. Modifiye nişastalar
9. Hazır içecekler

3.MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1.Materyal

Ekstrüzyon sırasında kullanılmak üzere Toprak Mahsulleri ofisi'nden 150 kg mercimek unu,Pınar Un'dan mısır unu ve Vaniköy Mısır Ürünleri Fabrikası'ndan mısır nişastası alındı Hammadde olarak kullanılan pirinç,nohut,kabartma tozu,vanilya,tuz ve pudra şekeri küçük miktarlarda piyasadan temin edildi.Kaplama maddesi olarak kullanılan aroma maddeleri ise (cheeseburger aroması,mayonez aroması,muz aroması,limon aroması)Aromsa Aroma Fabrikası'ndan temin edildi.

3.2.Kullanılan Yöntemler

3.2.1.Ekstrüzyon Cihazı

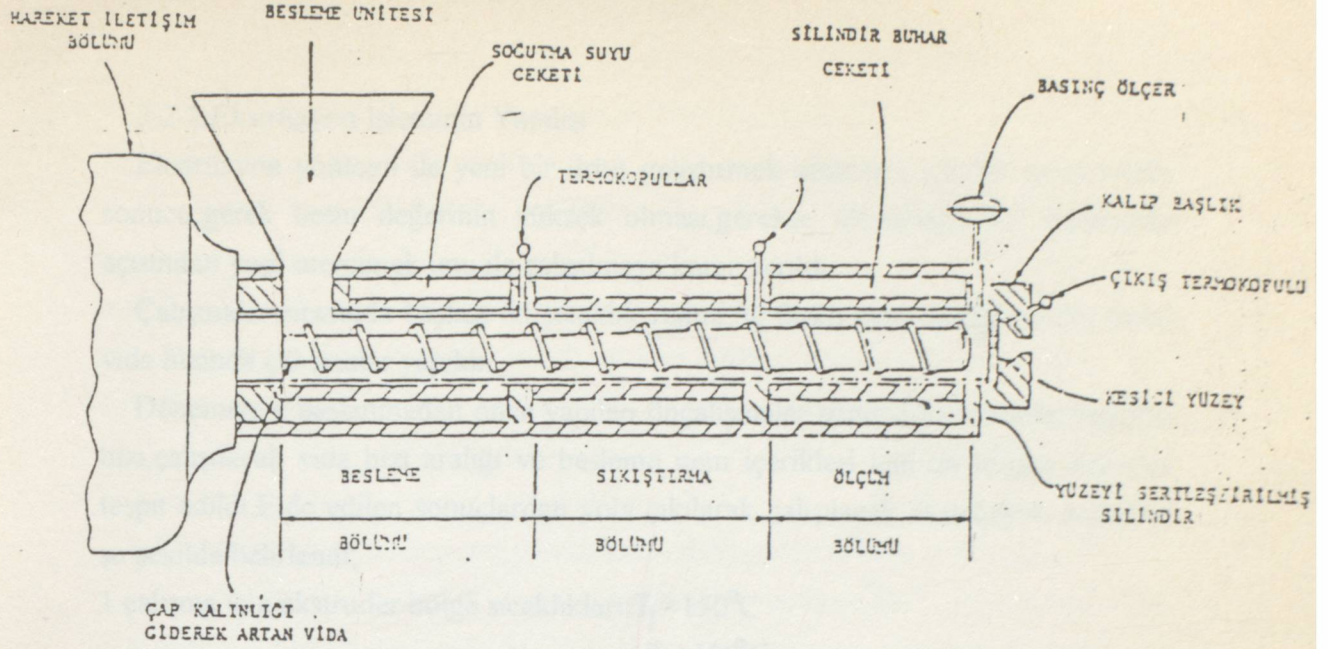
Ekstruderler bir silindir içinde dönen vida olup,yüksek sıcaklık ,basınç ve kayma gerilimi etkisi altında taşıma,karıştırma, kesme ve çekme işlemlerinin aynı anda yapılıp maddenin şekillendirildiği cihazlardır (Harper,1979).

Ekstruder cihazının kullanım amaçlarına göre çeşitli tipleri mevcuttur.Genel olarak tek vidalı ve çift vidalı ekstruderler olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.Endüstride çift vidalı ekstruderlerin tek vidalı ekstruderlere oranla kullanım alanları daha yaygındır.Bu tip ekstruderler; yüksek basınç altında,kısa kalma süresinde ,yüksek sıcaklık etkisi altında ve geniş nem aralığında çalışırlar (Cheftel,1985).

Bu çalışmada çift vidalı bir ekstruder kullanılmıştır (BRABENDER-Twin screw ekstruder DSE 35/12D).Şekil 10.'da ekstruderin kesiti görülmektedir.Ekstruder cihazı başlıca şu bölümlerden meydana gelir:

Silindir: Vidayı çevreleyen silindir, iç yüzeyi korozyona neden olmayacak şekilde özel olarak sertleştirilmiş meteryalden yapılmıştır.Silindir boyunca sıcaklık değişimi silindiri çevreleyen buhar ve soğuk su ceketleri tarafından sağlanmaktadır.

Vida:Ekstruder cihazında vida başlıca üç ana bölümden meydana gelir.



Şekil 10. Ekstruderlerin genel görünümü .

Besleme bölümü: Bu bölümde vida kanatları oldukça derin veya vida adımları daha geniştir. Besleme bölümünün bu yapısı, hammaddenin besleme tankından vida üzerine kolayca düşmesini ve silindir boyunca taşınmasını sağlar.

Geçiş bölümü: Besleme bölümünden gelen materyal, bu bölümde vida adımlarının giderek daralması nedeni ile vidanın tamamen işlenmekte olan madde ile dolmasına neden olur. Böylece sıkışma meydana gelerek materyal üzerine uygulanan basınç artar. Bu basınç artışı ile sıcaklığın yükselmesi materyale hamur benzeri plastik bir yapı kazandırır.

Ölçüm bölümü: Kalıp başlıktan önce bulunan, vida kanat derinliğinin iyice azaldığı ve vida adımının küçüldüğü bölümdür. Bu bölümün sonunda kayma gerilimi ve sıkıştırma sonucu yüksek basınç meydana gelir.

Kesici yüzey: Vida ile kalıp başlık arasında bulunur, üstü delikli metal bir plakadan ibarettir. Pişmemiş katı parçaların kalıp başlığa geçmesini engeller.

Kalıp başlık: Ekstrude maddenin amaca göre şekiller aldığı ince delikli kalıplardır. İşlenen ekstrude madde bu delikler yardımı ile atmosfere çıkar.

Cihaz içinde yüksek basınç etkisi altındaki ekstrude maddenin, atmosfer basıncına çıkması nedeni ile oluşan ani basınç değişimi sonucu gıda maddesinin yapısındaki su atmosfer basıncına çıktığı anda buharlaşarak genleşmeye neden olur.

3.2.2. Ekstrüzyon İşleminin Yapılışı

Ekstrüzyon yöntemi ile yeni bir ürün geliştirmek amacıyla yapılan araştırmalar sonucu; gerek besin değerinin yüksek olması, gerekse ülkemizde bol bulunması açısından yeşil mercimek unu ile çalışılmaya karar verildi.

Çalışmalar sırasında başlıca iki sıcaklık rejimi, üç farklı nem içeriği ve beş farklı vida hızında çalışmalar yapıldı.

Denemelere başlanmadan önce yapılan önçalışmalar sonucu; hammadde besleme hızı, çalışılacak vida hızı aralığı ve besleme nem içerikleri için en uygun değerler tespit edildi. Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak çalışılacak ekstrüzyon koşulları şu şekilde belirlendi;

1. çalışma için ekstruder bölge sıcaklıkları: $T_1 = 150^\circ\text{C}$

$T_2 = 180^\circ\text{C}$

$T_3 = 180^\circ\text{C}$

2. çalışma için ekstruder bölge sıcaklıkları: $T_1 = 120^\circ\text{C}$

$T_2 = 150^\circ\text{C}$

$T_3 = 150^\circ\text{C}$

Her iki çalışma için:

Hammadde besleme hızı $F = 10 \text{ d/dak}$

Vida hızları $V_1 = 100 \text{ d/dak}$

$V_2 = 125 \text{ d/dak}$

$V_3 = 150 \text{ d/dak}$

$V_4 = 175 \text{ d/dak}$

$V_5 = 200 \text{ d/dak}$

Hammadde besleme nem içerikleri $M_1 = \%15$

$M_2 = \%17$

$M_3 = \%19$

Ekstruder cihazı (BRABENDER-Twin screw extruder DSE 35/12D) ile denemeye geçilmeden önce hammadde nem içeriklerini ayarlamak üzere aşağıdaki formülle hesaplanan miktarlarda su, un halindeki hammadde üzerine püskürtülmek suretiyle tavlama işlemi yapıldı.

$$m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 = (m_1 + m_2) \cdot x \quad (1)$$

m_1 = tavlacak hammadde miktarı (g)

x_1 = tavlacak hammadde nem içeriği (%)

m = hammaddeye katılması gereken su miktarı (g)

$x_2 = 1$ (su)

x = arzu edilen nem içeriği (%)

Tavlama işleminden sonra hammadde 500 μ m elek altı boyutundaki elekten elenerek, tavlama sırasında meydana gelen topaklar hammaddeden ayrıldı.

İlk çalışma için cihaz bölge sıcaklıkları $T_1=150^\circ\text{C}$, $T_2=180^\circ\text{C}$, $T_3=180^\circ\text{C}$, kalıp başlık nozul çapı 4mm, besleme hızı 10 d/dak, başlangıç vida hızı 100 d/dak olacak şekilde ayarlandı ve %15 nem içeriğinde hazırlanan 5 kg hammadde besleme tankına boşaltıldı. Birkaç saniye sonra bu vida hızında çıkan ürün toplandı ve vida hızı durmaksızın 125 d/dak 'ya çıkarıldı. Bu vida hızında çıkan üründe toplandıktan sonra vida hızı aynı şekilde durmaksızın 150, 175, 200 d/dak'ya çıkarıldı. Bu vida hızlarında üretilen ürünler ayrı ayrı toplandı.

%15 nem içeriğinde, beş ayrı vida hızında elde edilen 5 ürün toplandıktan sonra vida hızı tekrar 100 d/dak'ya düşürülerek besleme tankına %17 nem içeren 5 kg hammadde boşaltıldı. Aynı şekilde %17 nem içeren, beş ayrı vida hızında üretilen 5 ürün toplandı. Bu ürünler toplandıktan sonra vida hızı tekrar 100 d/dak'ya düşürüldü, %19 nem içeren 5 kg hammadde besleme tankına boşaltıldı ve vida hızı kademeli olarak yükseltilerek aynı işlemler tekrarlandı.

Deneme sırasında cihaz üzerinde görülen basınç (MPa) ve tork değerleri her ürün için kaydedildi.

İlk çalışmadan elde edilen 15 farklı ürün ayrı ayrı kavanozlara konularak, ürün üzerinde yapılacak denemelerde hatalara neden olmamak için hava/ışık ile teması önlendi.

Elde edilen 15 ürün için; %nem, WAI (water absorption index), WSI (water solubility index), ER (expansion ratio) ve Instron yöntemi ile tekstür ölçümü analizleri yapılarak çizelge 2,3,4,5,6,7,8 ve şekil 12,13,14,15,16 elde edildi.

İlk çalışmadaki işlem basamaklarının aynısı, ekstruder bölge sıcaklıkları $T_1=120^\circ\text{C}$, $T_2=150^\circ\text{C}$, $T_3=150^\circ\text{C}$ olacak şekilde ayarlanarak tekrarlandı. Bu bölge sıcaklıklarında, %15-17-19 nem içeriklerinde ve beş ayrı vida hızında elde edilen 15 ürüne; %nem, WAI, WSI, ER, Instron yöntemi ile tekstür ölçümleri yapıldı. Bu ölçümler sonucu çizelge 9,10,11,12,13,14 ve şekil 17,18,19,20,21 'de gösterilmiştir.

Çizelge ve şekillerden elde edilen verilere dayanarak mercimek unu için en uygun çalışma şartları olarak aşağıdaki değerler seçildi;

Ekstruder cihazı bölge sıcaklıkları $T_1=150^\circ\text{C}$

$T_2=180^\circ\text{C}$

$T_3=180^\circ\text{C}$

Besleme hızı

$F=10$ d/dak

Vida hızı

$V=175$ d/dak

Besleme nem içeriği

M=%15

Sade mercimek unu üzerinde yapılan çalışmalarda bu temel koşullar belirlendikten sonra zenginleştirme ve tatlandırma işlemlerine geçildi. Bu amaçla yeşil mercimek unu mısır unu ve mısır nişastası ile karıştırılarak yapı açısından ürünün daha gevrek olması sağlandı. Karıştırma işlemi yapılırken çeşitli oranlar denendi ve en uygun oranın %60 mercimek unu, %20 mısır unu, %10 mısır nişastası olduğu saptandı.

Karışımın içeriği belirlendikten sonra formül içeriği şu şekilde geliştirildi;

Formül 1

%60 yeşil mercimek unu

%20 mısır unu

%10 mısır nişastası

%0.5 sofr tuzu

%0.53 kabartma tozu

%1 hamburger baharatı

%1 tavuk suyu tableti

Yukarıda belirtilen oranlarda hazırlanan 5 kg hammadde %15 nem içeriğinde tavlandı. Hazırlanan bu karışımın 200 g'ile; %yağ, % protein, amilograf testi, %nişasta, mineral madde, partikül boyutu (elek analizi), renk, vitamin ölçümleri yapıldı.

Hazırlanan hammadde besleme hızı 10 d/dak, vida hızı 175d/dak, ekstruder bölge sıcaklıkları $T_1=150^{\circ}\text{C}$, $T_2=T_3=180^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde üretildi. Elde edilen ürüne; % nem, % nişasta, % yağ, % protein, WAI, WSI, ER, renk, mineral madde, vitamin, amilograf testi, duyuusal analiz ve Instron cihazı ile tekstür ölçümleri yapıldı.

Son olarak ürünü kaplama yolu ile aromalandırma işlemine geçildi. Kullanılacak aroma maddesi ve mısır özü yağının kullanım oranı çeşitli denemeler sonucunda cheese burger aroması için ürün ağırlığının %7'si, mısır özü yağı için ürün ağırlığının %30'u olarak saptandı. Bununla beraber kullanılacak aroma maddesi oranı aromanın cinsi ve kalitesine göre değişmektedir.

Toz halindeki aroma maddesi, yağ içinde karıştırılarak çözündürme yolu ile hazırlanmış ve ürün üzerine yavaş yavaş damlatılarak, ürünün sürekli karıştırılması suretiyle kaplama işlemi tamamlanmıştır. Kaplanmış ürün daha sonra etüvde 90°C sıcaklıkta 30 dakika kurutulduktan sonra paketiendi.

Mercimek unu ile yapılan çalışmalarla birlikte iki formül daha geliştirildi. Formül 2 ve formül 3 için, mercimek unu ekstrüzyon koşulları kabul edildi.

Bu amaçla temin edilen nohutlar çekiçli değirmende öğütülerek 500µm elek altı boyutundaki elekten elendi. Nohut ununun yapısını geliştirmek amacıyla mısır unu, mısır nişastası ile karıştırıldı ve karışım nem içeriği %15 olacak şekilde tavlandı.

Formül 2

%60 nohut unu

%20 mısır unu

%10 mısır nişastası

%0.53 kabartma tozu

Üçüncü formül şekerli ürün elde etmek amacıyla geliştirildi. Bu amaçla mısır unu, mısır nişastası ve pirinç unundan meydana gelen 5 kg'lık bir karışım hazırlandı ve %15 nem içeriğine tavlandı.

Formül 3

%70 mısır unu

%20 pirinç unu

%10 mısır nişastası

%0.53 kabartma tozu

%1 vanilya

Yukarıda belirtilen oranlarda hazırlanan hammaddelerden 200 g kadar analiz yapılmak üzere ayrıldıktan sonra kalan miktar ekstrude edildi. Elde edilen ürünlere %nem, %yağ, vitamin, %protein, amilograf testi, renk, mineral madde ölçümleri yapıldı.

Aromalandırma işlemi sırasında formül 3'den elde edilen ürünün üzeri yağ ve aroma maddesi ile kaplandıktan sonra pudra şekeri döküldü ve böylece ürünün şekerli olması sağlandı.

□

3.2.3. Analiz Yöntemleri

3.2.3.1. % Nem

Önemli bir kalite kriteri olan % nemi ölçmek için, nem tayini yapılacak madde 500 μ m boyutunda öğütülür. Öğütülmüş bu örnekten 7 g kadar sabit tartıma getirilerek darası alınmış petri kabına alınır ve 110°C sıcaklıktaki etüvde üç saat süre ile kurutulur. Daha sonra petri kabı+nem tayini yapılacak madde desikatöre alınarak soğumaya bırakılır. Soğuduktan sonra tekrar tartım alınarak aşağıdaki formüle göre % nem hesabı yapılır.

$$\%Nem = ((m_1 - m_2) / m_1) * 100 \quad (2)$$

3.2.3.2. Genleşme Oranı (Expansion Ratio)

Çerez tipi ekstrude ürünün ekspansiyon oranı, ürün çapının ekstruder cihazı nozul çapına bölünmesi ile elde edilir. Bu ölçümlerden sağlıklı bir sonuç alınabilmesi için her ürün için on ölçüm yapılmalı ve bu on ölçümün aritmetik ortalaması alınmalıdır (Bhattacharya, 1986).

$$ER = r_1 / r_2 \quad (3)$$

r_1 = ürün çapı (mm)

r_2 = ekstruder nozul çapı (mm)

3.2.3.3. Su Absorbsiyon İndeksi (Water Absorption Index)

Darası alınmış 50 ml'lik santrifüj tüpüne, 500 m boyutuna öğütülerek un haline getirilmiş üründen 2.5 g tartılır. Daha sonra tüpe 30°C'da 50 ml saf su eklenir ve santrifüj aletinde 30 dakika boyunca 4000 devir/dakika'da karıştırılır. Bu süre bitiminde santrifüj tüpünün dibine tutunmuş olan katı faz üzerindeki sıvı fazın dökülmesi sureti ile ayrılarak katı faz +tüp tartımı alınır. Bu tartımlardan tüp ağırlığı çıkarılarak katı maddenin ne kadar su absorbe ettiği hesaplanır (Anderson et al, 1969)

$$WAI = m_2 / m_1 \quad (4)$$

m_2 = santrifüjden sonra tüp içindeki madde miktarı (g)

m_1 = santrifüjden önce tartılan kuru madde miktarı (g)

3.2.3.4. Suda Çözünürlük indeksi Water Solubility Index)

WAI tayininde elde edilen sıvı faz, sabit tartıma getirilerek darası alınmış petri kabına dökülür. İçi sıvı ile dolu olan bu petri kabı 110°C sıcaklıktaki etüvde üç saat kurumaya bırakılır. Bu süre sonunda petri kabı içindeki sıvı faz buharlaşarak, sadece çözünmüş olan maddeler kalır.

Petri kabı desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartım alınır ve aradaki farktan çözünen madde yüzdesi hesaplanır (Anderson et al,1969).

$$WSI=((m_1-m_2)/m_1)*100 \quad (5)$$

m_1 = santrifüjden önce tartılan kuru madde miktarı (g)

m_2 = santrifüjden sonra sıvı fazda çözünen madde miktarı (g)

3.2.3.5. Ewers Metodu İle Nişasta Tayini

Ewers metodu ile nişasta tayini için 100 ml'lik balon jojeye tayini yapılacak maddeden 5 g tartılır ve üzerine 500 ml'lik HCl eklenir. Bu işlem sırasında maddenin balon joje dip kısmına yapışıp hataya neden olmaması için balon sürekli hafif bir şekilde çalkalanır.

Daha sonra balon joje kaynamakta olan su banyosuna yerleştirilir ve içindeki sıvının sıcaklığı 95-100°C'a ulaştıktan sonra 15 dakika daha kaynar suda bırakılır. Su banyosundan alınan balon joje üzerine 30-35 ml saf su ilave edilerek soğuması sağlanır. Azotlu maddelerin polarizasyonda meydana getirecekleri yanlışlıkları önlemek için bu maddeleri çöktürmek üzere %14'lük 10 ml fosfor wolfram asidi ilave edilir. Azotlu maddeler bu yolla çöktürüldükten sonra, balon joje ölçü çizgisine kadar saf su ile doldurulur ve vakum yardımı ile balon içeriği süzülür. Süzme işi sıvı berraklaşana kadar devam eder.

Elde edilen berrak sıvı 200 mm boyutundaki polarimetre tüpüne konur ve çevirme derecesi ölçülerek aşağıdaki formüle göre % nişasta hesaplanır (Uluöz, 1965).

$$C=(100*a*100)/([\alpha]^{D_{20}}*I*5) \quad (6)$$

C = % nişasta

a = polarimetrede okunan çevirme derecesi

$[\alpha]^{D_{20}}$ = Ewers metoduna göre çevirme derecesi

I = polarimetre tüpünün desimetre cinsinden uzunluğu

3.2.3.6. Instron Cihazı İle Tekstür Ölçümü

Instron cihazı (Instron food testing instrument table model 1140) ile ezme başlık kullanılarak tekstür tayini yapılacak ürün için grafik çizdirilir. Grafikte maksimum pikin elde edildiği nokta, ürüne cm başına uygulanan kuvveti gösterir. Denemeden sağlıklı bir sonuç alınabilmesi için her ürün için ortalama on grafik çizdirilmeli ve bu grafiklerden elde edilen maksimum pik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ürüne uygulanan kuvvet miktarı (N/cm²) belirlenir (Edwards, 1993).

3.2.3.7. Soxhlet Cihazı İle Yağ Analizi

Yağ analizi yapılacak un halindeki maddeden 5 g kadar kartuşa tartılarak üzeri yağı alınmış pamuk ile kapatılır ve balon kapasitesi 150 ml olan soxhlet cihazına yerleştirilir. Daha sonra kartuş üzerine 100 ml hegzan dökülerek sistem çalıştırılır. Sistemin en altındaki su banyosunun sıcaklığı ile hegzan kayamaya başlar ve kaynamakta olan hegzan buharlaşarak sistemin üst kısmındaki soğutucu bölümüne gider. Bu bölümde yoğunlaşarak tekrar kartuş üzerine düşer. Bu ekstraksiyon işlemine 24 saat devam edilir. Süre bitiminde balon içindeki hegzan vakum yardımı ile rotavapor cihazında yağdan ayrılır ve içinde sadece yağ kalmış olan balon 2 saat süresince etüvde 90°C sıcaklıkta sabit tartıma getirilerek tekrar tartım alınır. Bu tartımdan yola çıkılarak % yağ hesabı yapılır (AAOC, 1984).

$$\% \text{Yağ} = ((W_3 - W_2) / W_1) * 100 \quad (7)$$

W_1 = kartuşa tartılan kuru madde miktarı (g)

W_2 = boş balon ağırlığı (g)

W_3 = içinde yağ bulunan balon ağırlığı (g)

3.2.3.8. Amilograf Testi İle Nişasta Analizi

60 g un halindeki analizi yapılacak olan maddeye 440 ml saf su ilave edilerek iyice karıştırılır ve amilograf cihazı haznesine yerleştirilir. Hazne içindeki süspansiyon sıcaklığı 44 dakikada 29°C'dan 95°C'a çıkarılır ve 16 dakika 95°C'da bırakılır. Bu süre sonunda 30 dakika süresince 50°C'a düşmesi beklenir ve cihazın çizdiği grafikten nişastanın sıcaklıkla değişimi gözlenir (Anderson et al, 1969).

3.2.3.9. Elek Analizi

Hammadde partikül boyutunun ekstrüzyon sırasında oldukça önemli olması nedeni ile 500 µm boyutunun üstündeki partikül boyutları hammaddeye katılmaz. Bu boyutun altındaki partikül boyutu dağılımını belirlemek amacıyla tartılan 100 g madde 400-300-200-100 µm boyutundaki eleklerden sarsak elek yardımı ile elenir ve her elek üstünde kalan miktar tartılarak partikül boyutu dağılımı belirlenir (Krukar, 1980).

3.2.3.10. Duyusal Analiz

Duyusal analiz için en az 10 panelist belirlenir ve denemeler sırasında yapılan tüm duyusal analizlerde aynı panelistlerle çalışılır.

Deneme sırasında yapılan duyusal analiz; sertlik, ağızda dağılabilirlik, dişe yapışkanlık, dış görünüş, renk ve aromalandırılmış ürünlerde tat-lezzet olmak üzere altı kalite kriteri üzerinde yapılmıştır. Bu kriterlerin değerlendirilmesi şu şekildedir:

1

5

Sertlik	: Çok sert	Çok yumuşak
Dişe yapışkanlık	: Çok fazla	Çok az
Ağızda dağılabilirlik	: Çok az	Çok fazla
Dış görünüş	: Çok kötü	Çok iyi
Renk	: Mat-koyu	Parlak-açık
Tat-lezzet	: Çok kötü	Çok iyi

3.2.3.11. Protein Analizi

0.1-1 gr arası tartılan numune külsüz kağıt içersine konularak 500 ml'lik balon jojeye alınır.Üzerine 7 g selenyum karışımı,25 ml'lik H_2SO_4 ve cam taşı konulur.Karışım ilk önce 60 C'da yakılır.Balon içindeki numune önce koyu kahverengi bir renk alır,daha sonra açık kahverengi olunca sıcaklık 100 C 'a çıkartılır.Numunenin rengi yeşil renk aldıktan sonra 1 saat kadar yakılır.Daha sonra 50 ml su ilave edilir ve soğutulur.Soğutulan karışım distilasyon kolonuna alınır ve üzerine su ve 80 ml NaOH ilave edilir.Karışım 14 dakika boyunca distile edildikten sonra borik asitte toplanan azot ve bu değerin protein değeri ile çarpımı sonucunda % protein hesaplanır(Cheftel and Jeunink,1979).

$$\%Protein=(Faktör \cdot Sarfiyat/numune \text{ miktarı}) \cdot Protein \text{ değeri}$$

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Analiz Sonuçları

4.1.1. Hammadde Elek Analizi Sonuçları

Ekstrüzyonla gıda işleme sırasında partikül boyutu çok önemlidir.Partikül boyutunun büyük olması ısı transferini güçleştirerek,tam bir pişme sağlanmamasına neden olur.Bu nedenle partikül boyutunun $400\mu\text{m}$ ve daha aşağı değerlerde olmasına dikkat edilmelidir (Krukar,1980).

1. ve 2.çalışma;%19-17-15 nem içeriğinde hazırlanmış olan hammaddelerin partikül boyutu dağılımı çizelge 2 ve 3'de görülmektedir.

Çizelge 2. Birinci çalışma hammadde elek analizi sonuçları

	400 $\mu\text{eü}$	300 $\mu\text{eü}$	200 $\mu\text{eü}$	100 $\mu\text{eü}$	ea
Nem içeriği % 19	4.49	7.87	55.02	24.96	2.47
Nem içeriği % 17	5.44	5.21	22.10	30.78	36.47
Nem içeriği % 15	2.47	5.38	15.09	38.12	38.94

Çizelge 3. İkinci çalışma hammadde elek analizi sonuçları

	400 $\mu\text{eü}$	300 $\mu\text{eü}$	200 $\mu\text{eü}$	100 $\mu\text{eü}$	ea
Nem içeriği % 19	2.05	5.34	36.42	33.01	23.18
Nem içeriği % 17	2.43	7.31	23.81	32.18	34.27
Nem içeriği % 15	1.25	4.65	16.55	37.06	40.47

Çizelge 1 ve 2 dikkatle incelendiğinde,hammadde nem içeriğinin azalması ile partikül boyutunun küçüldüğü belirlenmiştir.Her iki çalışmada % 19 nem içeriğinde hazırlanmış olan hammaddelerin partikül boyutunun $200\mu\text{m}$ civarında olduğu görülmektedir.% 17 ve 15 nem içeriğinde hazırlanmış olan hammaddelerin partikül boyutu ise genellikle $100\mu\text{m}$ civarındadır.Partikül boyutunun küçük olması ürün kalitesi açısından olumlu olduğu,için düşük nem içeriğinde çalışılmaya karar verilmiştir.

Formül 1, 2 ve 3 içeriğinde hazırlanan hammaddelerin nem miktarı,yukarıda belirtilen nedenlerle düşük tutulmuştur.Bu formül içeriklerinde hazırlanan hammaddelerin elek analizi çizelge 4'de görülmektedir.

Çizelge 4. Formül 1, 2 ve 3 hammadde elek analizi sonuçları

	400 μ eü	300 μ eü	200 μ eü	100 μ eü	ea
Formül 1	0.98	7.85	27.16	26.36	37.65
Formül 2	6.47	11.93	16.73	10.58	54.29
Formül 3	24.13	16.26	21.60	17.76	20.25

4.1.2. Nem Analizi

Nem analizi sonuçları çizelge 5'de görülmektedir. Bu değerler hammaddenin %15 civarına tavlandığı ve ürünün etüvde kurutulduktan sonraki belirlenen değerleridir. %15 civarına tavllanmış olan hammaddede analizlere geçilene kadar bir miktar nem kaybı meydana gelmiştir. Hesaplamalarda kullanılan değerler bu tablodan alınmıştır.

Çizelge 5. Formül 1, 2 ve 3 nem analizi sonuçları

	Hammadde (%nem)	Ürün (%nem)
Formül 1	14.67	3.76
Formül 2	14.74	6.82
Formül 3	14.55	6.60

4.1.3. Yağ Analizi

Çerez tipi gıdalarda, üretim sonrası ürünün üzeri aromalandırmak amacıyla yağ ile kaplandığından hammadde yağ oranının düşük olması istenilir.

Yağ analizleri sonucu; ekstrüzyon sonrası formül 1'de %56.06, formül 2'de %31.46 ve formül 3'de %38.37 yağ kaybı meydana gelmiştir. Formül 1, hammadde yağ miktarı açısından en düşük formüldür. En yağlı hammadde ise nohut unu içeren formül 2'dir.

Çizelge 6. Yağ analizi sonuçları

	Hammadde (%)	Ürün (%)
Formül 1	1.23	0.54
Formül 2	4.10	2.81
Formül 3	3.71	2.29

4.1.4. Protein Analizleri

Yeşil mercimek unu hububatlar arasında protein açısından en zengin maddelerden biridir. Ülkemizde, özellikle çocuklar tarafından tüketilmekte olan bu tip çerezler mısır unu ile üretilmektedir. Çizelge 7 incelenecek olursa, bu hububatların farkı açıkça görülür.

Çizelge 7. Protein analizi sonuçları

	Hammadde (%)	Ürün (%)
Formül 1	17.41	19.64
Formül 2	13.21	14.04
Formül 3	6.26	7.01

Ekstrüzyonla gıda işleme sırasında protein yüzdelerinde artım meydana geldi. Bu artımlar sırası ile; formül 1 için %12.80, formül 2 için %6.28 ve formül 3 için %11.98'dir. Mısır unu ile üretilen üründe, mercimek unu ve nohut unundan üretilen ürünlere oranla protein değeri düşük bulunmuştur.

Ürünlerdeki protein içeriğinin hammaddeye oranla artması ekstrüzyon yönteminin diğer gıda işleme yöntemlerine göre daha avantajlı olduğunu gösterir.

4.1.5. Renk Analizi

Çizelge 8'de Hunter-Lab renk analizi cihazı ile yapılan analiz sonuçları görülmektedir. Ekstrüzyon sırasında işlem sıcaklığının yüksek olması nedeni ile üründe renk koyulaşması meydana gelmiştir.

Çizelge 8. Renk analizi sonuçları

	l	a	b
Formül 1: Hammadde	79.88	-3.42	19.14
Ürün	73.94	-2.47	19.37
Formül 2: Hammadde	82.01	-2.34	15.72
Ürün	74.49	-0.70	18.51
Formül 3: Hammadde	81.63	-3.22	22.61
Ürün	71.64	-1.66	20.81

Hunter-Lab renk analizi cihazında; l değerinin 100'den 0' a doğru azalması rengin siyaha yaklaştığını, b değerindeki artımın rengin sarılaştığını, azalışın ise renk maviliğini, a değerindeki artışın renk kırmızılaşmasına, azalışın ise rengin yeşilleşmesine neden olduğu bilinmektedir.

Formül 1 içeriğindeki hammadde ve ürün arasındaki l,a,b değerleri karşılaştırılırsa;%7.43 l değeri azalışından dolayı koyulaşma,%27.7 a değeri artımından dolayı rengin kırmızıya yaklaştığı ve %1.2 b değeri artımından dolayı renk sarılaşması meydana geldiği belirlenmiştir.

Formül 2 içeriğindeki hammadde ve ürün arasındaki l,a,b değerleri karşılaştırılırsa;%9.16 l değeri azalışından dolayı koyulaşma,%70 a değeri artımından dolayı rengin kırmızıya yaklaştığı ve %17.74 b değeri artımından dolayı renk sarılaşması meydana geldiği belirlenmiştir.

Formül 3 içeriğindeki hammadde ve ürün arasındaki l,a,b değerleri karşılaştırılırsa;%12.23 l değeri azalışından dolayı koyulaşma,%48.44 a değeri artışından dolayı rengin kırmızıya yaklaştığı ve %7.96 b değeri azalışından dolayı renkte mavileşme meydana geldiği belirlenmiştir.

4.1.6. Amilograf Testi

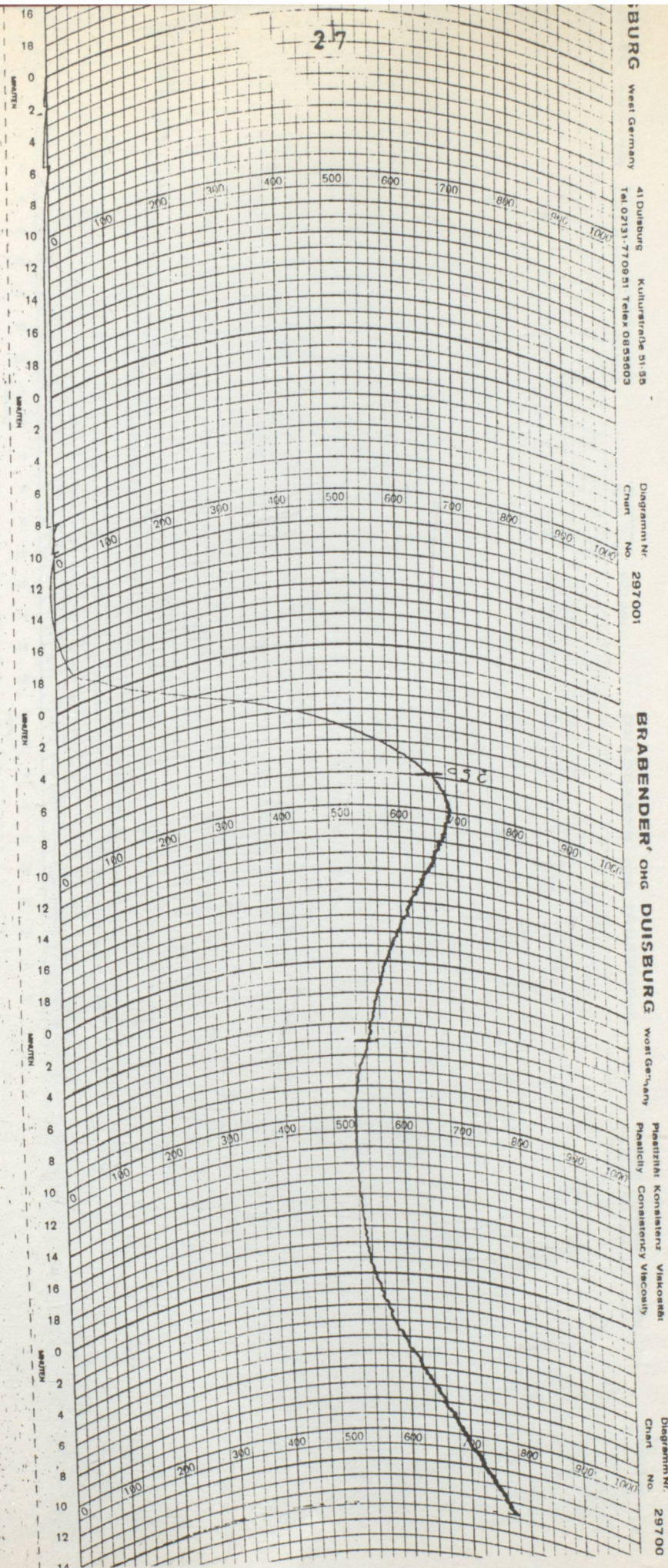
Yapılan amilograf testi sonuçlarında, hammadde nişasta içeriğinin tamamen jelatinize olduğu belirlendi.Amilograf testi sonunda elde edilen şekiller (şekil 11,12,13,14,15,16) incelendiğinde bu durum açıkça görülmektedir.

Formül 1 içeriğinde hazırlanan hammadde viskozitesinin 680 Bu (Brabender Unit) olduğu bulunmuştur (şekil 11).Bu formülden elde edilen ürün üzerinde yapılan ölçüm sonucunda ise ürün viskozitesinin 140 BU'a düştüğü belirlenmiştir (şekil 12).

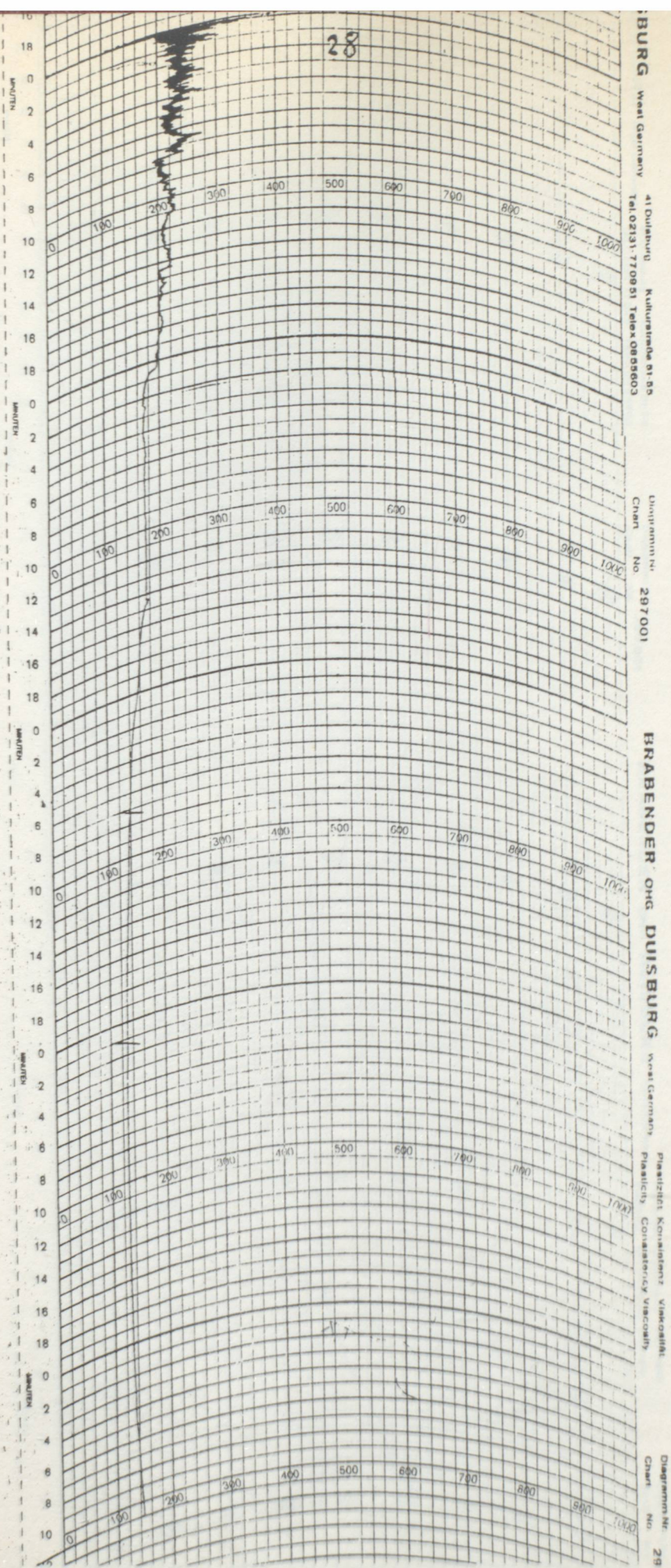
Formül 2 içeriğinde hazırlanan hammadde viskozitesinin 460 BU olduğu bulunmuştur (şekil 13).Bu formülden elde edilen ürünün viskozite ölçümü sonucunda,viskozitenin 200 BU'a düştüğü belirlenmiştir (şekil 14).

Formül 3 içeriğinde hazırlanan hammadde viskozitesinin 1860 BU olduğu belirlenmiştir (şekil 15).Daha sonra ürün üzerinde yapılan analizlerde ürün viskozitesinin 100 BU 'a düştüğü belirlenmiştir (şekil 16).

Üç formül için hammadde amilograf testi sırasında, sıcaklığın 95 C'a çıkması ile viskozitenin hızlı bir şekilde yükseldiği gözlemlendi.Viskozite yükselmesinin nedeni nişasta granüllerinin parçalanmasıdır.Ürünlerde ise böyle bir artım gözlenmedi.Bu durum ürünlerde jelatinize olmamış nişasta kalmadığını ve arzu edilen pişmenin sağlandığını gösterir.



Sekil 11. Formül İhammade amilograf testi sonucu



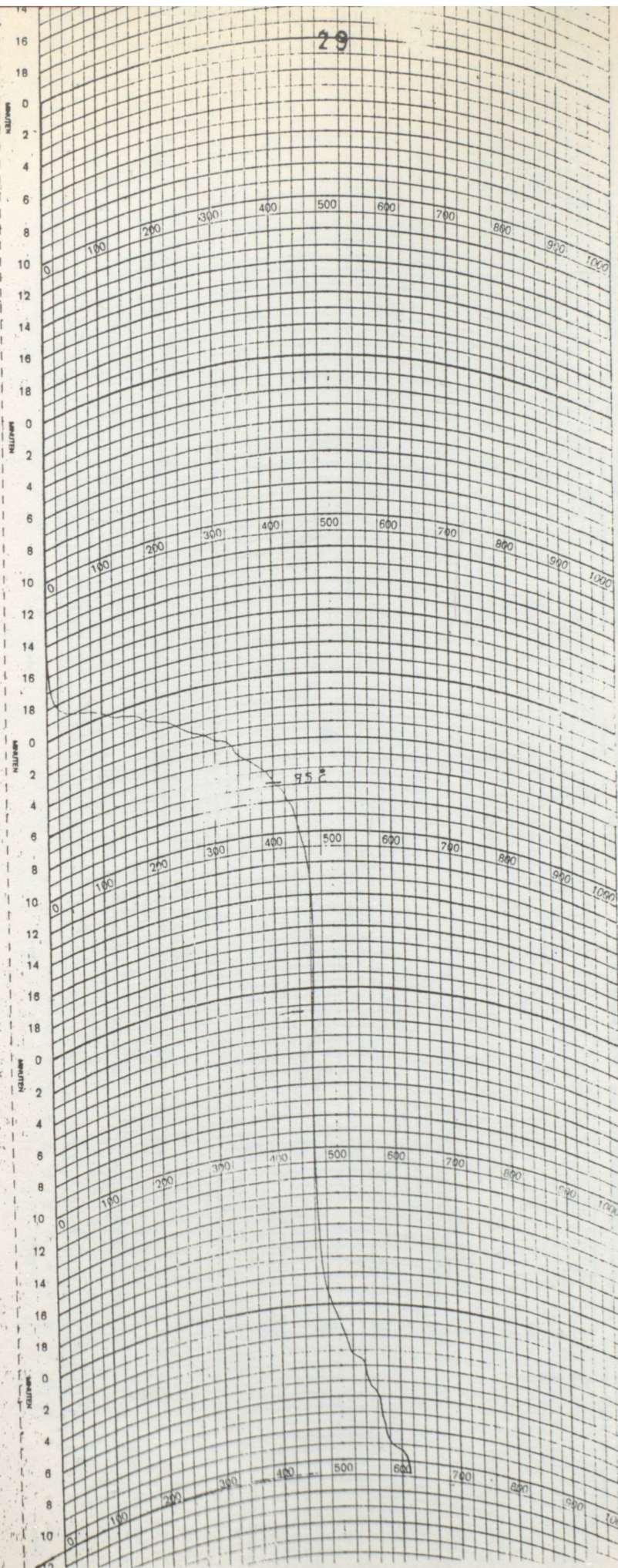
DUISBURG West Germany
 41 Duisburg
 Kulturstraße 61-65
 Tel. 02131-7709 51 Telex 0855603

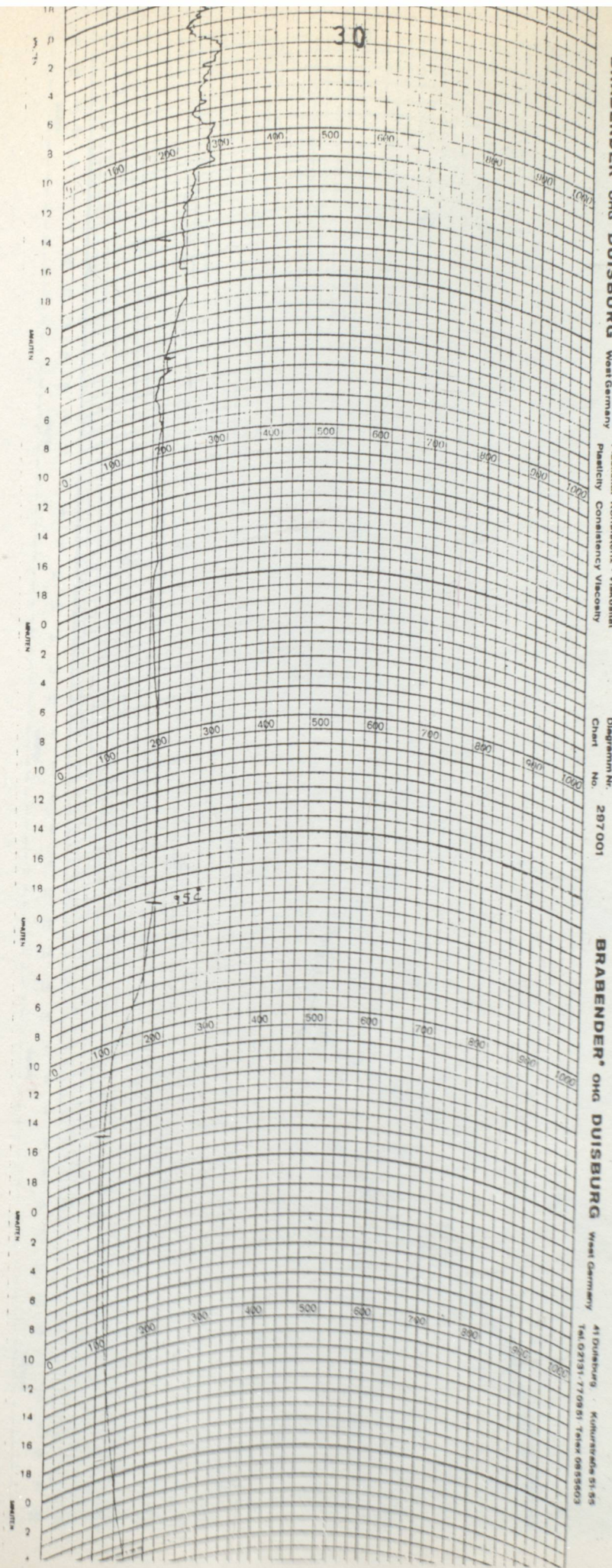
Diagramm Nr.
 No. **297001**

ERABENDER OHG DUISBURG

West Germany
 Plastizität Konsistenz Viskosität
 Plasticity Consistency Viscosity

Diagramm Nr.
 Chart No. **28**





31

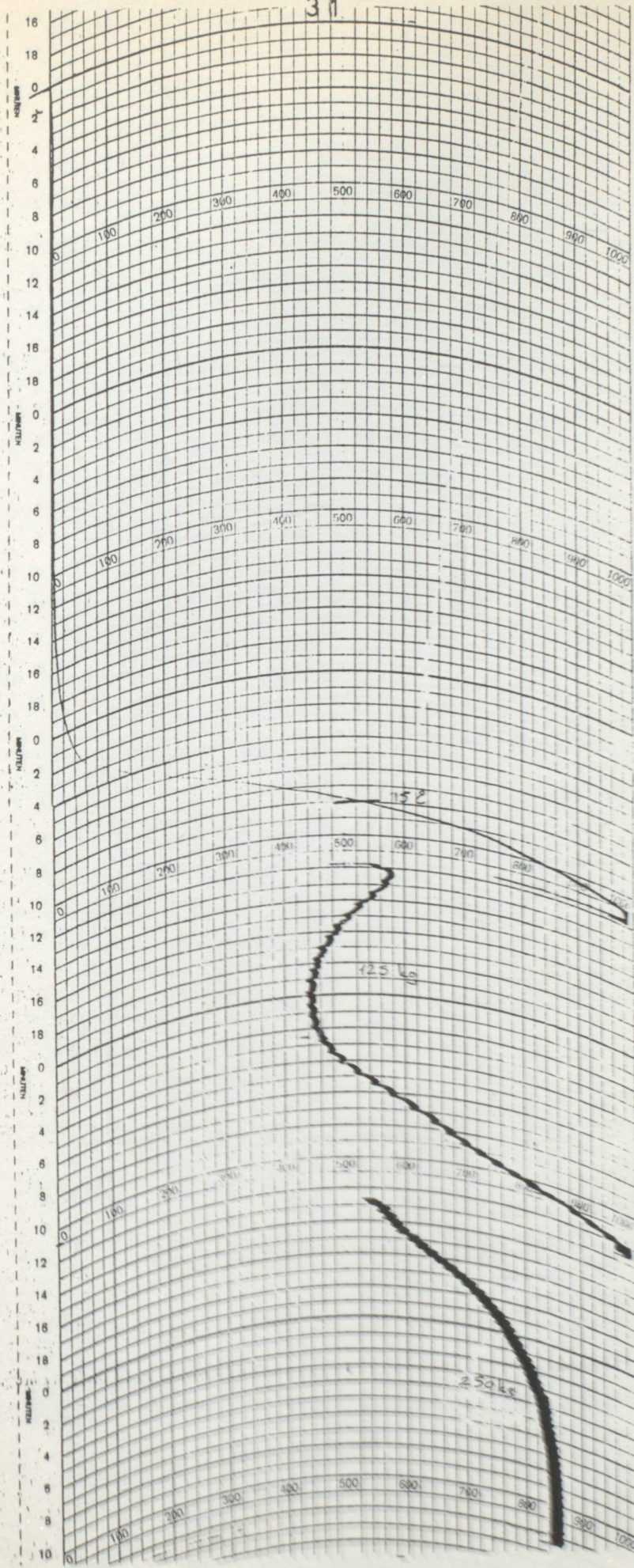
ISBURG West Germany
41 Duisburg
Kulturstraße 51-55
Tel. 02131-770951 Telex 0855603

Diagramm Nr.
Chart No. 297001

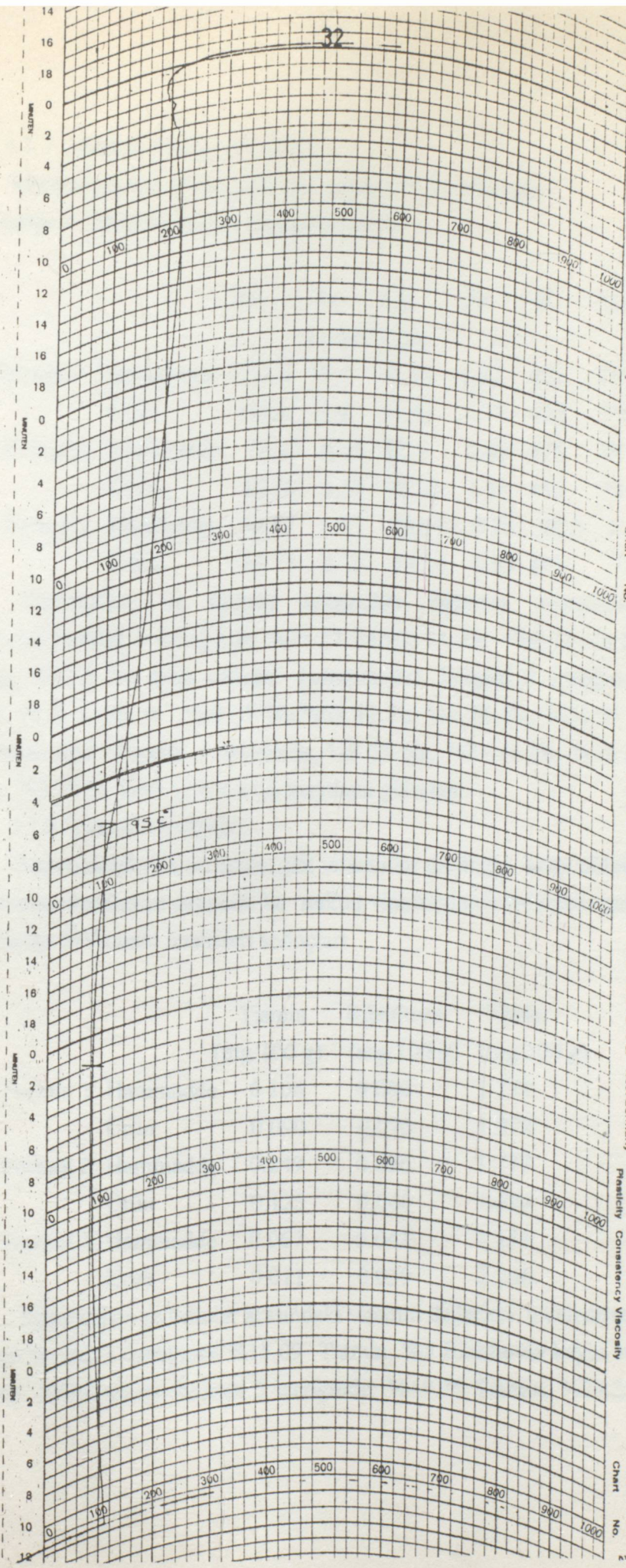
BRABENDER OHG DUISBURG West Germany

Plasticity Consistency Viscosity

Diagramm Nr.
Chart No.



Seril 15, Formül 3, Hammade amlograf testi sonucu



DUISBURG West Germany 41 Duisburg Kulturstraße 51-55 Tel. 02131-770851 Telex 0853603 Diagramm Nr. 297001 Chart No. 2

BRABENDER OHG DUISBURG West Germany Plastimeter Konsistenz Viskosität Plasticity Consistency Viscosity Diagramm Nr. 2 Chart No. 2

Şekil 16. Formül 3.000 amilograf testi sonucu

4.1.7. Minaral Madde Analizleri

Mineral madde analiz sonuçları çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Mineral madde analiz sonuçları

	Na	Fe	Mg	Zn	K	Ca
	(mg/100 g)					
Formül 1: Hammade	332.8	13.3	43.77	1.82	421	759
Ürün	374.4	11.8	56.81	1.77	420	770
Formül 2: Hammade	55.43	4.02	81.7	1.89	378	597
Ürün	82.90	5.18	72.20	1.98	355	724
Formül 3: Hammade	58.37	1.75	29.18	0.76	92.5	51
Ürün	63.77	2.12	34.54	0.93	101	73

Hammade ve ürünler arasındaki değerler incelenirse ekstrüzyon sonrası:Formül 1 içeriğinde; %11.27 Fe,%2.74 Zn, %0.23 Ca kaybı ve %29.79 Mg, %12.5 Na artışı olduğu bulunmuştur. Formül 2 içeriğinde; %11.62 Mg, %6.08 K kaybı ve %49.55 Na,%28.85 Fe, %4.76 Zn, %21.27 Ca artışı olduğu bulunmuştur .Formül 3 içeriğinde; %9.25 Na, %21.14 Fe, %18.36 Mg, %18.27 Zn, %9.18 K, %43.13 Ca artışı meydana gelmiştir.

4.1.8. Vitamin Analizleri

Tiamin,riboflavin ve niasin gibi vitaminler sıcaklığa karşı oldukça duyarlıdır.Bu nedenle ekstrüzyon sırasında bir miktar vitamin kaybı meydana gelir.

Çizelge 10. Vitamin analizleri sonuçları

	Tiamin	Riboflavin	Niasin
	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)
Formül 1: Hammade	0.106	0.080	1.778
Ürün	0.090	0.076	1.978
Formül 2: Hammade	0.249	0.086	1.777
Ürün	0.125	0.066	1.694
Formül 3: Hammade	0.067	0.042	2.154
Ürün	0.011	0.039	2.266

Hammade ve ürünler arasındaki vitamin değerleri incelenirse şu sonuç ortaya çıkar:formül 1 içeriğinde %15.09 Tiamin, %5 Riboflavin kaybı ve %11.24 Niasin artışı belirlenmiştir.Formül 2 içeriğinde; %49.79 Tiamin, %23.25 Riboflavin ve

%4.67 Niacin kaybı belirlenmiştir. Formül 3 içeriğinde; %83.58 tiamin, %7.14 riboflovin kaybı ve %5.19 niasin artışı belirlenmiştir.

4.1.9. Nişasta Analizi

Ewers metoduna göre nişasta analizi sonuçları çizelge 11' da verilmiştir.

Ekstrüzyon ile gıda işleme sonrası formül 1 ve formül 3 nişasta içeriğinde sırası ile %11.43, %5.03'lük kayıp meydana geldiği gözlemlendi. Formül 2 nişasta içeriğinde ise %22.42'lik bir artış meydana gelmiştir.

Çizelge 11. Nişasta analizi sonuçları

	% Nişasta
Formül 1: Hammadde	58.70
Ürün	51.99
Formül 2: Hammadde	43.97
Ürün	53.83
Formül 3: Hammadde	71.86
Ürün	68.24

4.1.10. Duyusal Analiz Sonuçları

Çalışma 1 ve 2'nin duyusal analizi aroma maddesi katılmaksızın yapıldı. 1. çalışmada elde edilen analiz sonucuna göre en beğenilen ürünlerin, düşük nem içeriğinde ve yüksek vida hızı değerinde elde edildiği belirlenmiştir (çizelge 12). 2. çalışma analiz sonuçlarında ise her koşulda ürünün çok sert ve tam pişmemiş olduğu belirlenmiştir (çizelge 13).

Diğer duyusal analiz denemelerinde ürünlerin üzeri değişik aroma maddeleri ile kaplanmıştır. Bu aromalandırma işleminde cheese burger aroması, mayonez aroması, muz aroması ve limon aroması kullanılmıştır.

Çizelge 14'de F11 ve F12 formül 1'den elde edilen ürünlerdir. F11'de ürün üzeri cheese burger aroması, F12'de ise ürünün üzeri mayonez aroması ile kaplanmıştır.

F21 ve F22 formül 2'den elde edilmiş ürünlerdir. F21'de ürünün üzeri cheese burger aroması, F22'de ise mayonez aroması ile kaplanmıştır.

F31 ve F32 formül 3'den elde edilen ürünlerdir. F31'de ürünün üzeri muz aroması, F32'de ise limon aroması ile kaplanmıştır.

Bu ürünler arasında dişe yapışkanlığı en az olan ürün F31, renk-ağızda dağılabilirlik-dış görünüş açısından en iyi ürün F11, tekstür açısından en iyi ürün F22 ve F31, tat-lezzet açısından en iyi ürün F11 ve F31'dir.

Çizelge 12. Birinci çalışma duyusal analiz sonuçları

	19/1	19/2	19/3	19/4	19/5	17/1	17/2	17/3	17/4	17/5	15/1	15/2	15/3	15/4	15/5
Sertlik:	3.0	3.7	3.4	3.7	3.9	2.3	2.9	3.7	4.4	4.4	1.1	1	2.4	3.8	4.3
Dişe yapışkanlık :	3.2	3.6	3.4	3.5	3.4	3.5	3.4	3.8	3.7	3.8	1.6	1.6	3.5	3.7	3.6
Ağızda dağılılırılık:	4.1	4.1	3.7	3.9	4.1	3.3	3.6	4.0	4.2	4.2	1	1	3.1	4.1	4.3
Dış görünüş:	3.0	3.1	3.3	3.1	3.3	3.7	3.9	4.3	3.8	3.3	1.2	1.2	4.2	4.2	4.3
Renk :	2.1	2.2	2.6	2.8	2.7	2.8	3.3	3.7	3.0	3.1	1.6	1.6	3.7	3.8	3.5

Çizelge 13. İkinci çalışma duyusal analiz sonuçları

	19/1	19/2	19/3	19/4	19/5	17/1	17/2	17/3	17/4	17/5	15/1	15/2	15/3	15/4	15/5
Sertlik:	2.0	1.5	1.5	1.0	1.6	1.0	1.3	2.0	1.1	2.3	1.0	1.0	2.5	2.6	2.6
Dişe yapışkanlık :	3.0	3.2	3.0	2.5	2.3	2.0	2.4	2.5	2.7	3.0	2.8	2.6	2.5	2.1	2.1
Ağızda dağılabilirlik:	2.0	2.1	2.2	2.6	3.1	2.8	3.0	2.7	2.5	2.9	1.0	1.0	2.1	2.5	2.9
Dış görünüş:	3.1	2.8	2.5	3.0	2.1	2.2	2.6	3.0	2.1	2.6	3.0	2.7	2.3	2.1	2.0
Renk :	3.1	3.5	2.1	3.0	3.0	3.2	2.8	2.9	2.6	3.0	2.6	2.8	2.1	2.5	2.6

Çizelge 14. Formül 1,2,3 duyusal analiz sonuçları

	F11	F12	F21	F22	F31	F32
Sertlik (tekstür):	4.0	4.0	3.8	4.5	4.5	4.3
Dişe yapışkanlık :	4.0	4.0	4.1	3.9	3.6	4.0
Ağızda dağılılabirlik:	4.3	4.0	3.7	4.2	4.1	4.2
Dış görünüş:	4.5	3.8	3.9	3.5	3.8	4.0
Renk :	4.3	4.1	3.4	4.0	4.1	3.8
Tat ve lezzet:	4.3	4.0	3.9	3.9	4.5	4.0

Çizelge 15-1. Birinci çalışma ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları (hammadde nem içeriği %19)

Ürün no	Besleme hızı d/dak	Vida hızı d/dak	Tork %	Basınç MPa	Ürün çıkış nem %	WAI gr/gr	WSI %	ER	F N/cm ²
						kuru madde			
19/1	10	100	179.33	8.25	9.14	2.65	50.39	2.29	78.38
19/2	10	125	189.50	8.45	9.19	2.79	49.06	288	71.02
19/3	10	150	187.50	7.75	8.84	3.06	45.97	3.06	58.47
19/4	10	175	172.33	6.50	9.31	2.94	48.52	2.94	58.37
19/5	10	200	178.50	6.55	9.44	2.48	56.10	2.90	55.13

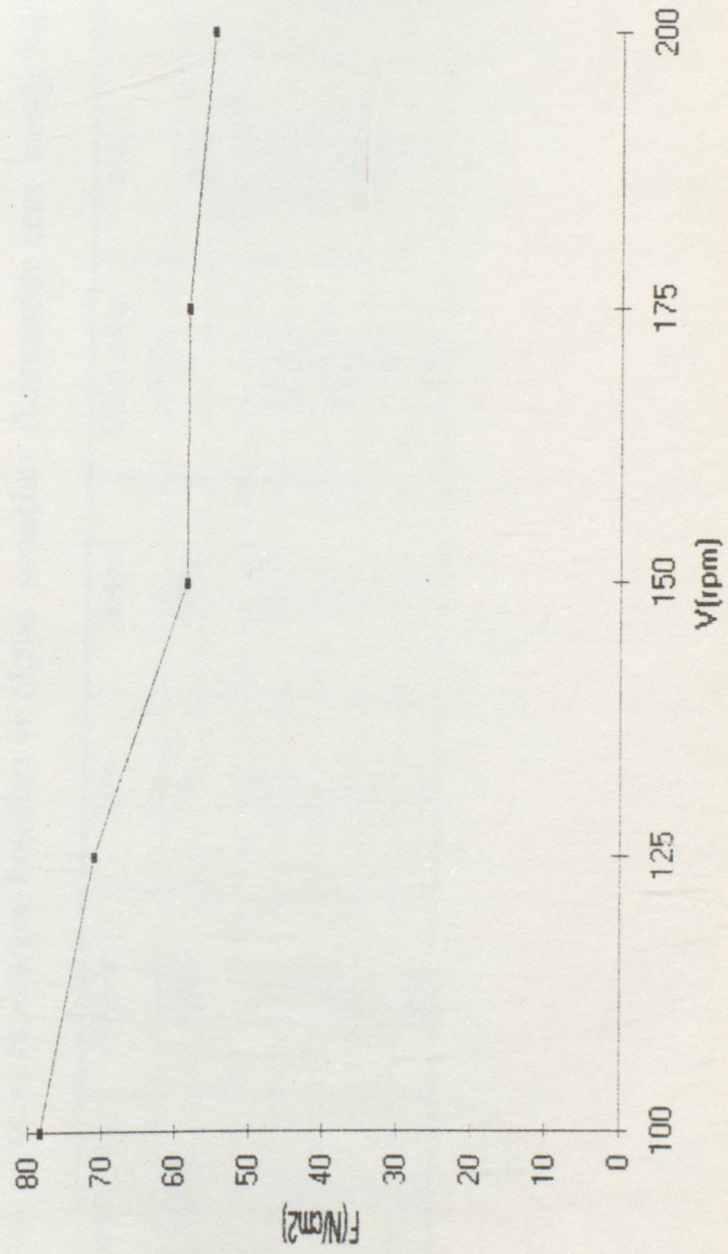
Çizelge 15.2. Birinci çalışma Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları
(hammadde nem içeriği %19)

19/1	19/2	19/3	19/4	19/5
73.48	62.78	69.65	59.84	58.86
54.94	66.71	45.12	45.12	66.70
88.29	84.36	41.20	55.91	52.97
78.48	75.54	83.38	58.86	52.97
98.10	100.06	61.80	72.59	57.87
77.50	81.42	58.86	49.05	68.67
79.76	58.86	57.87	59.84	57.87
52.97	58.86	39.24	56.89	45.12
88.29	57.88	86.32	62.78	43.16
87.31	63.76	41.20	62.78	47.08

Yukarıdaki çizelgede bulunan her ürün için on değer in ortalaması alınarak aşağıdaki çizelge elde edilir.

V (d/dak)	100	125	150	175	200
F (N/cm ²)	73.38	71.02	58.46	58.36	55.13

SEKIL-17 F/V GRAFIGI
DENEY NO-1(%19)



Çizelge 16.1.Birinci çalışma ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları (hammadde nem içeriği %17)

Ürün no	Besleme hızı	Vida hızı	Tork	Basınç	Ürün çıkış nemi	WAI	WSI	ER	F
	d/dak	d/dak	%	MPa	%	gr/gr kuru madde	%		N/cm ²
17/1	10	100	209	13.15	8.1089	2.6853	51.3112	2.9875	94.47
17/2	10	125	197	11.1	7.9592	2.8981	46.3456	3.1625	78.09
17/3	10	150	176	9.7	7.7511	2.9742	46.694	3.275	82.20
17/4	10	175	158	7.9	7.1205	2.429	52.7994	3.0475	46.98
17/5	10	200	129	7.5	7.3424	2.7755	49.4626	2.8425	44.53

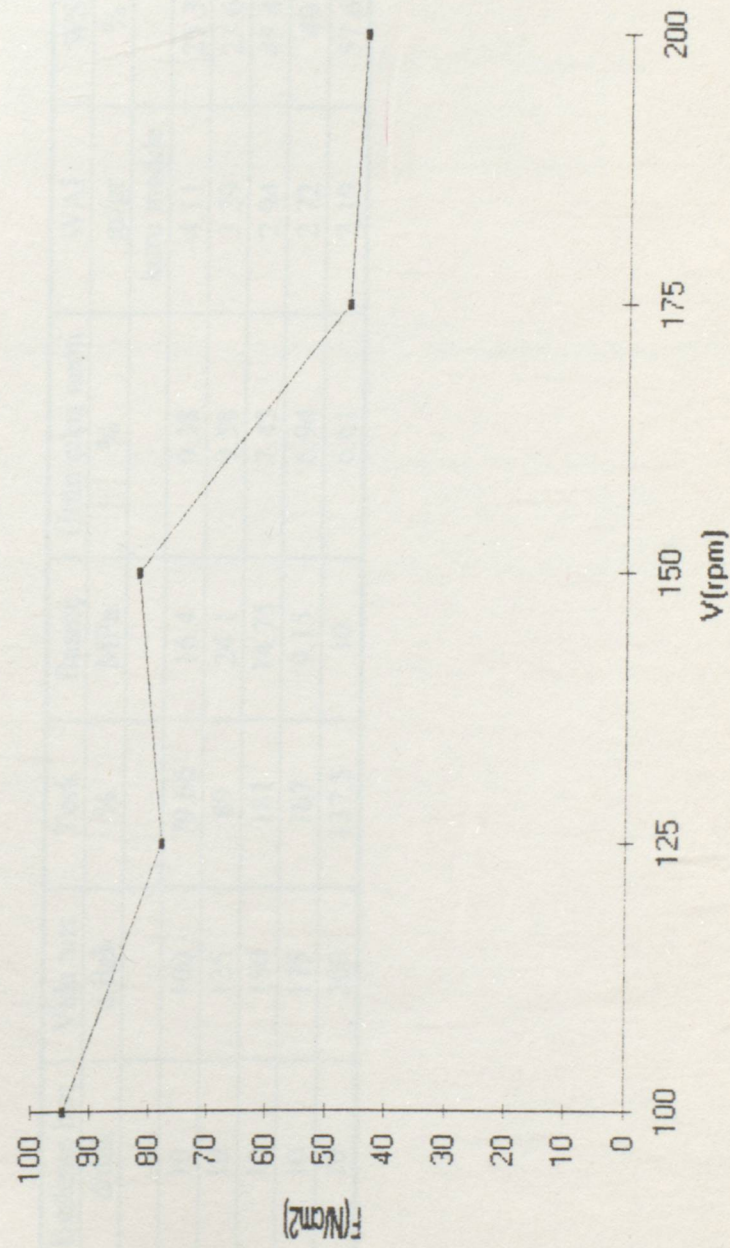
Çizelge 16.2.Birinci çalışma Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları
(hammadde nem içeriği %17)

17/1	17/2	17/3	17/4	17/5
104.96	92.21	75.53	55.92	44.14
113.79	75.53	61.80	45.12	47.08
100.06	76.52	51.99	49.05	50.03
64.74	52.97	70.63	40.22	54.93
103.98	63.76	81.42	54.93	56.89
102.02	74.55	73.57	39.24	39.24
76.52	78.48	71.61	48.07	38.25
78.48	88.29	80.44	41.20	29.43
96.14	85.35	78.48	43.16	43.16
103.98	93.18	76.52	52.97	42.18

Yukarıdaki çizelgede bulunan her ürün için on değerin ortalaması alınarak aşağıdaki çizelge elde edilir .

V (d/dak)	100	125	150	175	200
F (N/cm ²)	94.47	78.09	82.20	46.98	44.53

SEKIL-18 F/V GRAFIGI
DENEY NO-1 (% 17)



Çizelge 17.1. Birinci çalışma ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları (hammadde nem içeriği %15)

Ürün no	Besleme hızı d/dak	Vida hızı d/dak	Tork %	Basınç MPa	Ürün çıkış nemi %	WAI gr/gr kuru madde	WSI %	ER	F N/cm ²
15/1	10	100	79.66	16.4	9.38	4.11	25.39	1.58	258.49
15/2	10	125	89	24.1	9.58	3.29	23.61	1.57	258.60
15/3	10	150	181	14.75	7.43	2.94	45.45	2.95	82.50
15/4	10	175	167	9.15	6.94	2.72	49	3.54	69.25
15/5	10	200	137.5	10	6.61	2.19	57.69	3.36	55.23

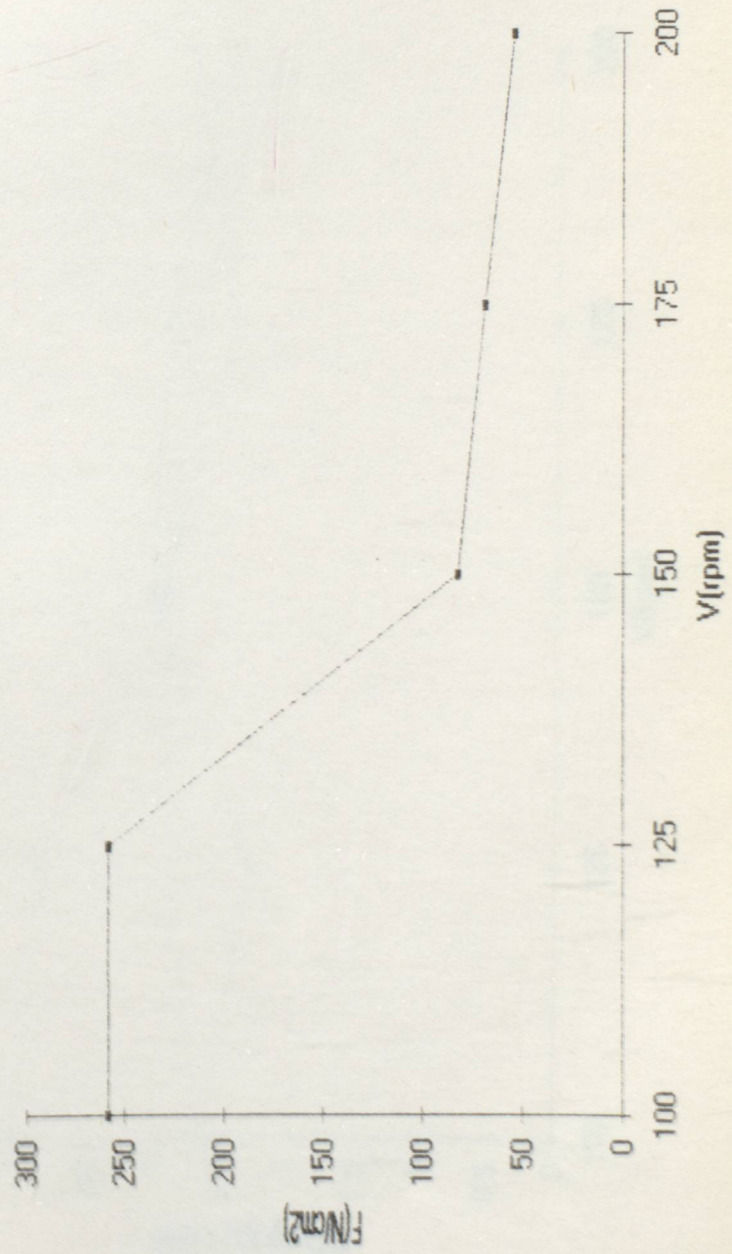
Çizelge 17.2.Birinci çalışma Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları
(hammadde nem içeriği %15)

15/1	15/2	15/3	15/4	15/5
382.59	235.44	66.71	58.86	51.01
242.79	255.06	70.63	52.97	53.95
306.56	255.06	68.67	65.72	57.87
103.00	284.49	75.53	72.59	54.93
286.94	201.10	72.59	84.36	49.05
335.99	299.20	137.34	74.55	57.87
262.41	289.39	123.60	98.1	47.08
230.53	277.13	83.38	60.82	51.99
210.91	385.04	80.44	65.72	62.78
223.17	230.53	46.10	58.86	65.72

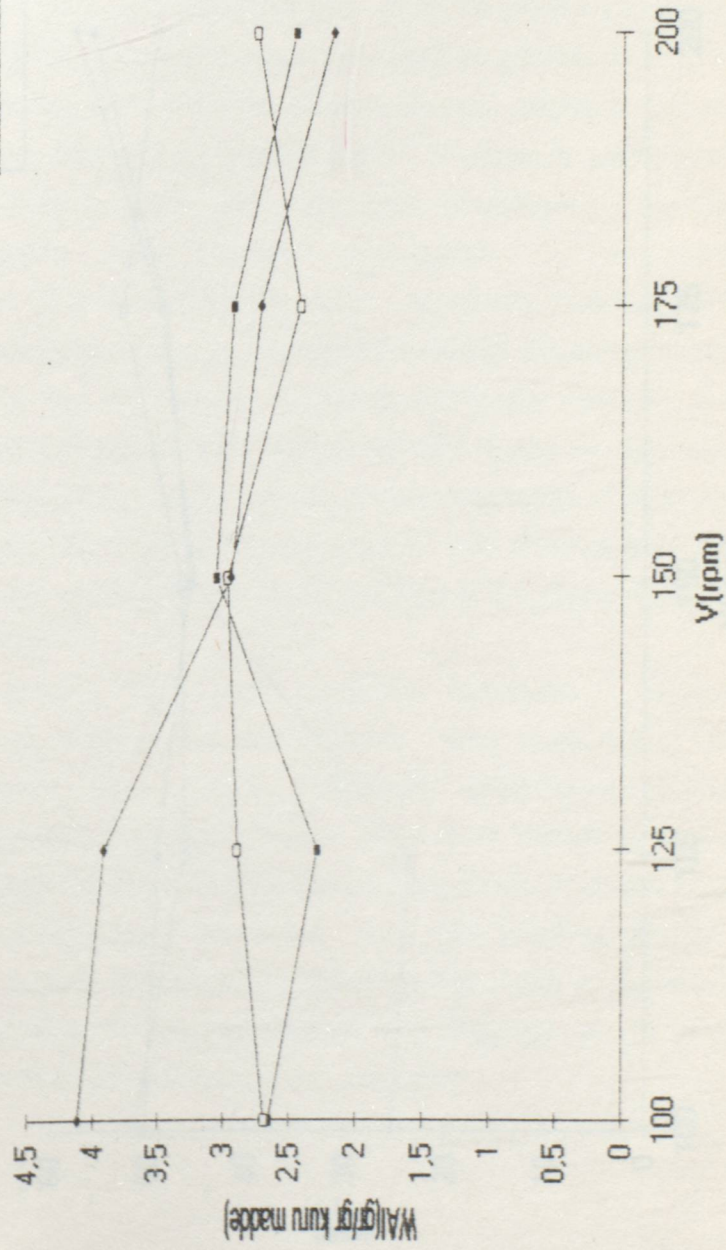
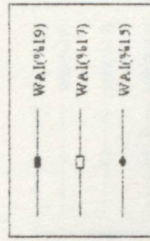
Yukarıdaki çizelgede bulunan h r ürün için on değerin ortalaması alınarak aşağıdaki çizelge elde edilir.

V (d/dak)	100	125	150	175	200
F (N/cm ²)	258.49	258.60	82.50	69.25	55.23

SEKIL-19 F/V GRAFIGI
DENEY NO-1 (%15)

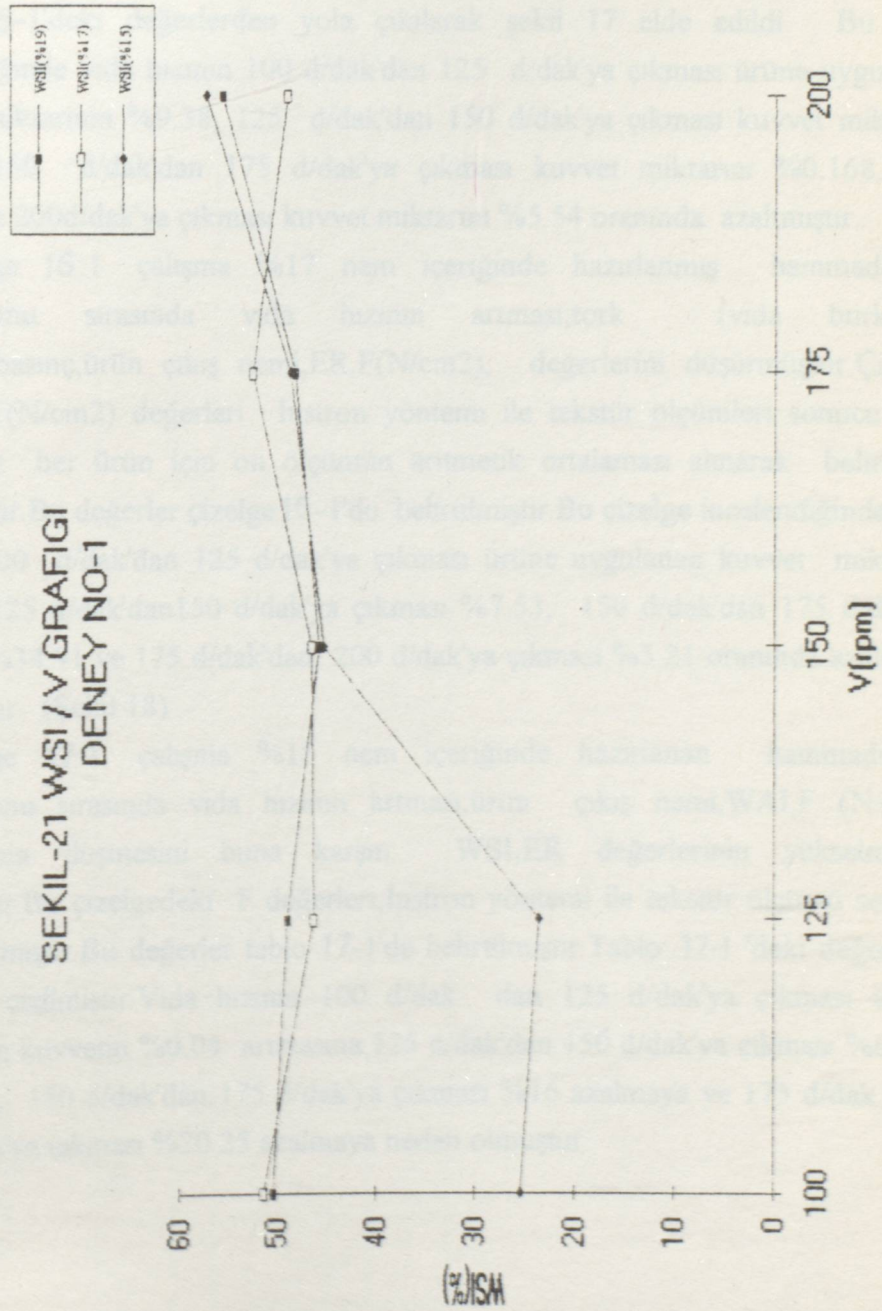


SEKIL-20 WAI / V GRAFIGI
DENEY NO-1



3.1. Birinci Çakılın Çözgeç ve Solüsyon İndeksiyonu

Çözgeç 15: 1. çakılın %19 nem içeriğinde birleştirilen çakıl birimindeki ekinizasyonu oranında vida hareketi artması, genellikle orijine uygulanan birinci çakılın (F) ve WAI değerlerini düşürmüştür. Bu durum WSI ve FRI oranını artırır. Çözgeç 15'deki F (N/m²) değeri, Instron yöntemi ile çekim testleri sonucu elde edilen ve her bir ürün için belirlenen en düşük oranlarda alınarak hesaplanmıştır. Bu değerler Çözgeç 15-1'de bulunmaktadır. Çözgeç 15-1'deki değerler, aynı çakılın yatağındaki diğer çakılın yatağına göre daha düşük olduğu için 17'ye düşürülmüştür. Bu çakılın yatağındaki diğer çakılın yatağına göre daha düşük olduğu için 17'ye düşürülmüştür. Çözgeç 15-1'deki değerler, aynı çakılın yatağındaki diğer çakılın yatağına göre daha düşük olduğu için 17'ye düşürülmüştür. Bu çakılın yatağındaki diğer çakılın yatağına göre daha düşük olduğu için 17'ye düşürülmüştür.



4.2. Birinci .Çalışma Çizelge ve Şekillerinin İrdelenmesi

Çizelge 15: 1.çalışma %19 nem içeriğinde hazırlanmış olan hammaddenin ekstrüzyonu sırasında vida hızının artması genelde ürüne uygulanan kuvvet miktarı (F) ve WAI değerlerini düşürmüştür,buna karşın WSI ve ER oranını arttırmıştır.Ürün çıkış neminde ise fazla bir değişim meydana gelmemiştir. Çizelge 15'deki F (N/cm²) değerleri,Instron yöntemi ile tekstür tayini sonucu elde edilen ve herbir ürün için belirlenen on değerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.Bu değerler çizelge15-1'de belirtilmiştir. Çizelge 15-1'deki değerlerden yola çıkılarak şekil 15-1'deki değerlerden yola çıkılarak şekil 17 elde edildi. Bu şekil incelendiğinde vida hızının 100 d/dak'dan 125 d/dak'ya çıkması ürüne uygulanan kuvvet miktarının %9.38, 125 d/dak'dan 150 d/dak'ya çıkması kuvvet miktarını %21.47,150 d/dak'dan 175 d/dak'ya çıkması kuvvet miktarını %0.168, 175 d/dak'dan 200d/dak'ya çıkması kuvvet miktarını %5.54 oranında azaltmıştır.

Çizelge 16:1. çalışma %17 nem içeriğinde hazırlanmış hammaddenin ekstrüzyonu sırasında vida hızının artması,tork (vida burkulma kuvveti),basınç,ürün çıkış nemi,ER,F(N/cm²), değerlerini düşürmüştür.Çizelge 16'deki F(N/cm²) değerleri Instron yöntemi ile tekstür ölçümleri sonucu elde edilen ve her ürün için on ölçümün aritmetik ortalaması alınarak belirlenen değerlerdir.Bu değerler çizelge16-1'de belirtilmiştir.Bu çizelge incelendiğinde;vida hızının 100 d/dak'dan 125 d/dak'ya çıkması ürüne uygulanan kuvvet miktarını %17.34,125 d/dak'dan150 d/dak'ya çıkması %7.53, 150 d/dak'dan 175 d/dak'ya çıkması %34.91 ve 175 d/dak'dan 200 d/dak'ya çıkması %5.21 oranında azalmaya neden olur. (Şekil 18)

Çizelge 17:1. çalışma %15 nem içeriğinde hazırlanan hammaddenin ekstrüzyonu sırasında vida hızının artması;ürün çıkış nemi,WAI,F (N/cm²) değerlerinin düşmesini buna karşın WSI,ER değerlerinin yükselmesini sağlamıştır.Bu çizelgedeki F değerleri,Instron yöntemi ile tekstür ölçümü sonucu elde edilmiştir.Bu değerler tablo 17-1'de belirtilmiştir.Tablo 17-1 'deki değerlerle şekil 19 çizilmiştir.Vida hızının 100 d/dak dan 125 d/dak'ya çıkması ürüne uygulanan kuvvetin %0.04 artmasına,125 d/dak'dan 150 d/dak'ya çıkması %68.09 azalmaya, 150 d/dak'dan 175 d/dak'ya çıkması %16 azalmaya ve 175 d/dak ' dan 200 d/dak'ya çıkması %20.25 azalmaya neden olmuştur.

Çizelge 18.1.İkinci çalışma ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları (hammadde nem içeriği %19)

Ürün no	Besleme hızı	Vida hızı	Tork	Basınç	Ürün çıkış nemi	WAI	WSI	ER	F
	d/dak	d/dak	%	MPa	%	gr/gr kuru madde	%		N/cm ²
19/1	10	100	299.33	14.75	8.35	3.79	37.60	2.75	168.97
19/2	10	125	267.66	12.86	8.08	3.31	47.19	3.63	123.60
19/3	10	150	264.5	10.2	7.90	2.76	49.85	3.50	88.29
19/4	10	175	234	9.43	9.78	2.61	51.44	3.53	70.38
19/5	10	200	225.33	8.85	9.70	2.71	48.55	3.59	66.70

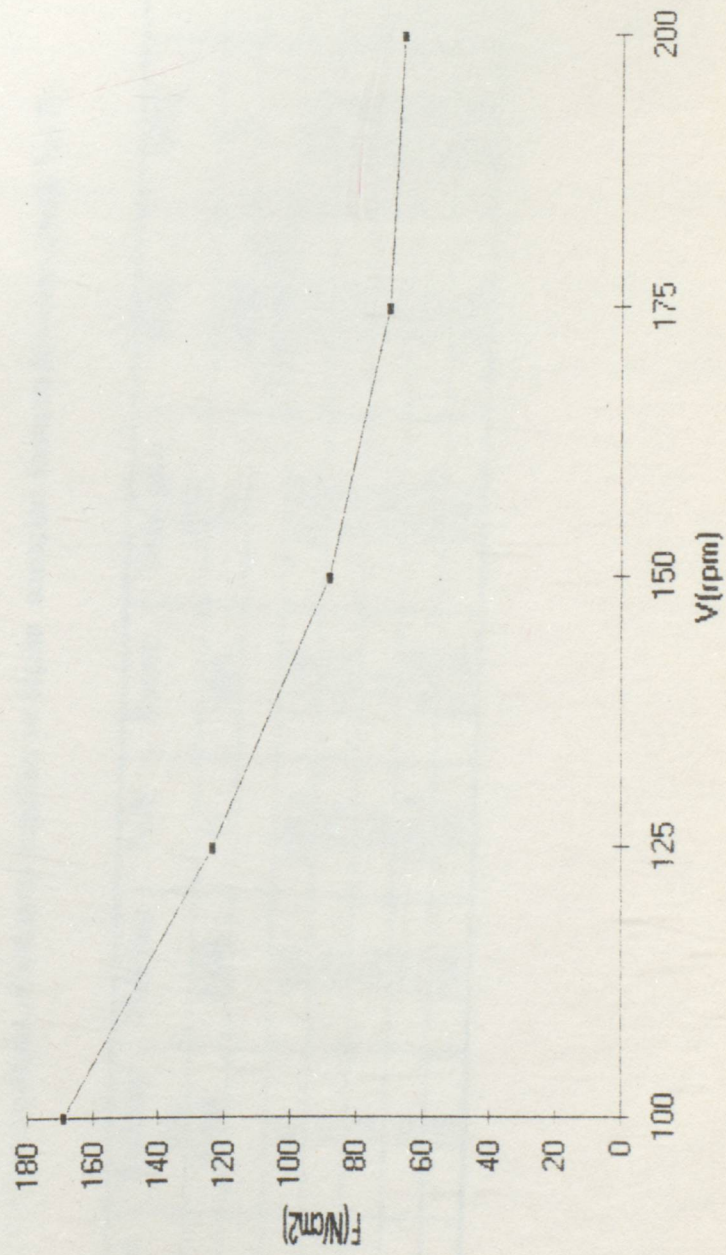
Çizelge 18.2. İkinci çalışma Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları
(hammadde nem içeriği %19)

19/1	19/2	19/3	19/4	19/5
210.91	147.15	107.91	63.76	51.50
120.17	98.10	90.74	73.57	68.67
232.98	122.62	83.38	68.67	58.86
147.15	134.88	71.12	53.95	58.86
196.20	58.860	85.83	53.95	71.12
117.72	132.43	78.48	58.86	71.12
223.17	191.29	107.91	83.38	71.12
176.58	177.72	76.02	78.48	51.50
137.34	80.93	83.38	88.29	80.83
127.53	152.05	98.10	80.93	83.38

Yukarıdaki çizelgede bulunan her ürün için on değerin ortalaması alınarak aşağıdaki çizelge elde edilir.

V (d/dak)	100	125	150	175	200
F (N/cm ²)	168.97	123.60	88.29	70.38	66.70

SEKIL-22 F/V GRAFIGI
DENEY NO-2(%19)



Çizelge 19.1.İkinci çalışma ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları (hammadde nem içeriği %17)

Ürün no	Besleme hızı d/dak	Vida hızı d/dak	Tork %	Basınç MPa	Ürün çıkış nemi %	WAI gr/gr kuru madde	WSI %	ER	F N/cm ²
17/1	10	100	209.5	13.95	10.22	3.28	43.45	3.17	110.46
17/2	10	125	274	14.55	9.71	2.54	51.65	3.26	94.96
17/3	10	150	265	11	9.28	2.37	54.89	3.57	102.71
17/4	10	175	229.5	14.35	10.63	3.13	42.41	3.74	88.38
17/5	10	200	190	11.45	9.92	2.66	50.28	3.64	64.54

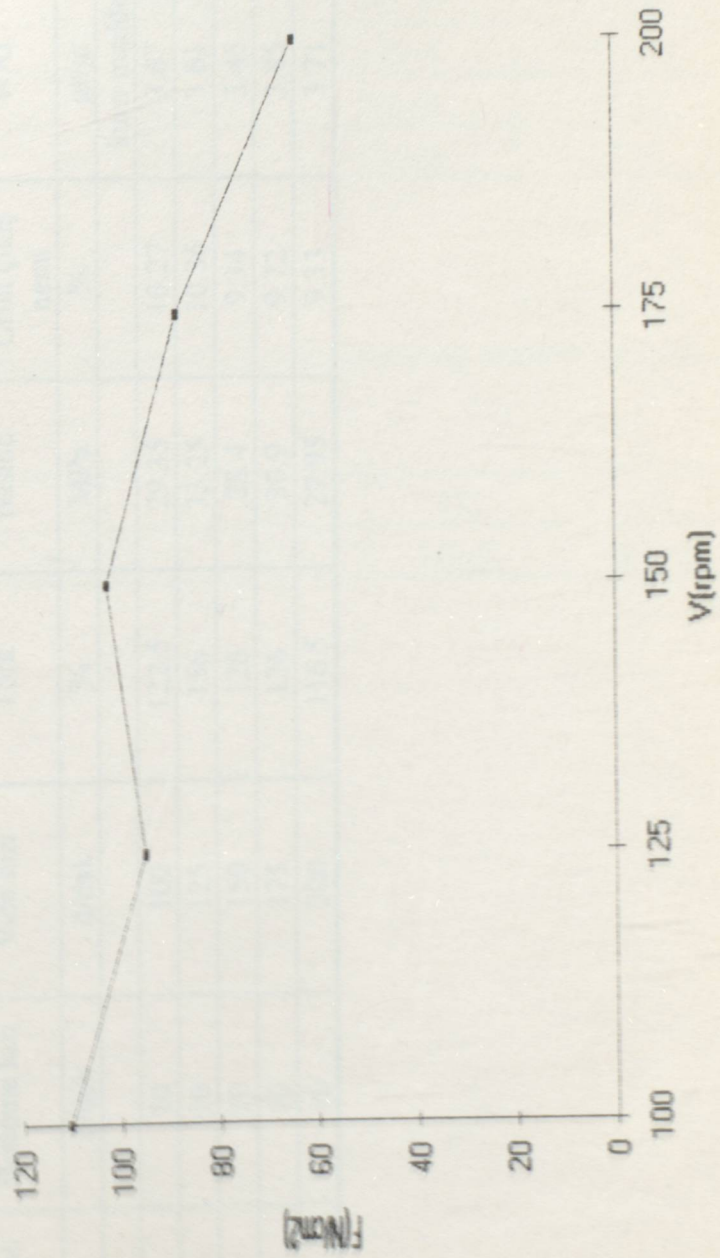
Çizelge 19.2.İkinci çalışma Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları
(hammadde nem içeriği %17)

17/1	17/2	17/3	17/4	17/5
129.49	103.98	96.13	91.23	62.78
94.177	123.60	92.21	98.10	77.49
103.98	94.17	94.17	91.23	78.48
115.75	87.30	129.49	72.59	68.67
107.91	103.98	86.32	92.21	49.05
101.04	94.17	80.44	122.62	60.82
102.02	119.68	86.32	82.40	48.06
106.92	58.86	109.87	81.42	60.82
135.37	87.30	154.01	68.67	58.86
107.91	76.51	98.1	83.38	80.44

Yukarıdaki çizelgede bulunan her ürün için on değerin ortalaması alınarak aşağıdaki çizelge elde edilir.

V (d/dak)	100	125	150	175	200
F (N/cm ²)	100.46	94.96	102.71	88.38	64.54

SEKIL-23 F/V GRAFIGI
DENEY NO-2(%17)



Çizelge 20.1.İkinci çalışma ekstrüzyon koşulları ve ölçüm sonuçları (hammadde nem içeriği %15)

Ürün no	Besleme hızı	Vida hızı	Tork	Basınç	Ürün çıkış nemi	WAI	WSI	ER	F
	d/dak	d/dak	%	MPa	%	gr/gr kuru madde	%		N/cm ²
15/1	10	100	122.5	29.35	10.27	3.67	27.52	1.80	293.80
15/2	10	125	156	33.25	10.36	3.61	25.47	1.68	260.70
15/3	10	150	126	28.4	9.34	3.45	40.48	3.29	96.72
15/4	10	175	126	30.9	9.72	3.85	26.93	2.18	180.50
15/5	10	200	116.5	27.95	9.33	3.71	31.28	2.47	120.17

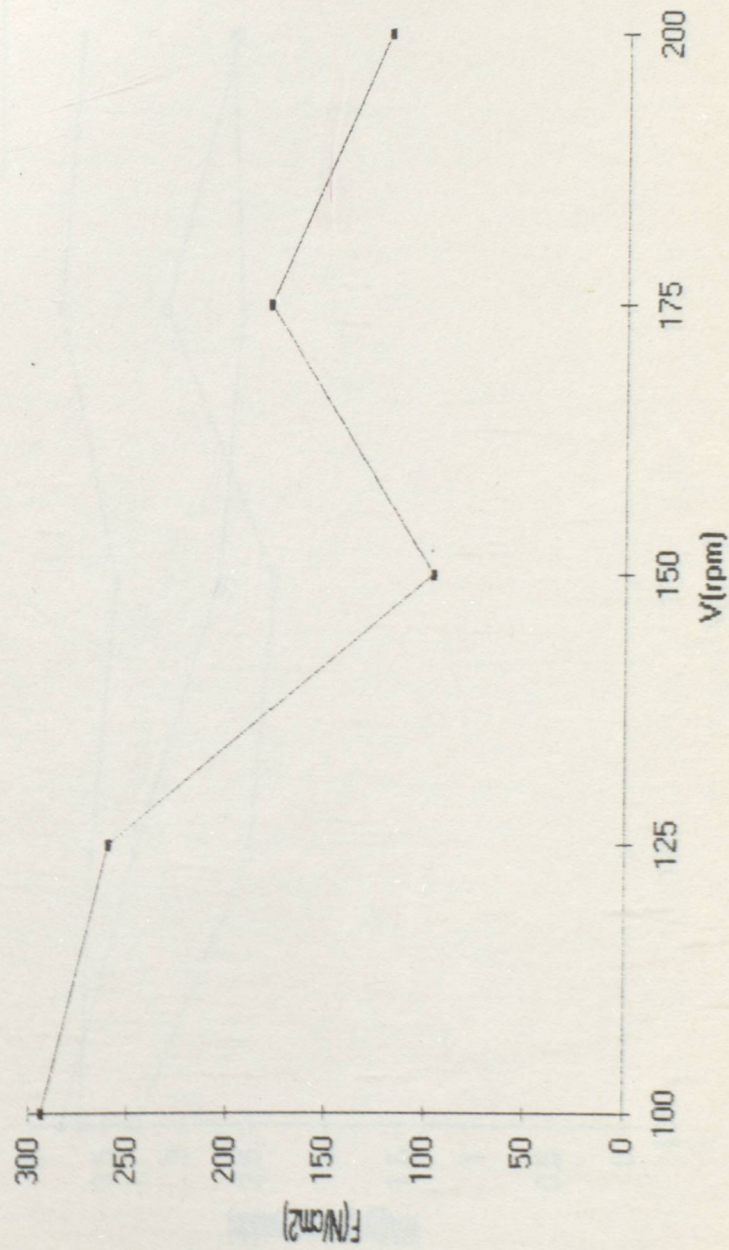
Çizelge 20.2.İkinci çalışma Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları
(hammadde nem içeriği %15)

15/1	15/2	15/3	15/4	15/5
328.63	220.72	99.08	117.72	147.15
387.49	301.65	86.32	152.05	161.86
267.32	252.60	102.02	206.01	142.24
304.11	259.96	111.83	142.24	103.00
306.56	210.91	84.36	269.77	112.81
245.25	272.22	70.63	181.48	127.53
247.70	289.39	92.21	181.48	132.43
166.77	289.39	81.42	152.05	83.38
223.17	255.06	103.98	206.01	93.19
461.07	255.06	135.37	196.20	98.10

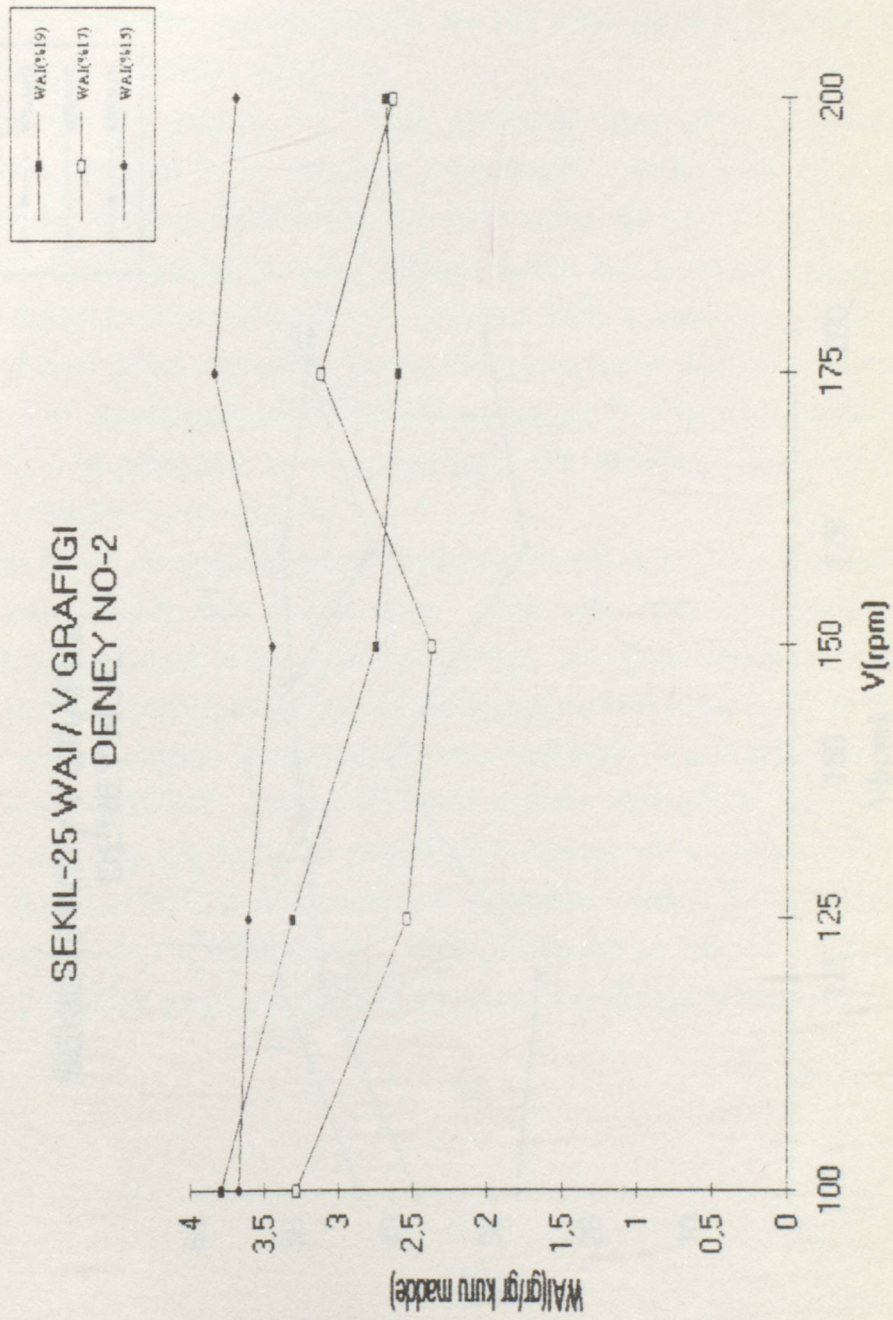
Yukarıdaki çizelgede bulunan her ürün için on değerin ortalaması alınarak aşağıdaki çizelge elde edilir.

V (d/dak)	100	125	150	175	200
F (N/cm ²)	293.80	260.70	96.72	180.50	120.17

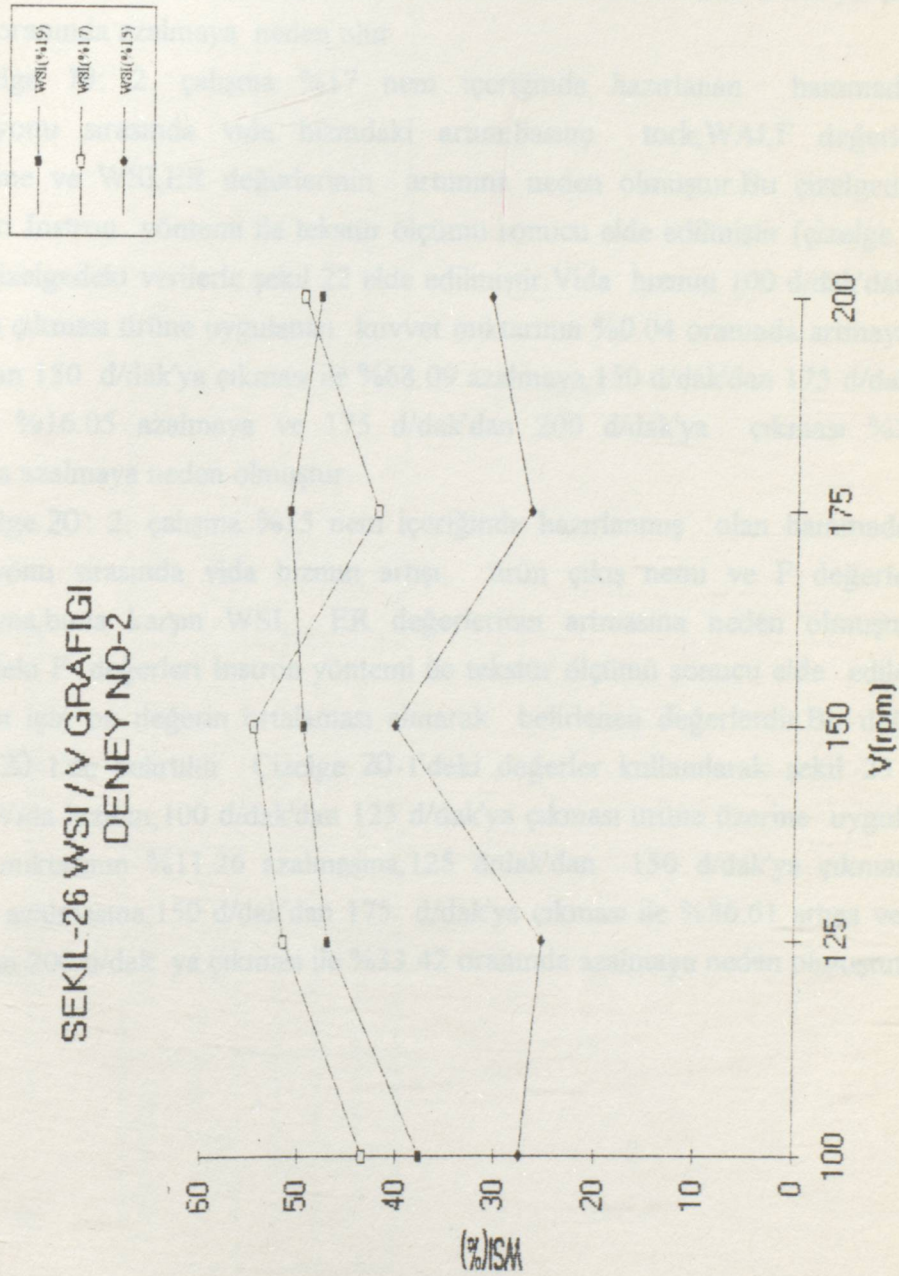
SEKIL-24 F / V GRAFIGI
DENEY NO-2(%15)



SEKIL-25 WAI / V GRAFIGI
DENEY NO-2



SEKIL-26 WSI / V GRAFIGI
DENENY NO-2



4.3. İkinci Çalışma Çizelge ve Şekillerinin İrdelenmesi

Çizelge 18: 2. çalışma %19 nem içeriğinde hazırlanan hammaddenin işlenmesi sırasında vida hızının artımı; basınç, tork, WAI, F değerlerinin düşmesine buna karşın ürün çıkış nemi WSI ve ER değerlerinde artışa neden olmuştur. Çizelge 18'deki F değerleri Instron yöntemi ile tekstür ölçümü sonucu elde edilmiştir. Bu değerler çizelge 18 -1'de belirtilmiştir. Bu çizelgedeki verilerden yola çıkılarak şekil 22 elde edildi. Vida hızının 100 d/dak'dan 125 d/dak'ya çıkması ürüne uygulanan kuvvet miktarının %26.85, 125 d/dak'dan 150 d/dak' ya çıkması %28.57, 150 d/dak'dan 175 d/dak'ya çıkması %20.27 ve 175 d/dak'dan 200 d/dak'ya çıkması %5.22 oranında azalmaya neden olur.

Çizelge 19: 2. çalışma %17 nem içeriğinde hazırlanan hammaddenin ekstrüzyonu sırasında vida hızındaki artım; basınç tork, WAI, F değerlerinin düşmesine ve WSI, ER değerlerinin artımına neden olmuştur. Bu çizelgedeki F değerleri Instron yöntemi ile tekstür ölçümü sonucu elde edilmiştir (çizelge 19 - 1). Bu çizelgedeki verilerle şekil 22 elde edilmiştir. Vida hızının 100 d/dak'dan 125 d/dak'ya çıkması ürüne uygulanan kuvvet miktarının %0.04 oranında artmaya, 125 d/dak'dan 150 d/dak'ya çıkması ile %68.09 azalmaya, 150 d/dak'dan 175 d/dak' ya çıkması %16.05 azalmaya ve 175 d/dak'dan 200 d/dak'ya çıkması %20.25 oranında azalmaya neden olmuştur.

Çizelge 20: 2. çalışma %15 nem içeriğinde hazırlanmış olan hammaddenin ekstrüzyonu sırasında vida hızının artışı; ürün çıkış nemi ve F değerlerinin azalmasına, buna karşın WSI, ER değerlerinin artmasına neden olmuştur. Bu çizelgedeki F değerleri Instron yöntemi ile tekstür ölçümü sonucu elde edilen ve her ürün için on değerlerin ortalaması alınarak belirlenen değerlerdir. Bu değerler çizelge 20-1'de belirtildi. Çizelge 20-1'deki değerler kullanılarak şekil 23 elde edildi. Vida hızının; 100 d/dak'dan 125 d/dak'ya çıkması ürüne üzerine uygulanan kuvvet miktarının %11.26 azalmasına, 125 d/dak'dan 150 d/dak'ya çıkması ile %62.89 azalmasına, 150 d/dak'dan 175 d/dak'ya çıkması ile %86.61 artışa ve 175 d/dak'dan 200 d/dak' ya çıkması ile %33.42 oranında azalmaya neden olmuştur. □

Çizelge 21.1. Formül 1,2,3 ekstrüzyon koşulları ve analiz sonuçları.

Ürün no	Besleme hızı	Vida hızı	Tork	Basınç	Ürün çıkış nemi	WAI	WSI	ER	F
	d/dak	d/dak	%	MPa	%	gr/gr	%		N/cm ²
						kuru madde			
Formül1	10	175	136	14.26	8.07	5.38	36.18	4.125	66.80
Formül2	10	175	75.85	8.7	7.19	5.87	38.82	3.165	15.37
Formül3	10	175	213.66	7.1	7.07	6.49	21.05	2.91	57.68

Çizelge 21.2. Formül 1,2,3 Instron yöntemi ile tekstür ölçüm sonuçları

Formül1	Formül2	Formül3
82.40	9.81	66.70
62.78	10.54	62.78
57.87	14.71	49.05
62.78	14.16	74.55
53.95	17.65	38.74
62.78	15.84	47.57
72.95	15.20	61.31
73.57	22.80	71.12
62.78	17.16	53.95
76.51	12.75	51.01

Formül 1(ort)=66.80 N/cm²

Formül 2(ort)=15.37 N/cm²

Formül 3(ort)=57.68 N/cm²

4.2.3. Formül 1,2,3 İçeriğindeki Ürünlerin Ölçüm Sonuçlarının İrdelenmesi

Çizelge 21.1. ve 21.1. incelenirse, su absorpsiyon indeksi değerinin en yüksek olduğu ürün formül 3'den elde ürün olduğu görülmektedir. Formül 2 ve 3'den elde edilen ürünlerin absorpsiyon indeksi değerleri ise birbirine oldukça yakındır.

Şişme oranı (ER) en yüksek olan ürün formül 2'den elde edilen ve nohut unu içeren üründür. Bu tip gıdalarda ekspansiyon oranının değeri üretilecek ürün çeşidine bağlı olarak değişir. Formül 1,2 ve 3'den elde edilen ürünlerin ekspansiyon oranı bu tip çerezler için oldukça uygundur.

Ürünün cm 'sine uygulanan kuvvet miktarı değerinin en düşük olduğu ürün formül 2'den üretilen üründür. Bu değer düşük olması, ürünün ağızda çiğnenirken daha az çiğneme kuvvetine ihtiyaç olduğunu gösterir. Formül 1 ve 2'den elde edilen ürünlerin $F(N/cm^2)$ değerleri, bu tip çerezler için oldukça uygundur. Yapılan duyuşsal analiz sonuçları gevreklik açısından en çok beğenilen ürünün mercimek unu içeren formül 1'den üretildiğini göstermiştir.

5.SONUÇ VE TARTIŞMA

Birinci ve ikinci ekstrüzyon çalışmalarında üretilen ürünlerde %nem,su absorbsiyon indeksi,suda çözünürlük indeksi genleşme oranı,Instron yöntemi ile tekstür ölçümü analizleri yapılmıştır.Bu analizler sonucunda elde edilen çizelge ve şekillerden,ürünlerin hangi ekstrüzyon koşullarında üretileceği belirlenmiştir. Birinci ve ikinci çalışmalar sonucu elde edilen çizelge ve şekiller incelendiğinde,her üç nem içeriğindeki (%19-17- 15) hammaddelerden üretilen ürünlerin cm 'sine uygulanan kuvvet ($F \text{ N/cm}^2$) miktarının artan vida hızı ile azaldığı bulunmuştur. $F \text{ (N/cm}^2\text{)}$ değerinin düşük olması üretilen ürün kalitesi açısından oldukça olumludur.Bu değerin düşük olması, ürün ağızda çiğnenirken daha az kuvvete ihtiyaç duyulmasının ve ürün gevrekliğinin bir göstergesidir. Çizelge ve şekiller incelendiğinde F değerinin vida hızının artımı ile düşmesi ürünümüzü yüksek vida hızında ($>150 \text{ d/dak}$) üretmemiz gerektiğini göstermiştir. Çalışmalar sırasında düşük hammadde besleme nemi (%15) içeriğinde çalışıldığında,ürün çıkış neminin de düşük olduğu bulunmuştur.Ürün çıkış neminin düşük olması gerek depolama sırasınca,gerekse kurutma süresinin kısaltılması açısından ürün kalitesini olumlu yönde etkilemiştir.

Ekstrüzyon sırasında basınç değerleri 3-15 MPa aralığında iken üretilen ürünlerin genleşme oranının (ER) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.Çerez tipi ekstrude gıdalarda genleşme oranının yüksek olması arzu edilen bir özellik olduğundan, düşük basınç değerleri ile çalışılmaya özen gösterilmiştir.

Bu bulgular elde edildikten sonra birinci ve ikinci çalışmaların karşılaştırılması yapılmıştır.Birinci çalışma koşullarında yüksek sıcaklıkta üretilen ürünlerin,ikinci çalışma koşullarında üretilen ürünlere oranla gevreklik ve pişme derecelerinin daha iyi olduğu bulunmuştur.

Yukarıdaki sonuçlardan yola çıkılarak en ideal ekstrüzyon koşulları şu şekilde belirlenmiştir:

Ekstruder bölge sıcaklıkları: $T = 150^\circ\text{C}$, $T = 180^\circ\text{C}$, $T = 180^\circ\text{C}$

Hammadde besleme hızı : $F = 10 \text{ d/dak}$

Besleme nem içeriği : $M = \%15$

Ekstruder vida hızı : $F = 175 \text{ d/dak}$

Ekstruder nozul boyutu : $r = 4 \text{ mm}$

Temel ekstrüzyon koşulları belirlendikten sonra,formül geliştirme aşamasına geçilmiştir.Bu amaçla üç ürün formülü geliştirilmiştir.Bu üç formül için ekstrüzyon koşulları olarak yukarıdaki koşullar kabul edilmiştir.

Yeşil mercimek unu ile hazırlanan hammaddeye gevreklik kazandırmak amacıyla belirlenen oranlarda mısır unu ve mısır nişastası eklenmiştir. Katkı maddeleri olarak tuz, kabartma tozu ve cheese burger baharatı ilave edilmiştir (formül 1)

Formül 2 ve formül 3'de belirlenen karışım oranlarında hazırlandıktan sonra, üç formül içeriğindeki hammaddeler ekstrude edilmiştir.

Her üç formülden elde edilen ürünlerde; %nem, su absorpsiyon indeksi, suda çözünürlük indeksi, genleşme oranı, %yağ, %protein, %nişasta, Instron cihazı ile tekstür ölçümleri yapılmıştır. Tekstür ölçümleri sonucunda elde edilen F (N/cm^2) değerlerinin birinci ve ikinci çalışmada elde edilen F (N/cm^2) değerlerine oranla çok daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Amilograf testi analizleri önce hammaddelerde, sonrada ürünler üzerinde yapılmıştır. Analiz sonucunda hammadde içeriğindeki nişastaların sıcaklık etkisi ile parçalanması sonucunda viskozite artımı gözlenmiştir. Üründe ise bu parçalanma (jelatinizasyon) işlemi ekstrüzyon sırasında meydana geldiğinden viskozite artımı gözlenmemiştir. Kaliteli bir ürün elde etmek için üründe jelatinize olmamış nişastanın kalmaması sonuçları olumlu yönde etkilemiştir.

Yapılan yağ analizleri sonucunda mercimek unu içeren formül 1 yağ içeriğinin diğer iki formüle oranla daha az olduğu bulunmuştur. Bu tip çerezlerde ürünün üzeri daha sonra aromalandırmak amacıyla yağ ile kaplandığından undaki yağ içeriğinin az olması tüketici sağlığı açısından olumlu bir sonuç olarak bulunmuştur.

Protein analizleri sonucu elde edilen değerlerden (formül 1 için %19.64, formül 2 için %14.04, formül 3 için %7.01) mercimek unu içeren ürünün protein değerinin oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. Ülkemizde bu tip çerezler mısır unu ile üretilmektedir ve protein değerleri formül 1'e oranla düşüktür. Aradaki bu fark protein analizleri sonuç çizelgesinde açıkça görülmektedir.

Mısır unu ile yapılan çalışmalarda, birinci ve ikinci çalışma sonucu elde edilen ürünlerde olduğu gibi nem içeriği artımının gevreklik azalmasına neden olduğu bulunmuştur. Nem artışının bir diğer olumsuz etkisi ürünün genleşme oranını azaltmasıdır (Chen et al, 1991).

Çalışmalar sırasında ölçülen su absorpsiyon indeksi değerleri besleme nemi artışı ile azalmakta, suda çözünürlük indeksi değerleri ise artmaktadır. Bu değerlerde görülen artış ve azalışlar mısır unu ile yapılan çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

Literatürler incelendiğinde,yüksek protein içerikli kahvaltılık hububatlarda protein içeriğinin %22 civarında olduğu belirtilmiştir.Bazı ürünlerin protein değerleri şöyledir:ekstrude mısır protein içeriği %8,ekstrude pirinç protein içeriği %6.6,corn flakes protein içeriği %8.2,buğday hububatı protein içeriği %15.8'dir (Geddes F.W.,1990). Üretilen mercimek unlu formül 1 protein içeriği ise %19.64'dür.

Nohut unu kullanılarak hazırlanmış olan formül 2 protein içeriği literatürlerdeki değerlerle karşılaştırıldığında,bu tip ürünlere oranla oldukça yüksektir. Mısır unu temelinde hazırlanmış olan formül 3 protein içeriği ise literatürlerdeki değerlere oldukça yakındır.

Ülkemizde piyasada bulunan çerez tipi gıdaların protein değerlerini ürünlerimizle karşılarırsak şu sonuçlar ortaya çıkar:Panço mısır cipsi protein içeriği %7.9,chee-tos çitirdak çerez protein içeriği %6.5,tombi fıstıklı çerez protein içeriği %15.05'dir.Bu değerler mercimek unu ile geliştirilen formül 1 ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Böylece yapılan çalışmada mercimek unu kullanılarak geliştirilen formülle yüksek protein içeren çerez ürünlerinin üretilebileceği gösterilmiştir.Yapılan fiziksel,kimyasal ve duyuusal testler de bu ürünlerin tüketici tarafından beğenildiği bulgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- 1-Anderson R.A.,Conway H.F.,Pfeifer V.,and Griffin E.L., 1969.Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion-Cooking.Cereals Science Today,14 (1):4-12
- 2-Chinnaswaym R.,and Hanna M.A.,1988.Relationship Beetween Amylose Content and Extrusion-Expansion Properties of Corn Stacrhes.Cereal Chemistry,65 (2):138-143
- 3-Flickinger B.,1991.The Market For Extruded Foods. Food Engineering Int'l,December:39-64
- 4-Hsieh F., Peng I.C.,and Huff H.E.,1990.Effects of Salt,Sugar and Screw Speed on Processing and Product Variables of Corn Meal Extruded with a Twin-Screw Extruder. Journal Of Food Science,55(1):224-227
- 5-Chen J.,Serafin F.L.,Pandya R.N.,and Daun H.,1991.Effect of Extrusion Conditions on Sensory Properties of Corn Meal Extrudates.Journal Of Food Science,56(1):84-89
- 6-Harper J.M.,1979.Food Extrusion,CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition,February:155-215
- 7-Mercier C.,and Peillet P.,1975.Cereal Chemistry,52(3):283- 297
- 8-Komolprasert V.,and Ofoli R.Y.,1990.Effect of Shear on Thermostable - amylase Activity.Lebensmittel Wiss. und Technol.,23:412-417
- 9-Levine L.,1988.Understanding Extruder Performance.Cereal Foods World.33(12):963-970
- 10-Hsieh Q.L.F.,Mulvaney S.J.,Tan J.,and Huff H.E.,1992. Dynamic Analysis of Process Variables for a Twin-Screw Food Extruder.Lebensm. u. Technol.,25(3):261-270
- 11-Martinez L.,Kondury K.P.,and Harper J.M.,1988.A General Model for Expansion of Extruded Products.Journal Of Food Science,53(2):609-615
- 12-Kauffman K.B.,and Hatch R.T.,1977.Shear Effects On Cell Viability During Extrusion of Semi-Moist Foods.Journal of Food Science,42(4):906-910
- 13-Tayeb J.,Vergnes B.,and Della Valle G.,1988.A Basic Model for a Twin-Screw Extruder.Journal of Foo Science,53(4): 1047-1056
- 14-Krukar J.R.,1980.Flavors and Colors in Extruded Snack Foods.Cereal Foods World,25(9):596-598

- 15-Lue S., Hsieh F., and Huff H.E., 1991. Extrusion Cooking of Corn Meal and Sugar Beet Fiber: Effects on Expansion Properties, Starch Gelatinization, and Dietary Fiber Content. *Cereal Chemistry*, 68(3):227-234
- 16-Breen M.D., Seyam A.A., and Banasik O.J., 1977. The Effect of Mill By-products and Soy Protein on the Physical Characteristic of Expanded Snack Foods. *Cereal Chemistry*, 54(4):728-736
- 17-Cheftel J.C., 1985. Nutritional Effects of Extrusion- Cooking Food Chemistry, 20:263-283
- 18-Bhattacharya M., Hanna M.A., and Kaufman R.E., 1986. Textural Properties of Extruded Plant Protein Blends. *Journal of Food Science*, 51(4):988-993
- 19-Likimani T.A., Maga J.A., and Sofos J.N., 1989. The Rate of Starch Hydrolysis in Extruded Corn/Soybean Products. *Lebensm.-Wiss. u. Techn.*, 23:226-228
- 20-Kumagai H., Kurihara H., and Kobayashi T., 1989. Pumping Characteristic of a Twin-Screw Extruder. *Agric. Biol. Chem.*, 54(2):407-412
- 21-Camire M.E., Camire A., and Krumhar K., 1990. Chemical and Nutritional Changes in Food During Extrusion. *Food Science and Nutrition*, 29(1):35-57
- 22-Miller R.C., 1988. Continuous Cooking of Breakfast Cereals. *Cereal Foods World*, 33(3):284-291
- 23-Della Valle G., Kozlowski P., Colonna P., and Tayeb J., 1989. Starch Transformation Estimated by the Energy Balance on Twin-Screw Extruder. *Lebens.-W. u. Tech.*, 22:279-286
- 24-Almeida-Dominguez H.D., Gomez M.H., Serra-Salvadir O., Vaniska R.D., Rooney L.W., and Lusas E.W., 1993. Extrusion Cooking of Pearl Millet for Production of Millet-Cowpea Weaning Foods. *Cereal Chemistry*, 70(2):214-219
- 25-Edwards N.M., Izydorczyk M.S., Dexter J.E., and Biliaderis G.C., 1993. Cooked Pasta Texture: Comparison of Dynamic Viscoelastic Properties to Instrumental Assessment of Firmness. *Cereal Chemistry*, 70(2):122-126
- 26-Chang K.L.B., and Halek G.W., 1991. Analysis of Shear and Thermal History During Co-Rotating Twin-Screw Extrusion. *Journal of Food Science*, 56(2):518-531
- 27-Hsieh F., Huff H.E., Lue S., and Stringer L., 1991. Twin-Screw Extrusion of Sugar Beet Fiber and Corn Meal. *Lebensm.-Wiss. u. Tech.*, 24:495-500

- 28-Tayeb J., Vergnes B., and Della-Valle G., 1988. Theoretical Computation of the Isothermal Flow Through the Reverse Screw Element of a Twin-Screw Extrusion Cooker. *Journal of Food Science*, 53(2):616-625
- 29-Kim C.H., and Maga J.A., 1987. Properties of Extruded Whey Protein Concentrate and Cereal Flour Blends. *Lebensm.-Wiss. u. Techn.*, 20(6):311-318
- 30-Lawton J.W., Davis A.B., and Behnke K.C., 1985. High-Temperature, Short-Time Extrusion of Wheat Gluten and a Bran-Like Fraction. *American Association of Cereal Chemistry*, 62(4):267-271
- 31-Weihrach J.L., and Matthews R.H., 1977. Lipid Content of Selected Cereal Grains and Their Milled and Baked Products. *Cereal Chemistry*, 54(3):444-453
- 32-Hsieh F., Peng I.C., Clarke A.D., Mulvaney S.J., and Huff H.E. Restructuring of Mechanically Deboned Turkey by Extrusion Processing Using Cereal Flours as the Binder. *Lebensm.-Wiss. u. Techn.*, 24:139-144
- 33-Artz W.E., Warren C., and Villota R., 1990. Twin-Screw Extrusion Modification of a Corn Fiber and Corn Starch Extruded Blend. *Journal of Food Science*, 55(3):746-754
- 34-Likimani T.A., Sofos J.N., Maga J.A., and Harper J.M., 1991. Extrusion Cooking of Corn/Soybean Mix in Presence of Thermostable α -Amylase. *Journal of Food Science*, 56(1):99-108
- 35-Jeunink J., and Cheftel J.C., 1979. Chemical and Phycochemical Changes in Field Bean and Soybean Proteins Texturized by Extrusion. *Journal of Food Science*, 44:1322-1325
- 36-Bhattacharya M., and Hanna M.A., 1988. Effect of Lipids on the Properties of Extruded Products. *Journal of Food Science*, 53(4):1230-1231
- 37-Colonna P., Tayeb J., and Mercier C., 1989. Extrusion Cooking of Starch and Starhy Products. *Food Extrusion*, 247-321
- 38-Harper J.M., 1989. Food Extruders and Their Applications. *Food Extrusion*, 1-13
- 40-Chiang B.Y., and Johnson J.A., 1977. Gelatinization of Starch in Extruded Products. *Cereal Chemistry*, 54(3): 436-443

ÖZGEÇMİŞ

ADI : BERNA
SOYADI : YAĞCI
DOĞUM TARİHİ : 02/04/1967
DOĞUM YERİ : İSTANBUL
MEDENİ HALİ : BEKAR
ADRES : AKIN SOK. NO: 4/9
ŞAŞKINBAKKAL / İSTANBUL

EĞİTİM :

ORTA ÖĞRETİM : F.M.V. ÖZEL IŞIK LİSESİ
YÜKSEK ÖĞRENİM : YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

