

**EKSTRÜZYON PROSESİNİN BAKLA EKSTRÜDE  
ÜRÜNLERİNİN BESİNSEL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**SULTAN DAMLA BİLGİLİ**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
OCAK – 2016**

**EKSTRÜZYON PROSESİNİN BAKLA  
EKSTRÜDE ÜRÜNLERİNİN BESİNSEL  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**SULTAN DAMLA BİLGİLİ**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Doç. Dr. Aylin ALTAN METE**

**MERSİN  
OCAK – 2016**

Sultan Damla BİLGİLİ tarafından Doç. Dr. Aylin ALTAN METE danışmanlığında hazırlanan “Ekstrüzyon Prosesinin Bakla Ekstrüde Ürünlerinin Besinsel Özellikleri Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ



Doç. Dr. Aylin ALTAN METE



Yrd. Doç. Dr. M. Tuğrul MASATCIOĞLU



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15./01./2016 tarih ve 2016.2...../...126..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

## EKSTRÜZYON PROSESİNİN BAKLA EKSTRÜDE ÜRÜNLERİNİN BESİNSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

### SULTAN DAMLA BİLGİLİ

#### ÖZ

Bakla (*Vicia Faba L.*) yüksek protein içeriğine sahip gıda ve yem olarak kullanılan besleyici bir bakliyat türüdür. Baklanın kullanımı antibesinsel faktörlerin varlığından dolayı sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, çerez gıda üretimi için tarhana formülasyonu ile fermente edilen bakla unlarını değerlendirmek ve ekstrüzyon prosesinin ekstrüde gıdalarda toplam nişasta, *in vitro* nişasta ve protein sindirilebilirliği, toplam, çözünür ve çözünmeyen diyet lifi, fitik asit ve kondanse tanen miktarlarına etkilerini incelemektir. Bakla unu 37°C de 6 sa fermente edilmiş ve sonra 55°C de 24 sa havalı kurutucu ile kurutulmuştur. Kurutulan karışım %18 nem içeriğinde beş ısıtma bölgesi (40-50-70-90-100°C) ve dairesel bir kalıpla (4 mm) çift vidalı bir ekstrüder ile ekstrüde edilmiştir. Besleme hızı 2,5 kg/sa olacak şekilde sabit tutulmuştur. Deney tasarımı için kalıp sıcaklığı (130-150°C), vida hızı (300-500 devir/dk) ve gam oranı (%1-4) faktörleriyle iki düzeyde üç yönlü faktöriyel deney tasarımı kullanılmıştır. ANOVA sonuçları kalıp sıcaklığı ve vida hızının nişasta sindirilebilirliğine etkisinin önemli olduğunu ama gam miktarının nişasta sindirilebilirliğini önemli oranda etkilemediğini göstermiştir. Bakla unu *in vitro* nişasta sindirilebilirliği 145.2 mg maltoz/g (kb)'dır. Fermente bakla unu karışımlarının nişasta sindirilebilirliği 155,4-171,0 mg maltoz/g (kb) aralığındayken ekstrüde ürünler için nişasta sindirilebilirliği 311,0-450,0 mg maltoz/g (kb) aralığındadır. Ekstrüzyon prosesi ekstrüde ürünlerin nişasta sindirilebilirliklerini ekstrüde olmayan hammaddelerle karşılaştırıldığında önemli derecede artırmıştır. Ekstrüde ürünlerin toplam diyet lif miktarları %20,68-24,37 aralığındadır. Ekstrüzyon proses koşullarının ve gam miktarının toplam diyet lifleri üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ekstrüde ürünler için çözünür diyet lif miktarı %4.0-7.62 aralığında değişirken, çözünmeyen diyet lif miktarı %14.89-18.02 aralığındadır. Çözünür diyet lifi için gam miktarı ve kalıp sıcaklığının etkisi önemlidir. Gam miktarı ve vida hızı ekstrüdelerin çözünmeyen diyet lif miktarlarını önemli derecede etkilemiştir. Örneklerin protein sindirilebilirlikleri kalıp sıcaklığı ve vida hızından etkilenmiştir. Bakla unu fitik asit miktarı 14.41 mg fitat/g (kb) iken, ekstrüdelerin fitik asit miktarları 9.43-8.05 mg fitat/g (kb) aralığında bulunmuştur. Ekstrüzyon kondanse tanen miktarlarını azaltmıştır. Bu sonuçlar, fermente bakla unundan besinsel profili geliştirilmiş ekstrüde gıdaların üretiminin mümkün olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekstrüzyon, Bakla Unu, Besinsel Özellikler, Diyet Lifi

**Danışman:** Doç. Dr. Aylin ALTAN METE, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

## THE EFFECT OF EXTRUSION PROCESS ON NUTRITIONAL PROPERTIES OF THE FABA BEAN EXTRUDED PRODUCTS

SULTAN DAMLA BILGILI

### ABSTRACT

Faba bean (*Vicia Faba L.*) is a nutritious high protein legume species for uses of both food and feed. The use of faba bean has been limited due to presence of antinutritional factors. The objective of this study was to evaluate fermented faba bean flour using tarhana formulation for production of snack foods and to investigate the effect of extrusion process on total starch, *in vitro* digestibility of starch and protein, total, soluble and insoluble dietary fiber, phytic acid and condensed tannin contents of extruded foods. Faba bean flour was fermented at 37°C for 6 h and subsequently dried in a forced air drier at 55°C for 24 h. Dried mixture was extruded at 18% moisture content in a co-rotating twin screw extruder with five heating zones (40-50-70-90-100°C) and a circular die (4 mm). The feed rate was kept as constant at a value of 2.5 kg/h. Three way factorial design at two levels was used for experimental design with factors of die temperature (130-150°C), screw speed (300-500 rpm) and gum level (1-4%). ANOVA results showed that die temperature and screw speed had a significant effect on starch digestibility whereas gum content did not affect significantly starch digestibility. *In vitro* starch digestibility of faba bean flour was 145.2 mg maltose/g sample (d.b.). Starch digestibility of fermented faba bean flour blends was in the range of 155.4 to 171.0 mg maltose/g sample (d.b.) while starch digestibility was between 311.0 and 450.0 mg maltose/g sample (d.b.) for extruded bean products. Extrusion process increased significantly starch digestibility of extrudates when compared to the unextruded raw material. Total dietary fiber content of extrudates ranged from 20.68 to 24.37%. Extrusion processing conditions and gum level had a significant effect on total dietary fiber content. Soluble dietary fiber content changed from 4.0 to 7.62% while insoluble dietary fiber was in the range of 14.89 to 18.02% for extruded products. The effect of gum level and die temperature was significant for soluble dietary fiber. Gum level and screw speed significantly affected insoluble dietary fiber content of extrudates. Protein digestibility of samples was affected by die temperature and screw speed. Phytic acid of faba bean flour was 14.41 mg phytate/g sample (d.b.) while phytic acid of extrudates was found in the range of 9.43 to 8.05mg phytate/g sample (d.b.). Extrusion decreased condensed tannin content of extrudates. These results suggest that it is possible to produce extruded foods from fermented faba bean flour with improved nutritional profile.

**Key Words:** Extrusion, Faba Bean Flour, Nutritional Properties, Dietary Fiber

**Advisor:** Assoc. Prof. Aylin ALTAN METE, Mersin University, Department of Food Engineering.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü konuda değerli görüş ve tecrübelerini benimle paylaşan, yardımını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Aylin ALTAN METE'ye sabrı ve özverisi için en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmanın yürütülmesine sağladığı imkanlardan dolayı Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ'e ve Gıda Mühendisliği Bölümü akademik personeline,

Çalışma kapsamında ekstrüde ürünlerinin üretilmesi amacıyla verdiği destek ve yardımlarından dolayı Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü akademik personeli Sayın Yrd. Doç. Dr. Sibel YAĞCI'ya,

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Arş. Gör. Sema AYDIN ve Arş. Gör. Faruk DOĞAN'a,

Bilimsel ve manevi olarak her türlü yardım ve destekleriyle yanımda olan, aramızda takım ruhunu sürekli yaşattığımız yüksek lisans öğrencileri Elif ATAY ve Özge ÖZMEN'e,

Çalışmam süresince her daim destek olan doktora öğrencisi Özge DURKAN'a ve yüksek lisans öğrencileri Betül YAPICI, Sümeyye İNANOĞLU ve Musa KAYAR'a,

2015-TP2-1161 kodlu araştırma projesi olarak destek sağladığı için Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

1130451 no'lu araştırma projesi olarak destek almasını sağladığı için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurulu (TÜBİTAK) 'na,

Bugüne kadar her zaman yanımda olan, yardımlarını, desteklerini ve sonsuz sevgilerini esirgemeyen, beni ben yapan; babam Yüksel BİLGİLİ, annem Necla BİLGİLİ ve kardeşlerim Seda BİLGİLİ ve Talha BİLGİLİ 'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1. BAKLA .....	3
2.1.1. Baklanın Besin Değeri ve Bileşimi.....	5
2.1.2. Baklanın Gıda Endüstrisi ve Diğer Endüstrilerde Kullanımı .....	6
2.2. TARHANA .....	7
2.3. EKSTRÜZYON TEKNOLOJİSİ .....	8
2.4. BAKLADA BULUNAN MAKRO BESİNLER.....	12
2.4.1. Diyet Lif.....	12
2.4.2. Nişasta ve Nişasta Sindirilebilirliği .....	15
2.4.3. Protein ve Protein Sindirilebilirliği.....	17
2.4.4. Antibesinsel Faktörler.....	18
2.4.4.1. Kondanse Tanenler.....	18
2.4.4.2. Fitik Asit .....	19
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>22</b>
3.1. MATERYAL.....	22
3.1.1. Hammadde .....	22
3.1.2. Kimyasallar .....	22
3.2. HAMMADDE HAZIRLAMA .....	22
3.3. EKSTRÜDE ÜRÜNLERİN ÜRETİLMESİ .....	23
3.4. ÜRÜNLERE UYGULANAN ANALİZLER.....	24
3.4.1. Kullanılan Ana Hammaddelerin Bileşim Analizleri.....	24
3.4.2. Nem Tayini .....	25
3.4.3. Toplam Nişasta Analizi .....	25
3.4.4. <i>In Vitro</i> Nişasta Sindirilebilirliği .....	25

3.4.5. Toplam, Çözünür ve Çözünmeyen Diyet Lif Analizi .....	26
3.4.6. <i>In Vitro</i> Protein Sindirilebilirliği.....	27
3.4.7. Fitik Asit Analizi .....	27
3.4.8. Kondanse Tanen Analizi.....	28
3.5. İSTATİKSEL ANALİZ.....	29
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>30</b>
4.1. HAMMADDE BİLEŞİM ANALİZ SONUÇLARI .....	30
4.2. TOPLAM NIŞASTA VE NIŞASTA SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ .....	31
4.3. DİYET LİF .....	35
4.4. PROTEİN SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ .....	40
4.5. FİTİK ASİT .....	44
4.6. KONDANSE TANEN .....	47
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ.....</b>	<b>62</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye’de kuru baklagil üretim miktarları .....	5
Çizelge 2.2. Yemeklik tane baklanın kimyasal bileşimi .....	6
Çizelge 3.1. Ekstrüzyon için hazırlanan ürün formülünde kullanılan hammadde oranları .....	23
Çizelge 3.2. Ekstrüzyon prosesi için 2 <sup>3</sup> faktöriyel deney tasarımı.....	24
Çizelge 4.1. Bakla unu, yoğurt ve hazırlanmış bakla tarhanalarının genel bileşim analizleri.....	30
Çizelge 4.2. Ürünlerin toplam nişasta miktarları .....	31
Çizelge 4.3. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin in vitro nişasta sindirilebilirlik miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları..	34
Çizelge 4.4. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin toplam diyet lif miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları .....	36
Çizelge 4.5. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin çözümlü diyet lif miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları .....	37
Çizelge 4.6. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin çözünmeyen diyet lif miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları .....	40
Çizelge 4.7. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin in vitro protein sindirilebilirlik miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları...	43
Çizelge 4.8. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin fitik asit miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları .....	46
Çizelge 4.9. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin kondanse tanen miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları .....	49

## **ŞEKİLLER DİZİNİ**

Şekil 2.1. Bakla .....	4
Şekil 2.2. Ekstrüder çeşitleri: a) Tek vidalı ekstrüder, b) Çift vidalı ekstrüder .....	11
Şekil 2.3. Diyet lif kompozisyonu ve ilişkilendirilen birleşikler .....	13
Şekil 2.4. Fitik asitin kimyasal yapısı .....	20
Şekil 4.1. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisi .....	33
Şekil 4.2. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin diyet lif miktarları üzerine etkisi .....	38
Şekil 4.3. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin protein sindirilebilirliği üzerine etkisi .....	41
Şekil 4.4. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın fitik asit miktarı üzerine etkisi .....	44
Şekil 4.5. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın kondanse tanen miktarı üzerine etkisi.	47

## **SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**

mL	: Mililitre
µL	: Mikrolitre
nm	: Nanometre
kb	: Kuru bazda
mg	: Miligram
GO	: Gam oranı
VH	: Vida hızı
DMSO	: Dimetil sülfoksit
<i>p</i>	: Olasılık değeri

## **1.GİRİŞ**

Dünyamızın gittikçe artan nüfusu ve birçok ülkede görülen farklı yemek alışkanlıklarının oluşması, insanları beslenme konusunda daha bilinçli seçimler yapmak zorunda bırakmıştır. İnsanlar yeterince besin almalarına karşın, uygun seçim yapamadığı ya da yanlış pişirme yöntemini uyguladığı zaman sağlıklı yaşam için gerekli besin öğelerinin bazılarını alamamaktadır. Yetersiz beslenme bugün insanlığın en büyük sorunlarından biri olarak devam etmekte ve sorunu çözüme götürecek ciddi ve yeterli tedbirler alınmamaktadır. Gıdalarla alınan bitkisel liflerin yetersizliğinin yol açtığı birçok hastalık mevcuttur. Bunların başında kolon kanseri, divertiküloz, kabızlık ve şişmanlık başta olmak üzere şeker hastalığı ve kalp damar rahatsızlığı gibi bir takım hastalıklar gelmektedir. Bu tarz hastalıkların yaygınlaşması insanları daha bilinçli beslenmeye zorlamış ve bunun sonucu olarak da diyet lifçe zengin gıdalara olan ilgi artmıştır. Baklagiller; protein, vitamin ve minerallerin iyi kaynakları olarak, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, insan beslenmesinde önemli bir yer işgal etmeye devam etmektedir.

Bilinen geleneksel gıda işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında üretim maliyetlerinin daha düşük olması, çok çeşitli ürünler elde edilmesi, hammaddenin tamamının değerlendirilmesi ve çok yönlü bir üretim tekniği olması dolayısıyla ekstrüzyon, baklagillerin işlenmesinde kullanılabilir avantajlı bir yöntemdir. Ülkemizin beslenme alışkanlıkları içinde önemli bir yere sahip olan kuru baklagillerin yapısında da önemli miktarda sağlığa yararlı gıda bileşenlerinin olduğu bilinmektedir. Kuru baklagillerden biri olan baklada yüksek protein ve diyet lif içeriğine sahiptir. Önemli miktarlarda protein, karbonhidrat, vitamin ve mineralleri içeren ekonomik bir kaynak ve besinsel bir potansiyel olmasına karşın bakladan yararlanma oranı antibesinsel bileşiklerden dolayı sınırlıdır. Bunlar fitik asit, kondense tanen, proteaz inhibitörleri (tripsin ve kimotripsin) ve lektinler olup proteinin besinsel kalitesini düşürücü etki yaparak baklanın tüketilebilme potansiyelini azaltıcı etkiye sahiptirler [Deshpande ve Damodaran, 1989].

Bu çalışmada, tarhana formülasyonu kullanılarak fermente edilmiş bakla unlarından ekstrüzyon yöntemi ile üretilen çerez tipi ürünlerde, ekstrüzyon prosesinin ürünlerin besinsel ve antibesinsel özelliklerine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ekstrüzyon prosesi yüksek protein ve lif içeriğine sahip bakla

çerezlerinin üretilmesine potansiyel sağlamanın yanında ürünlerin besinsel, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesine imkan sağlamaktadır. Tez sonucunda elde edilen bulguların bakla besinsel yararlarının ortaya konulmasında, tüketiminin teşvik edilmesinde ve bakladan üretilen çerez tipi gıdaların elde edilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Baklagiller *Leguminosae* familyasından yenilebilir olgunlaşmış bitkilerin tohumlarıdır [Isely, 1982]. Olgunlaşmış baklagil taneleri; protein, nişasta, selüloz ve minerallerce zengin kaynaklardır. Baklagiller tahılların iki-üç katı fazla (%18-31,6 oranında) protein içermesinden ötürü, insan beslenmesinde özel bir yeri vardır. Et ve balık proteinlerine karşı iyi bir alternatiftir. Ucuz olmasının yanı sıra, kuru baklagiller uzun süre bozulmadan taşınıp, depolanabilmektedir. Beslenme ile ilgili olarak, hayvansal proteinlerin yerine kullanılmasıyla “fakirin eti” ifadesi kullanılmaktadır [Aykroyd vd., 1982]. Gelişmekte olan ülkelerde de düşük proteinli ve yüksek enerjili besinlerin eksikliklerini giderici olarak tüketilmektedir [Şehirli, 1988].

### 2.1. BAKLA

İnsan beslenmesinde önemli yeri olan bakla, özellikle içerdiği yüksek proteinden dolayı önemli bir yemeklik baklagil bitkisidir. Bakla, kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*), bezelye (*Pisum sativum L.*) ve nohuttan (*Cicer arietinum L.*) sonra dünyanın dördüncü en önemli kuru baklagilidir. Bakla özellikle insanlar tarafından tüketilerek az gelişmiş ülkelerde ve kırsal topluluklardaki diyetlerde önemli bir protein kaynağıdır [Saxena ve Stewart, 1983]. Yüksek protein içeriğinin yanı sıra yapısında önemli miktarda fonksiyonel besin ögesi olan kompleks karbonhidratları da içermektedir [Duc, 1997; Elsheikh, 1999]. Baklagillerde karbonhidratlar; suda çözünen bileşikler (şekerler ve pektinler) ve suda çözünmeyen bileşikler (nişasta ve nişasta tabiatında olmayan polisakkaritler, hemiselüloz ve selüloz gibi) olarak 2 gruba ayrılabilirler. Baklagillerdeki toplam karbonhidrat %24'den %68'e kadar değişebilmektedir [Reddy vd., 1984]. Nişasta baklagil karbonhidratları arasında en bol bulunanı olup, miktarı genellikle baklagil çeşidine bağlı olarak %24.0–56.5 arasında değişmektedir [Aykroyd vd., 1982; Reddy vd., 1984].



Şekil 2.1. Bakla [LIS, Legume Information System]

Bakla, Türkiye yemeklik tane baklagiller içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından dördüncü sırada yer almaktadır. Ülkemizin taze bakla üretim miktarı 44 000 ton olup, çoğunlukla Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgesinde yetiştirilmektedir. Taze bakla üretiminin en fazla olduğu iller Mersin, Antalya, Aydın, İzmir, Hatay ve Bursa'dır. Ülkemizde geleneksel yöntemlerle yetiştirilen bakla, taze sebze tüketiminde kullanılmakta ve artan miktar kuru tane olarak değerlendirilmektedir. Bakla ülkemizde üzerinde çok yoğun olarak çalışılmayan bir yemeklik tane baklagil türüdür [Anonymous, 2004]. Yemeklik baklagiller insan beslenmesinde bitkisel proteinin ana kaynağını oluşturmaktadır, bundan dolayı dünya ve ülkemiz için çok önemlidirler. Çizelge 2.1'de Türkiye'de üretilen kuru baklagillerin miktarları verilmiştir.

Ülkemizde bakla üretimi daha çok küçük aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır, hala bu bitkinin yetiştiriciliği ve ıslahı ile ilgili araştırmalar devam etmektedir [Pekşen vd., 2006].

Çizelge 2.1. Türkiye’de kuru baklagil üretim miktarları [TÜİK, 2013]

Ürünün cinsi	Üretim miktarı (ton)	%
Bakla (Yemeklik)	7.818	0,68
Bakla (Hayvan yemi)	10.008	0,87
Bezelye	3.235	0,28
Nohut	506.000	44,34
Kuru fasulye	195.000	17,08
Mercimek (Kırmızı)	395.000	34,61
Mercimek (Yeşil)	22.000	1,92
Börülce	2.112	0,18
Toplam	1,141.173	100

Bakla (*Vicia faba L.*) dünyanın en önemli baklagil bitkilerinden birisidir. Ülkemizde 2014 yılında bakla üretimi yapılan alan 59 114 dekar, toplam üretim 14 927 tondur [TÜİK, 2014]. Dünyanın %65 oranında bakla üretimden Çin sorumludur. Bunun yanında Etiyopya, Mısır, Fas, ve İngiltere de dünyanın önemli bakla üreticileridir. Tane baklagiller gibi yetiştirilen baklanın *Vicia faba var. ekuina* ve *Vicia faba var. minör* cinsleri mevcuttur. Bakla kışlık veya yazlık olarak yetiştirilebilir. Kışlık yetiştirilen tipleri genellikle *Vicia faba var.* türüne aittir [Knott vd., 1994]. *Vicia faba var.* yaygın olarak bilinen bakla bitkisidir ve yeşil olarak hasat edilip bitkisel ürün olarak tüketilirler.

#### 2.1.1. Baklanın Besin Değeri ve Bileşimi

Genel olarak sağlıklı yetişkin bir insanın günlük protein ihtiyacı; vücut ağırlığının gram cinsinden değeri kadardır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre kişi başı günlük protein tüketiminin %60’ı bitkisel, %40’ı hayvansal kaynaklı olursa kaliteli ve dengeli bir beslenme bahsedilebilir. Türkiye’de bu oranlar %80 bitkisel ve %20 hayvansal kaynaklı şeklindedir. Yemeklik baklagiller insan beslenmesinde bitkisel proteinin ana kaynağını oluşturmaktadır, bundan dolayı dünya ve ülkemiz için çok önemlidirler. Çizelge 2.2’de yemeklik tane baklanın kimyasal bileşimi verilmiştir.



Çizelge 2.2. Yemeklik tane baklanın kimyasal bileşimi [Akdağ, 2001]

Enerji değeri (kal)	322
Ham protein (%)	22,0
Yağ (%)	0,5
Karbonhidrat (%)	57,3
Ca (mg/kg)	280
Fe (mg/kg)	7,6
P (mg/kg)	390
B1 (mg/kg)	0,42
B2 (mg/kg)	1,20
Niasin (mg/kg)	1,5

Baklanın içeriğine bakıldığında yaklaşık %22 protein ve %58 karbonhidrat içeriğine sahip olduğu [Akdağ, 2001]; ayrıca sağlık açısından yararlı elzem amino asitlerden lizin, diyet lif ve mineral içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir [USDA, 2011].

#### 2.1.2. Baklanın Gıda Endüstrisi ve Diğer Endüstrilerde Kullanımı

İnsan ve hayvan beslenmesinde gerekli olan protein ihtiyacının daha ucuz olarak temin edilmesinde tane baklagiller tüm dünyada önem taşımaktadırlar. Tane baklagiller gelişmemiş ülkeler için ucuz bir protein kaynağı ve gelişmiş ülkeler için ise kolesterol olmadığından dolayı sağlıklı bir gıda sayılır. Bu yüzden tane baklagillerin önemi günden güne artmaktadır. Ama maalesef bugüne kadar tahıllara göre tane baklagillerin üzerinde çok az araştırma yapılmıştır [Malik, 1994].

Bakla, köklerindeki nodoziteler ve kazık kökleri vasıtası ile toprak ıslahında ve nöbetleşe ekimde büyük öneme sahiptir. Baklanın yeşil gübre olarak toprak verimliliğinin artırılmasında büyük önemi vardır ve bu amaçla kışlık olarak yetiştirilen bitkilerin başında gelmektedir. İnsan diyetlerinde tohum kısmı tüketilen baklanın kabuk kısmının hayvan yemi olarak kullanılması da yaygındır [Akçin, 1988; Özdemir, 2002]. Bakla gibi yüksek protein içeriğine sahip bitkiler diğer bitki bazlı gıdalar ile kombine edilerek tüketilen yemeğin protein kalitesinin ve miktarının artırılmasını sağlarlar. Vücut dokularının büyümesi ve onarımı için gerekli olan bazı

temel amino asitleri içeren bakla bitkisi tüketimi et tüketiminin az olduğu gelişmekte olan ülkelerde teşvik edilmiştir [Jensen vd., 2010]. Baklagil tanelerinin ununun yeni gıda ürünlerinin formülasyonlarında; geleneksel gıdalardaki hayvansal proteinin yerine kullanımı bir çok araştırmada dikkati çeken bir noktadır [Idouraine vd., 1991; Eke ve Akobundu, 1993; Gujska vd., 1991; Aluko ve Yada, 1995]. Duyusal olarak kalite ve besin değerine ilaveten baklagil tohumlarının unu ve proteininin gıda formülasyonlarındaki kabul edilebilirliği, gıda sistemlerindeki fonksiyonel özelliklerden kaynaklanmaktadır [Naczk vd., 1986]. Sonuç olarak baklagil unu ve proteininin fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesi bunların gıda katkı maddesi olarak kullanılmasında önem arz etmektedir.

## 2.2. TARHANA

Tarhana geleneksel fermente bir gıdadır [Hesseltine, 1979]. Genellikle fermentasyon son derece kabul edilebilir lezzetli, güvenli ve çok besleyici olan düşük maliyetli ürünlerin hazırlanması amacıyla hizmet eder [Economidou ve Steinkraus, 1983]. Tarhana geleneksel olarak buğday unu ile yoğurdun birlikte fermente edildikten sonra kurutulup öğütülmesiyle elde edilen bir gıda maddesidir. Tarhana üretiminde yoğurt ile birlikte tuz, biber, soğan, domates ile değişik tat ve aroma maddeleri kullanılmaktadır [Koca ve Tarakçı, 1997]. Fermentasyonla ürünün tat, aroma, yapı ve renk özelliklerinin istenilen şekle dönüşebildiği, protein kalitesi ve sindirilebilirliğinin arttığı belirtilmektedir. Tarhana laktik asit fermentasyonu ile üretilmektedir. Laktik asit fermentasyonunun gerçekleşmesi için tarhananın birleşimine yoğurt eklenmektedir. Fermentasyon yoğurt bileşiminde yer alan *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbruckii subsp. bulgaricus* bakterileri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bazı yörelerimizde tarhananın bileşimine ekmeke mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) da eklenmektedir [Siyamoğlu, 1961; Özdemir vd., 2007]. Mayanın kullanılmasının fermentasyon süresini kısalttığı ve tarhananın tat ve koku özellikleri üzerinde olumlu etkiler yarattığı bildirilmektedir [Temiz ve Pirkul, 1991]. Bununla birlikte laktik asit fermentasyonunun yanı sıra etil alkol fermentasyonu da gerçekleşmektedir ve ürünlerde oluşan laktik asit, etil alkol ve CO<sub>2</sub> ile tarhanaya özgü tat ve aroma veren organik asit, aldehit, keton ve diğer

fermentasyon ürünleri oluşmaktadır [Temiz ve Pirkul, 1991; Çopur vd., 2001]. Literatürde tarhana üretiminde buğday ununa karıştırılmış mısır unu, arpa gibi tahıllar ile bazı baklagillerin karışımı üzerine çalışmalar bulunmaktadır [Koca ve Tarakçı, 1997; Erkan vd., 2006; Türker, 1991]. Ülkemizde daha çok ev yapımı olan tarhanalar tüketilmektedir ama endüstri boyutunda tarhana üretimi modern kurutma teknikleri kullanılarak büyük bir potansiyele sahiptir [İbanoglu ve Maskan, 2002]. Fermentasyon sırasındaki hidrolitik değişimler ürünün fonksiyonel ve duyuşal özelliklerinde değişikliklere sebep olabilmektedir. Mineral maddelerin miktarında fermentasyon sonucunda bir değişim gözlenmezken emilimlerin ve tahıllarda B grubu vitamin (B12, folik asit, riboflavin, pantotenik asit) içeriğinin arttığı belirtilmektedir [Aytuna ve Aran, 2002]. Fermentasyonun tahıllarda bulunan antibesinsel faktörlerin miktarını azalttığı da dikkate alınır, tarhanadaki fermentasyonunda benzer etkiler gerçekleştirebileceği söylenebilir. Bu nedenlerle tarhananın diyetlerinde vitamin eksikliği bulunan ve gıdaların vitaminlerle zenginleştirilmediği gıda endüstrilerine sahip ülkelerde beslenme açısından da önem taşıdığı belirtilmektedir [Wang ve Hesseltine, 1981; Özbilgin, 1983].

### 2.3. EKSTRÜZYON TEKNOLOJİSİ

Ekstrüzyon ile pişirme teknolojisi, diğer geleneksel gıda üretim yöntemleriyle karşılaştırılınca birçok avantaja sahip olmasından dolayı özellikle hububat içerikli çerez tipi veya benzeri gıdaların üretiminde uzun süreden beri popülerliğini korumaktadır. Ekstrüderlerin ürünleri olan tahıllar nişasta bakımından zengindir. Son üründe arzu edilen genişmiş yapı ve tekstürün sağlanmasında ana madde olan nişastanın rolü önemli bulunmaktadır [Moore, 1999]. Nişasta oranları fazla olan hububatlar ekstrüde çerez tipi gıdaların üretiminde başlıca hammadde olarak kullanılmaktadır [İbanoglu, 2006].

Tüketime hazır ürünlerde, proses sırasında ürüne yüksek ısı ve basınçla verilen enerjinin etkisiyle üründe fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Nişasta jelatinizasyonu, protein denatürasyonu ve genişleme bu değişikliklerin bazılarıdır [Guy, 2001]. Ekstrüzyon, başlangıçta nem miktarı oldukça az olan materyale su ilave ederek esneklik kazandırıp son aşamada ürünün

genleşmesini sağlayan aynı zamanda nişastayı jelatinize, proteinleri denatüre ve enzimleri de inaktive eden tek prosestir. Ayrıca istenmeyen aromayı uzaklaştırmada ve nişastanın modifikasyonunda da ısısal bir işlem olarak kullanılabilir. Gıda materyallerini işlemede ekstrüderleri kullanmanın birçok faydaları vardır [Ainsworth ve İbanoğlu, 2006]. Ekstrüde ürünler tüketilmeye hazır ve uzun raf ömrüne sahip oldukları için toplumda popülerdirler. Ekstrüzyonu diğer geleneksel proseslerden ayıran özellikler düşük nem içeriklerinde kullanılabilmesi ve sürekli bir proses olmasıdır. Ekstrüderler farklı şekil, boyut ve tekstürde ürünler üreten makinelerdir [Guy, 2001]. Endüstriyel olarak üretilen gıda maddelerine, ekstrüzyonla pişirme tekniği sayesinde istenen tekstür, şekil ve rehidrasyon karakteristikleri kazandırılmaktadır. Başlangıçta nişastaları jelatinize etmek için ekonomik bir metot olarak geliştirilen ekstrüderler son yıllarda diğer endüstriyel pişirme metotlarının tersine azalan üretim maliyetleri yanında kapasite artışı ile birlikte geniş bir gıda grubunu işlemek için kullanılmaktadır [Harper, 1989].

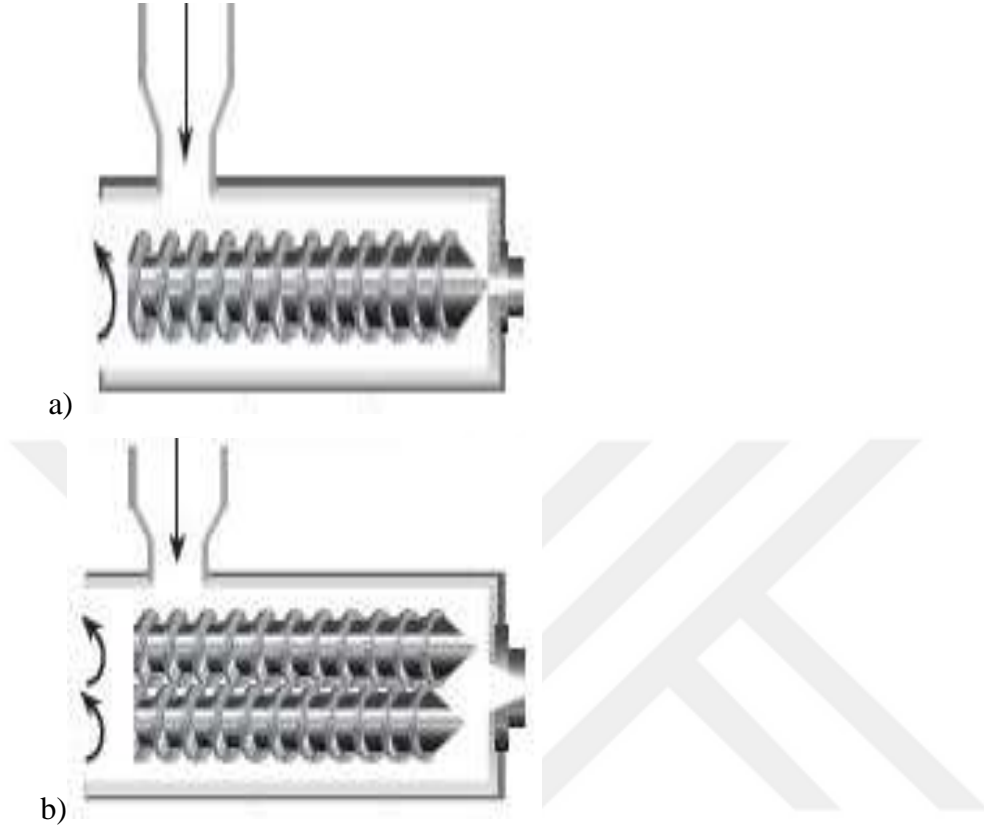
Ekstrüzyon artık baklagil tohumlarının besleyici değerini artırmak için önerilen teknolojilerinden biridir. Bu işlem genel olarak, nişasta kullanımını geliştirmek ve protein degradasyon oranının düşürülmesinde, besleyici olmayan faktörlerin içeriğini azaltmada iyi sonuçlar verir [Chivandi, 1999]. İnsanoğlu jelatinize olmamış nişastayı sindirmekte zorlanmaktadır. Ekstrüzyon ile pişirme teknolojisi düşük nem içeriğindeki ürünlerin jelatinizasyonu için avantaj sağlamaktadır [Camire, 2001]. Ürünün su içeriği nişastanın jelatinize hale gelmesi, protein bileşenlerinin denatürasyonu ve ürünün elastik bir yapı kazanması açısından ekstrüzyon prosesinde önemlidir [Kazemzadeh, 2012]. Nişasta granülleri suyun varlığında ısıya maruz bırakıldıkları zaman jelatinize hale gelmektedirler. Vidaların etkisiyle oluşan yüksek sıcaklık, kayma gerilimi, basınç gibi ekstrüzyon parametre değerlerinin artması jelatinizasyon derecesini etkilemektedir [Camire, 2001]. Ekstrüderin vida hızı ürüne uygulanan süre ve kayma gerilimini etkilemesiyle ürün için önemli bir faktördür [Frame, 1999]. Vida hızı ve nemin birleşimiyle üretilen ısı nişastanın erimesini sağlamaktadır [Frame, 1999]. Ürünün nem oranında bir artış meydana gelirse ürünün vizkozitesi ve vidalarda meydana gelen kaymada azalma oluşmaktadır [Kazemzadeh, 2012]. Kaymada meydana gelen bu azalma sonucunda protein ve nişastaların bozulma oranları azalma göstermektedir. Çoğunlukla yüksek

sıcaklık, kayma gerilimi ve basınç ürünlerin nişasta sindirimini artırarak, ürünlerdeki protein denatürasyonunun azalmasına sebep olmaktadır. Nişastanın indirgenmesi sonucu oluşan indirgen şekerler lizin ile tepkime vererek proteinlerin besinsel değerlerini düşürmektedir [Camire, 2001].

Antibesinsel faktörler ısının etkisiyle inaktif hale gelmektedirler [Chivandi, 1999]. Baklagillerin işlenmesi sırasında ekstrüzyonla pişirme tekniğinin kullanılması son 10 yıldır hızla gelişme göstermektedir. Baklagillerin ekstrüzyonla pişirilmesi baklagillerde bulunan antibesinsel faktörlerin seviyelerinde azalmaya ve besinsel kalitelerinin artırılmasına diğer ısı işlemlere kıyasla (pişirme, otoklavlama vb.) etkili kullanılan enerji, rahat proses kontrolü ve büyük miktarlardaki üretim kapasitesiyle daha ekonomik şekilde imkan sağlamaktadır [Reimerdes, 1990]. Otomasyonu olmayan, düşük üretim kapasiteli ve yoğun emek gerektiren geleneksel bakliyat işleme proseslerinin tersine ekstrüzyonla pişirme yöntemi istenilen şekil ve tekstürde bakliyat bazlı çerezler üretmek için oldukça çok yönlü bir prosestir [Cheftel, 1990].

Ekstrüderler şekil, büyüklük ve işleme yöntemlerinde farklılık gösterebilir ve piston, merdane ve vida ekstrüderleri olmak üzere 3 ana sınıfa ayrılırlar. Vida ekstrüderleri ekstrüderler içinde en kompleks olanlarıdır. Tek ya da çift vidanın sabit bir kovan içindeki materyali özel olarak dizayn edilmiş kalıba doğru taşınması prensibi ile çalışırlar ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ekstrüzyon işleminde taşıma sırasında vidanın dönmesiyle oluşan mekanik enerji ısıya dönüştürülür ve karışım yüksek sıcaklıklara ısıtılır. Isının etkisiyle plastikleşen ürün kalıptan dışarı doğru itilir ve hızlı basınç düşmesinin etkisiyle üründe genleşme meydana gelerek ürünlerdeki nem buhar haline dönüşür [Harper, 1992]. Sahip olduğu vidalar sayesinde hamur silindirlere doğru itilerek kalıptan geçmesi sağlanır. Yüksek sıcaklık ve kaymanın kullanılmasıyla prosesin süresi azaltılarak ürün çok kısa bir sürede son şeklini alabilir [Guy, 2001]. Ekstrüzyon sürecinde su buharı ve erimiş ürün, ürünün son yapısını kazanmasında önemlidir. Gözenekli yapı temelde eriyen ürünün su kabarcıkları tarafından çevrenmesiyle oluşmaktadır. Atmosferik basınç ve yüksek ısıdaki suyun etkisi kabarcıkların büyümesine imkan vermektedir. Genleşmenin fazla olduğu durumlarda kabarcıkların büzülmesi suyun buharlaşması

ve sıcaklıktaki ani düşüştten dolaydır. Kaybedilen nem ile üründe katı bir yapı oluşmaktadır [Guy, 2001].



Şekil 2.2. Ekstrüder çeşitleri: a) Tek vidalı ekstrüder, b) Çift vidalı ekstrüder [Luker, 2012]

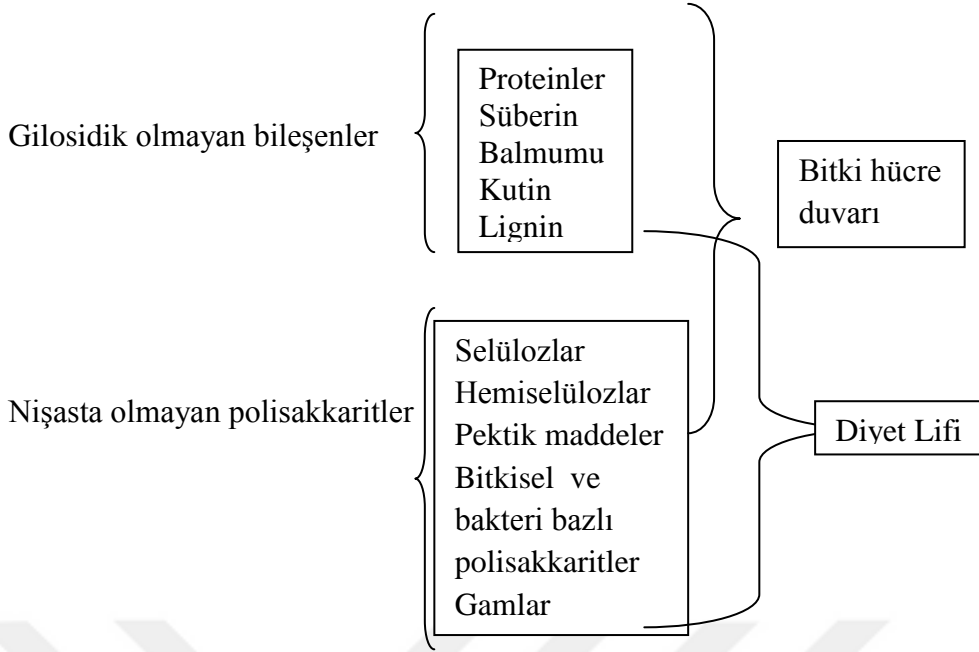
Tek vidalı ekstrüderler zayıf karıştırma yeteneğine sahiptirler ve bunlar genellikle önceden karıştırılan materyallerin beslenmesi ile kullanılırlar. Günümüzde yaygın olarak kullanılan çift vidalı ekstrüderler gıda endüstrisinde 1970'lerde kullanılmaya başlanmıştır. Tek vidalı ekstrüderlere benzer şekilde, çift vidalı ekstrüderlerin gıdaları işleminin yanı sıra, daha iyi proses kontrolü sağlamaları, çok yönlü olmaları, temizleme kolaylığı ve farklı çeşitlilikte formülasyonları kullanma imkanı vermeleri, çeşitli özelliklerde ürün elde edilebilmesi nedeni ile gıda endüstrisinde geniş bir uygulama alanı bulmaktadırlar. Çift vidalı ekstrüderlerde vidalar aynı ya da zıt yönlerde dönebilirler. Aynı ve zıt yönlü dönen vidalar taşıma karakteristikleri bakımından farklılık gösterirler ve bu nedenle de farklı teknolojik uygulamalar için kullanılırlar. Çift vidalı ekstrüderlerin gelişmiş taşıma kabiliyetleri,

bunların yapışkan ve işlenmesi zor bileşenleri işleyebilmelerini sağlar. Hububat unları ve diğer nişastalı materyaller çoğu ekstrüde ürünün üretiminde yaygın olarak kullanılırlar. Bu ürünlerin fiziksel karakteristikleri ekstrüderde karışımın kuru ağırlığında %50-80 oranında bulunan nişastaya bağlı olarak gelişir. Ekstrüder tipi, beslemenin nem miktarı, besleme hızı, kovan sıcaklığı, vida hızı, vida profili ve kalıp genişliği ekstrüde ürünün karakteristiklerinin oluşmasında önemli değişkenlerdir [Ainsworth ve İbanoğlu, 2006]. Alonso vd. (1998) yaptığı bir çalışmada bezelye tanelerine kabuk soyma, ıslatma, çimlendirme ve ekstrüzyon teknikleri uygulanarak tanelerdeki antibesinsel faktörlerin seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda tanelerdeki en düşük antibesinsel faktör seviyelerinin ekstrüzyon tekniği sonrasında olduğu gözlemlenmiştir.

## 2.4. BAKLADA BULUNAN MAKRO BESİNLER

### 2.4.1. Diyet Lif

Diyet liflerin tanımı süregelen tartışmalı bir konudur ve bu konuda birçok tanım öne sürülmüştür. En yaygın olarak kabul edilen bir tanımlamaya göre diyet lifleri ince bağırsakta enzimatik hidrolize karşı dayanıklı olan buna karşılık kalın bağırsakta fermente olabilen [Guillon ve Champ, 2000] bitki duvarındaki kalıntılara verilen isimdir [Prosky vd., 1988]. Diyet lifler belirli bir kimyasal grubu oluşturmazlar ama homojen olmayacak şekilde bazı kimyasal maddelerin birleşiminden oluşmaktadırlar. Bunlar; selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin, gama ilave olarak yosun ve bakterilerden elde edilen polisakkaritlerdir [Asp vd., 1992]. Selülozlar, hemiselülozlar ve pektinler bitki hücre duvarının parçaları olduğu için yapısal polisakkaritler olarak adlandırılırlar (Şekil 2.3). Hücre duvarının parçası olmadığı halde gamlar ve yosunlardan elde edilen diğer polisakkaritlerde diyet lifi olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak sindirime dirençli nişasta ince bağırsakta kısmen hidrolize olduğundan bu tanımın dışında kalmaktadır [Bemiller ve Whistler, 1996].



Şekil 2.3. Diyet lif kompozisyonu ve ilişkilendirilen birleşikler [Schweizer ve Reimann, 1986]

Diyet lifler su içerisindeki çözünürlüklerine göre çözünmeyen (selülozlar, lignin, bazı hemiselülozlar) ve çözünür (pektinler, gamlar) diyet lifler olarak ayırt edilirler. Bu ayırım diyet liflerin fizikokimyasal özellikleri ve besinsel etkileri ile ilgilidir. Bazı fizikokimyasal koşullar altında çözünür diyet lifler suyu bağlayarak jel ve sıkı yapı oluşturmaktadır. Çözünmeyen diyet liflerin kuvvetli higroskopik özellikleri vardır, şişerek ağırlıklarının 20 katı kadar suyu absorblamaktadırlar [Thebaudin vd., 1997]. Çözünmeyen diyet liflerinin karbonhidrat mekanizmalarının üzerine olan etkisi çok az yada hiç olmamasına rağmen çözünür lifler ve viskoz lif bakımından zengin gıdalarda tokluk kan glikoz seviyesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun liflerin viskoziteleri ile ilişkili olduğu düşünülmüştür [LeBlanc vd., 1991]. Genellikle diyet lif bakımından zengin olan gıdalar her iki lif bileşenini de farklı oranlarda içermektedir. Sebze, meyve ve kabuklu yemişlerde [Thebaudin vd., 1997] çözünür lif daha yüksek bir oranda ihtiva edilirken tahıllarda [Schneeman, 1987] genellikle çözünmeyen lif miktarının fazla olduğu bildirilmiştir. Saf çözünebilen diyet lifleri (örneğin, ksantan gamı, karragenan, guar ve keçi boynuzu gamları, selüloz türevleri ve inülin) fonksiyonel özelliklerinden dolayı gıda imalatçıları tarafından düşük seviyelerde (% 0.2-1.0) kullanılmaktadır. Çözünmeyen



lifler (örneğin, buğday kepeği ) temel olarak besinsel yararlarından dolayı kullanılmaktadır. Çok sayıda çalışma diyet liflerin insan sağlığı açısından farklı fizyolojik roller oynadığını ve çözünebilen diyet liflerin sağlık açısından çözünemeyen liflerine oranla daha yararlı olduğunu bildirmiştir [Lou ve Chi, 2009]. Ama çözünmeyen diyet lif miktarının toplam diyet lif miktarı içerisindeki oranının çözünebilen oranla daha fazla olduğu bilinmektedir. Ekstrüzyon teknolojisi çözünebilen diyet lif miktarının artırılmasında büyük bir öneme sahiptir. Birçok araştırmacı ekstrüzyon prosesi sonrasında çözünür ve çözünmeyen diyet lif miktarının tekrardan nasıl dağılım gösterdiğini raporlamışlardır [Camire, 2000; Aoe vd., 1989; Theander ve Westerlund, 1987]. Proses sırasında, diyet lifi polisakkaritlerindeki glikozidik bağların parçalanabileceği ve bu nedenle fiziksel özelliklerinin değişebileceği ileri sürülmektedir. Glikozidik bağların kopması, diyet lifinin çözünürlüğünü artırmakta ve diyet lifinde kayba neden olmaktadır. Nitekim, çözünmeyen diyet lifinin çözünür diyet lifine kıyasla ısı işleme daha duyarlı olduğu bildirilmektedir [Nyman vd., 1987].

Son zamanlarda ekstrüzyon ile pişirme yöntemi diyet lifçe zengin ürün üretiminde sıklıkla tercih edilmektedir [Vasanthan vd., 2002]. Çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre buğday unu ve tane buğdaya 148-180°C'de ve 200 devir/dk vida hızında uygulanan ekstrüzyon prosesi toplam diyet lif miktarında önemli ölçüde bir değişikliğe yol açmamıştır [Siljeström vd., 1986; Schweizer vd., 1986]. Björck vd. (1984) yaptıkları çalışmada tam buğday unundaki diyet lif miktarında ekstrüzyon sonrasında az miktarda artış gözlemlerken buğday unun bu artışın ancak yüksek proses koşullarında meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu koşulları yüksek vida hızı, yüksek sıcaklık ve ekstrüder kovani içindeki yüksek basınç olarak kabul etmişlerdir.

Ekstrüzyon işlemi ile çözünmez diyet lif miktarında azalma ve çözünür diyet lif miktarında artma oluşabilmektedir ve bu değişimin nedeni ise ekstrüder silindiri içindeki basınçtan dolayı çözünmez diyet lif makro moleküller üzerindeki kesme kuvvetinden kaynaklanarak parçalanmakta ve bunun sonucunda çözünmez diyet lifin bir kısmı çözünür diyet life dönüşebilmektedir [Gualberto vd., 1998; Lue vd., 1991].

#### 2.4.2. Nişasta ve Nişasta Sindirilebilirliği

Nişasta tahıl ve nişastalı kök bitkilerinin depo karbonhidratı ve temel bileşenidir. Nişasta sağladığı enerji yanında, ürüne tekstür, lezzet ve bazı yapısal özellikler kazandırmaktadır [Uluöz vd., 1974; Harper, 1992; Camire, 2000; Ji vd., 2003]. Nişasta, bitkisel gıdaların pek çoğunda karbonhidrat deposu formunda bulunan, insan beslenmesindeki en temel karbonhidrat kaynaklarından birisidir. Nişasta temel olarak iki tip molekülden oluşur. Bunlardan amiloz,  $\alpha$ -1,4 glikozidik bağları ile bağlanmış  $\alpha$ -D-glikopiranoz ünitelerinden oluşan lineer polimer yapıdır ve 1500 ile 6000 arasında molekül ağırlığına sahiptir. Amilopektin ise dallanmış yapıya sahip olup  $\alpha$ -D-glikopiranoz ünitelerinin temel olarak  $\alpha$ -1,4 bağları ve dallanma noktalarında  $\alpha$ -1,6 glikozidik bağlarından oluşmaktadır. Amilopektinin molekül ağırlığı  $1 \times 10^7$ -  $5 \times 10^7$  g/mol'dür [Taggart, 2004].

Nişasta granülünün jelatinizasyon sıcaklığının biraz üzerindeki sıcaklıklara ısıtılması ile amiloz nişasta granülünden sızarak çözeltiye geçer. Amiloz molekülünde dallanmalar çok seyrek ve zincirler oldukça uzun oldukları için molekülün dallanmamış olduğu kabul edilmektedir [Köksel, 2005]. Nişastanın yapısındaki amiloz ve amilopektin çeşitli enzimlerin etkisiyle parçalanma ürünlerine dönüşmektedirler.  $\alpha$ -amilaz nişasta içerisindeki  $\alpha$ -1,4 bağlarını rastgele noktalardan kırarak daha küçük parçalar oluşturmaktadır.  $\beta$ -amilaz ise nişasta zincirlerinde indirgen olmayan uçlardan başlayarak  $\alpha$ -1,4 bağlarını kırarak maltoz ve dekstrinleri oluşturmaktadır. Glukoamilaz (amiloglukozidaz) nişastanın indirgen olmayan uçlarından  $\alpha$ -1,4 bağlarını kırarak D-glukoz birimlerini oluşturur, ayrıca dallanma noktalarındaki  $\alpha$ -1,6 bağlarını da kırarak nişastayı hemen hemen tamamen D-glukoza dönüştürmektedir [Köksel, 2005]. Nişastanın sindirimi ağızda başlar. Ağızda tükürük bezlerinde bulunan  $\alpha$ -amilaz enzimi nişastayı oligosakkaritlere kadar parçalama özelliğine sahiptir. Ağızda kısmen sindirilmiş olan nişasta ince bağırsağa geldiğinde pankreastan gelen  $\alpha$ -amilaz enzimi ile sindirilmeye devam eder. İnce bağırsak boyunca maltaz ve glukoamilaz enzimleri ile nişasta glukoz birimlerine kadar parçalanır ve kan dolaşımına katılır [Lehmann ve Robin, 2007].

Nişastanın sindirilirliği temel olarak nişastanın moleküler yapısı ve fizikokimyasal karakteristikleri ile nişasta granüllerinin sulu fazdaki hidrasyon ve

fiziksel konformasyonlarına göre değişiklik göstermektedir [Copeland vd., 2009; Dona vd., 2010]. Nişastaya su bulunan ortamda uygulanan ısı ve basınç etkisiyle oluşan jelatinize form, doğal ya da retrograde nişastalara göre daha kolay sindirilebilmektedir. Bundaki temel neden jelatinize forma, enzimlerin daha rahat difüze olabilmesidir. Nişastanın jelatinizasyon derecesi, sindirilirliği ile doğrusal korelasyon göstermektedir [Copeland vd., 2009; Dona vd., 2010].

Ekstrüzyon işlemi sırasında nişastada meydana gelen en önemli değişiklik nişastanın düşük nem içeriğinde yüksek kayma geriliminin etkisiyle jelatinize olması ve belirli bir oranda degradasyona uğramasıdır. Isı ve nemin granül halde bulunan polisakkarit zincirde hidrojen bağları üzerindeki etkisi ile granül yapının eriyebilirlik kazanması ve jel haline geçmesi olayına jelatinizasyon adı verilmektedir. Yeterli miktarda suyun bulunduğu durumlarda, hidrojen bağlanması özelliği en düşük olan amorf bölgelerdeki granül yapı parçalanır ve su serbest hidroksil grupları ile birleşir. Suyun granül yapıyı açıcı etkisinin bir sonucu olarak granül yapıda şişme meydana gelir. Yapıdaki çift bağların kırılması sonucu kristal fraksiyonda geriye dönüşsüz olarak erime gerçekleşir. Granülün yıkılması ise kalan hidratların serbest kalarak pişirme ortamına yayılması sonucunda meydana gelir [Blannhard, 1987; Sokhey, 1992].

Ekstrüde edilen ürünlerin özellikleri üzerinde ekstrüderin özellikleri ve çalışma koşulları yanında, nişastanın ekstrüzyon sırasında uğradığı değişimler de büyük oranda etkili olmaktadır [Mohammed, 1990; Yamada vd., 1990]. Ekstrüde edilmiş nişasta suyu kolaylıkla emmekte ve oda sıcaklığında hamur oluşturmaktadır. Nişastanın suda çözünürlüğü ekstrüzyonla pişirme sonucunda artmaktadır. Ancak nişasta çeşidine ve bileşimine bağlı olarak su absorpsiyon miktarı ve çözünürlük miktarı değişim göstermektedir [Colonna vd., 1989]. Nişastada ekstrüzyon işlemi sırasında kimyasal ve yapısal değişiklikler meydana gelmektedir ve bu değişikliklerin ekstrüde ürünün fonksiyonel, fiziksel ve duyu özellikleri üzerine önemli etkileri vardır. Nişasta, ekstrüde edilmiş ürünlerin tekstüründe önemli bir rol oynamaktadır. [Chinnaswamy ve Hanna, 1988; Guy ve Robert, 1984; Guy, 2000; Lue vd., 1991]. Günlük diyetlerde nişasta temel karbonhidrat kaynağı olarak tüketilmektedir [Englyst vd., 1992]. Nişasta gıda ekstrüzyonunda en önemli

bileşendir. Çünkü ekstrüde ürünün genleşmesinde ve yapısının oluşumunda etkilidir. Baklagil nişastaları hububat nişastalarına oranla daha az sindirilebilme özelliğine sahiptirler [Socorro vd., 1989]. Diyet lif oranının ya da vida hızının jelatinizasyon derecesini etkilemediği belirlenmiştir [Lue vd., 1991].

#### 2.4.3. Protein ve Protein Sindirilebilirliği

Hayvan yemi ve gıda endüstrisinde artan talepler doğrultusunda bitkisel proteinlere olan ilgi son birkaç yıldır sürekli olarak artmaktadır [House vd., 2010]. İnsan ve hayvanlar için çok önemli kaynaklardan biri olarak, bitki bazlı proteinler gerekli besinsel öğeleri karşılamada yeterlidirler çünkü bitki bazlı proteinler sağlık açısından birçok fizyolojik aktiviteye potansiyel sunmada etkin rol oynarlar [Adebiyi ve Aluko, 2011]. Bitkisel gıdalardan lifçe zengin olan tahıl ve yumrulara kıyasla diyet lifi içeriği yüksek olan baklagiller yapısal proteinlerin iyi kaynakları olarak bilinmektedir [Martin-Cabrejas vd., 2008]. Baklagillerin, yüksek besin değerine sahip olmasına rağmen yeteri kadar tüketilememesinin nedeni hazırlanması ve sindiriminin zorluğundan kaynaklanmaktadır. Baklagillerin tohumlarında bulunan legümin proteinleri et mamullerinde, bebek mamalarında ve bazı gıdaların besin değerinin artırılmasında da kullanılmaktadır [Swanson, 1990].

Hayvansal proteinlerin pahalı olmaları nedeniyle insan beslenmesinde kuru baklagillerin protein yetersizliğinin önlenmesinde önemli rolleri bulunmaktadır [Obob vd., 2000]. Gıda maddelerinin protein açısından besinsel değeri büyük ölçüde amino asit profillerine bağlıdır [Onyango vd., 2006]. Besinsel açıdan bakıldığında, metiyonin ve sistein gibi sülfürlü amino asit ve triptofan içeriği baklagil proteinlerinde düşüktür. Lizin gibi diğer temel amino asitler açısından ise baklagiller zengin olup hububatlardan daha fazla miktarda lizin içermektedirler [Boye vd., 2010, Duranti, 2006]. Nişasta ve yağların aksine protein, sindirilebilirliğinin artırılması tercih edilen tek makro besindir, çünkü yağsız dokuların büyümesi ve gelişmesi için zorunludur [Onyango vd., 2006].

Proteaz inhibitörleri ve diyet lifi varlığı da dahil olmak üzere birçok faktör, bağırsak emilim için kullanılabilir protein miktarını azaltabilir. Genel olarak, ısıtma

enzim inhibitörlerini etkisizleştirip proteinleri denatüre ederek besinlerdeki proteinlerin sindirilebilirliğini artırır. Ekstrüzyon gibi işleme yöntemleri, gıda proteinin yapısını değiştirerek proteinin daha sindirilebilir olmasına katkı sağlar [MacLean vd., 1983; Mertz vd., 1984; Coulter ve Lorenz, 1991]. Yapılan bir çalışmada ekstrüzyon sırasında kovan sıcaklığını arttırmak mısır gluten-peyniraltı suyu karışımlarının sindirilebilirliğini artırdığı bildirilmiştir [Bhattacharya ve Hanna, 1988]. Darı-mısır karışımının fermentasyon sonrasında ekstrüde edilmesiyle çözünür ve çözünmeyen protein sindirilebilirliğinin arttığı ama sadece ekstrüde edilmesiyle çözünmeyen protein miktarında artışın olduğu bildirilmiştir [Onyango vd., 2006].

#### 2.4.4. Antibesinsel Faktörler

Baklada diğer baklagiller gibi çeşitli kimyasal bileşikler sentezleme kapasitesine sahiptir. İnsanlar ya da hayvanlar tarafından tüketildiğinde baklagillerin besinsel kalitesini sınırlayan ve besin değerinde bir azalmaya yol açan temel faktörlerden biri antibesinsel maddelerin varlığıdır.

Baklagillerde bulunan önemli antibesinsel faktörler kondanse tanenler, fitik asit ve tripsin inhibitörlerdir [Hendricks, 2002]. Onların antibesinsel etkileri enzimleri bağlayarak ya da protein ve mineral gibi gıda bileşenlerine bağlanarak sindirime engel olmaktır [Liener, 1989]. Antibesinsel faktörlerden kaynaklanan sorunları aşmak için ıslatma [Frias vd., 2000], kaynatma [Marquez ve Alonso, 1999], otoklavlama [Mansour vd., 1993], mikrodalga [Marconi vd., 2000], çimlendirme ve fermentasyon [Chitra vd., 1996], gibi çeşitli teknikler bitkilerde incelenmiştir.

##### 2.4.4.1. Kondanse Tanenler

Kondanse tanenler, kateşin ünitelerinin 4. 6. veya 8. karbonlar üzerinden birbirine bağlanmasıyla oluşan oligomerik veya polimerik proantosiyandinlerdir [Khanbabaee ve Ree, 2001]. Kondanse tanenler asitlendirilmiş organik bir çözücü içerisinde ısıtıldıklarında kırmızı renkli siyanidinlere dönüşmektedir. Bu nedenle kondanse tanenlere ‘prosiyanidinler (proantosiyandinler)’ veya ‘lökosiyanidinler’(lökoiantosiyandinler) de denilmektedir. Kondanse tanenler kısa

zincirli ise renksizdirler. Zincir uzunluğu arttıkça sarıdan kahverengiye doğru değişen renk kazanırlar [Nizamlioğlu ve Nas, 2010]. Flavonoid kökenli kondanse tanenler genellikle fasulyelerin pigmentli çeşitlerinde daha fazla miktarlarda bulunurlar [Deshpande vd., 1982, Saldamlı, 1998].

Bitkisel gıdalarda oldukça yaygın bulunan kondanse tanenlerin temel yapısını (+)-kateşin ve (-)-epikateşin oluşturmaktadır [Nizamlioğlu ve Nas, 2010]. Bunlar gıdaların besinsel kalitelerinin ve organoleptik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynarlar [Butler, 1989]. Tanenler; proteinler, mineraller, nişasta ve sindirim enzimleriyle kompleks oluşturarak gıdaların besleyici değerinde azalmaya neden oldukları için genel anlamda bir besin ögesi olarak değerlendirilmezler. Kondanse tanenler, yaşamsal açıdan önem arz eden sindirim enzimlerinden pektinaz, amilaz, lipaz, proteolitik enzimler,  $\beta$ -galaktosidaz, selülaz ve tahılları fermente eden mikrobiyal enzimleri inhibe ederler. Fitik asitin esansiyel minerallerin biyoyararlılığını düşürdüğü gibi tanenlerde protein sindirilebilirliğini engeller [Duhan vd., 1989; Van der Poel, 1990]. Gastrointestinal bölgede ise etkilerini proteinleri daha az sindirilebilir komplekslere dönüştürerek gösterirler. Kondanse tanenlerin 1 mol tanesi 12 mol proteini bağlayabilmektedir [Zitko, 1962].

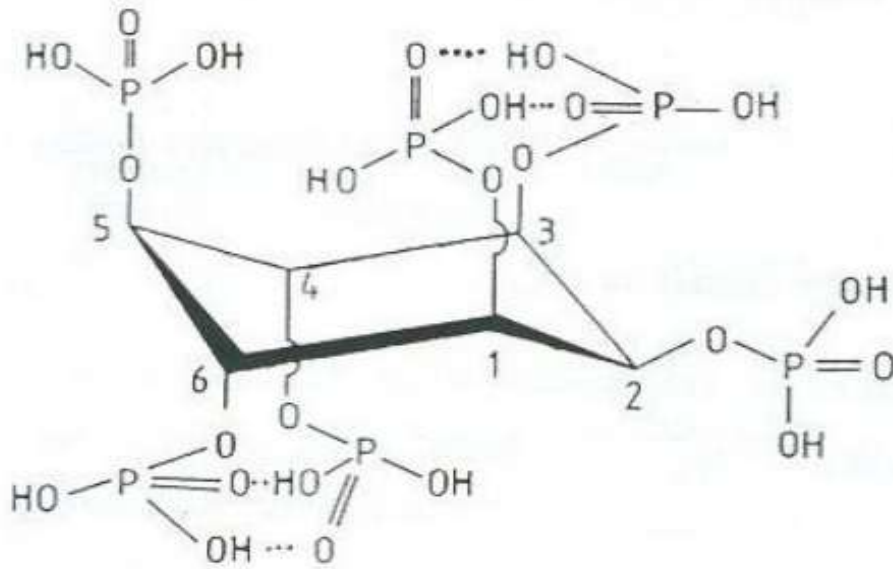
Yüksek protein içeriğine sahip baklagillerde bu gibi antibesinsel maddelerin varlığı tüketilecek besinin biyoyararlılığını kısıtlayacaktır. Gıdaların işlenmesi sırasında besinsel kalitelerinin artırılması gıda araştırmaları için her zaman önemli bir potansiyele sahiptir. Geleneksel pişirme yöntemlerinde yüksek sıcaklık nedeniyle besin kalitesinin bozulması önemli bir sorundur. Ekstrüzyonla pişirme tekniği, kısa sürede yüksek sıcaklıkla gıdadan yüksek verim eldesi ve önemli besinsel değerlerin korunması açısından diğer tekniklere göre daha çok tercih edilir [Guy, 2001]. Ekstrüzyonla pişirmenin avantajlarından biride antibesinsel öğelerin yıkımına sebep olmasıdır.

#### 2.4.4.2. Fitik Asit

Fitik asit gıdaların fonksiyonel ve besinsel özellikleri üzerine önemi etkileri olan doğal bileşenlerin kompleks bir sınıfını oluşturmaktadır. Fitat içeriğini azaltmak için son yıllarda birçok çalışma yürütülmektedir. Gıdalardaki fitik asitlerin

minerallerle bağ kurarak onların biyoyararlılığını azalttığı literatürdeki çalışmalarda rapor edilmiştir. [Persson vd., 1987; Champagne vd., 1985]. Biyoyararlılığı etkileyen nedenlerden birisi çelat özelliğindeki organik maddelerin varlığıdır. Fitik asit çelat oluşturma özelliğindeki bileşiklerden birisidir ve tahıl, baklagil, yağlı tohumlar ve bunlardan hazırlanan ürünlerde yaygın olarak bulunmaktadır.

Fitik asit terimi mioinositol 1,2,3,4,5,6-heksakis'i (dihidrojen fosfat) ifade eder. Fitik asit, mioinositol halkası ve buna bağlı inorganik fosfattan ibaret serbest bir ester asitidir (Şekil 2.4). Çoğu baklagil tanesinde, fitat fosforu toplam fosforun yaklaşık %80'ini oluşturur [Lolas ve Markakis, 1975]. Bunların çoğu kotiledonların ya da endospermlerin dış aleuron tabakalarında mevcuttur [Deshpande ve Salunkhe, 1982]. Baklagil kotiledonlarındaki fitik asit, çekirdekdeki toplam fitatın yaklaşık %98,5'ünü oluşturur. Türlerle ve çeşitlere bağlı olarak %0,28 ile 2,0 arasında değişir [Cheryan, 1980].



Şekil 2.4. Fitik asitin kimyasal yapısı [ Özkaya, 2004].

Fitik asitin yapısı hakkındaki çalışmalar 1855 yılında başlamış ve pek çok model önerilmiştir. Bunlardan en çok kabul gören ve günümüzde de doğruluğu kabul edilen Anderson yapısıdır [Cheryan, 1980]. Anderson yapısına göre (Şekil 2.4), nispeten basit bir şeker olan mioinositol, altı molekül fosforik asitle kombine

olmuştur. Yapısındaki altı adet fosfat grubu anyonik karakterdedir ve katyonlara bağlanmak için yüksek bir potansiyele sahiptir [Özkaya, 2004]. Bu yapı reaktif fosfat gruplarının çokluğundan dolayı minerallerle çok kolay kompleks oluşturmaktadır. Fitatlar ise, fitik asitin Ca, Mg, K ve Fe tuzlarıdır. Fitik asit ve fitatlar, bitki tohumlarında, dane yemlerde, kök ve yumrulara yaygın olarak farklı düzeylerde (%0.1-6.0) bulunurlar. Yemelik baklagiller diyetsel bir fitat kaynağıdır [Ergün vd., 2002]. Olgunlaşma periyodu boyunca tanede nişasta, yağ gibi diğer depo maddeleri ile birlikte hızla birikirler [Erdman ve Forbes, 1977; O'Neill vd., 1980]. Hububatta fitik asidin birikim bölgesi alöron tabakasıdır. Buğday ve pirinç tanelerinin endospermi hemen hemen fitik asitten yoksundur. Fitik asit bu tanelerin kepek ve ruşeym tabakalarında yoğunlaşmıştır. Mısırdaki ise fitik asidin %88'i ruşeyimde bulunmaktadır [Ogawa vd., 1979; Reddy vd., 1982]. Fitik asit, esansiyel minerallerin biyoyararlılığının azalmasından ve ince bağırsakta sindirim ve emilimi daha az olan çözünemez bileşiklere dönüşümünden sorumludur [Desphande ve Cheryan, 1984]. Fitik asitler; kalsiyum, magnezyum ve çinko gibi iki değerlikli katyonları sıkıca bağlayarak tüketim esnasında bu katyonların emilimini engellerler [Hendricks, 2002]. Fitat, demir ve çinko gibi asitli ortamda çözünürlüğü az olan katyonlarla çözülmez kompleksler oluşturduğu için bu minerallerin biyoyararlılığının azalmasına sebep olur [Gharib vd., 2006].



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Hammadde

Çalışma boyunca kullanılan bakla unu İzmir'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer ingredientler domates tozu; Mert Gıda (Mustafakemalpaşa, Bursa), patates nişastası; Emsland Nişasta (Kemalpaşa, İzmir), keçi boynuzu gamı; Incom Endüstriyel Mak. (Yenişehir, Mersin) alınmıştır. Fermentasyonda kullanılan diğer hammaddelerden maya (*Saccharomyces cerevisiae*), süzme yoğurt ve tatlı kırmızı toz biber marketlerden satın alınmıştır.

##### 3.1.2. Kimyasallar

Analizlerde kullanılan toplam nişasta (K-TSTA), toplam diyet lif (K-TDFR) ve GOPOD kitleri Megazyme (İrlanda); etanol, metanol,  $\alpha$  amilaz enzimi (A-6255), pepsin enzimi (P-7012), pankreatin enzimi (P-1645), sülfosalisilik asit (S-2130), 2,2' bipyridine (D-9132), MES (M2933), TRIS (T1503), maleik asit (M0375), fitik asit tuzu (P8810), amonyak demir (III) sülfat dodekahidrat (221260), tiyoglikolik asit (T3758), 3-5,dinitrosalisilik asit (128848) Sigma Aldrich (ABD); % 37'lik HCl çözeltisi (403872), sodyum hidroksit (369743), dimetil sülfoksit (445103) Carlo Erba Reagents groups; kateşin 43412 Fluka; vanilin (121-33-5), potasyum dihidrojen fosfat ( $KH_2PO_4$ ) ve dipotasyum hidrojen fosfat ( $K_2HPO_4$ ) Merck firmalarından satın alınmıştır.

#### 3.2. HAMMADDE HAZIRLAMA

Uygulanan ürün formülasyonu Çizelge 3.1'de verilmiştir. Mikser (KMC 510, Kenwood, Japonya) yardımıyla bakla unu, süzme yoğurt, domates tozu, tatlı biber, maya ve 400 mL su karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar plastik kaplara konulup, 37°C'de 6 saat boyunca inkübatör (WIR 150, Daihan, Güney Kore) içinde fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon sonunda tüm örnekler ürün nemi %10'un altına düşecek şekilde havalı kurutucu (Biyosan Kimya Laboratuvar Cihazları,

Türkiye) içerisinde 55°C’de 24 saat kurutulmuş ve ardından ağzında 1,25 mm gözenek çapına sahip elek olan değirmende öğütülmüştür.

Çizelge 3.1. Ekstrüzyon için hazırlanan ürün formülünde kullanılan hammadde oranları

İngredientler	Miktar (%)
Bakla unu	50.0
Torba yoğurdu	25.0
Patates nişastası	14.0
Domates püresi	4.0
Tatlı Kırmızı Biber	1.0
Maya	1.0
Keçiboynuzu gamı*	1-4

\*Keçiboynuzu gam içeriği bakla unu üzerinden hesaplanmıştır.

### 3.3. EKSTRÜDE ÜRÜNLERİN ÜRETİLMESİ

Çalışma kapsamında ekstrüde ürünlerinin üretilmesi amacıyla Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Geliştirme Laboratuvarında bulunan bilgisayar kontrollü laboratuvar tipi çift vidalı ekstrüder cihazı (Rondol Technology, İngiltere) kullanılmıştır. Fermente edilmiş bakla unları, Çizelge 3.1’deki ürün formülünde belirtilen miktarda patates nişastası ve Çizelge 3.2’de belirtilen deney tasarımına göre keçi boynuzu gamı ile karıştırılarak ekstrüde edilmiştir. Kovan bölge sıcaklıkları sırası ile 40, 50, 70, 90 ve 100°C’ye ayarlanmıştır. Kalıp sıcaklığı deney tasarımına göre değiştirilmiştir. Kovanın gövde çapı ve kovanın uzunluğunun bu çapa oranı (L/D) sırası ile 21 mm ve 40:1’dir. Kalıp olarak 4 mm çapına sahip dairesel kalıp kullanılmıştır. Öğütülmüş bakla tarhanaları ekstrüderin içine gravimetrik besleyici (Brabender Technologie, Almanya) ile 2,5 kg/saat hızıyla beslenmiştir. Ekstrüder kovanının içerişi %18 nem seviyesine geldiğinde ve bununla beraber cihaz stabil tork (döndürme gücü), basınç ve sıcaklık koşullarına ulaştığı zaman, örnekler toplanmaya başlanmıştır. Numuneler havalı kurutucu (Biyosan Kimya Laboratuvar Cihazları, Türkiye) içerisinde 55°C’de 1 saat boyunca yaklaşık %6 nem içeriğine gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş

ekstrüde numuneler ileriki analizlerde kullanılmak üzere laboratuvar tipi öğütücü ile öğütülerek 200 µm'lik eleklerden geçirilmiş ve 4°C'de polietilen torbalar içerisinde depolanmıştır.

Çizelge 3.2. Ekstrüzyon prosesi için 2<sup>3</sup> faktöriyel deney tasarımı

Deneme	Faktör		
	Gam miktarı (%)	Vida hızı (rpm)	Kalıp sıcaklığı (°C)
1	1	300	130
2	1	300	150
3	4	300	130
4	4	300	150
5	1	500	130
6	1	500	150
7	4	500	130
8	4	500	150

### 3.4. ÜRÜNLERE UYGULANAN ANALİZLER

#### 3.4.1. Kullanılan Ana Hammaddelerin Bileşim Analizleri

Genel bileşim analizleri olan nem, yağ, protein ve kül içerikleri AOAC (2005) metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Öğütülmüş ürünler ve bakla ununun nem miktarları nem ölçüm cihazı (MB45, Ohaus, İsviçre) ile belirlenmiştir. Bakla unu, tarhanalar ve yoğurdun yağ içeriği soxhlet cihazında (Gerhardt, Almanya) hekzan yardımıyla tespit edilmiştir. Kurutulmuş örneklerin kül miktarları 800 °C'de kül fırınında yakılmasıyla belirlenmiştir. Örneklerdeki protein miktarları Dumas tekniği (AACC 46-30, 2005) ile otomatik protein cihazı (NDA 701, Velp, İtalya) kullanılarak analiz edilmiştir. Diğer bileşenlerin toplamının 100'den çıkarılması ile ürünlerdeki karbonhidat değerleri belirlenmiştir. Analizler en az 3 paralelli yapılmıştır.

#### 3.4.2. Nem Tayini

Çalışmada kapsamında uygulanan her analiz öncesinde örneklerin nem içerikleri 130°C’de nem tayin cihazı (Mettler Toledo Moisture Analyzer, HX204, Switzerland) ile belirlenmiştir.

#### 3.4.3. Toplam Nişasta Analizi

Örneklerdeki toplam nişasta miktarları Megazyme toplam nişasta kitleri (Megazyme, İrlanda) kullanılarak AOAC 996.11 metoduna göre analiz edilmiştir. Örnekler 100 mg tartılarak üzerine 0,2 mL %80 (h/h) etanol ilave edilip vortex ile karıştırılmıştır. Örnekler 2 mL DMSO eklenerek 5 dakika kaynayan su banyosunda (Memmert WB 14, İngiltere) bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örneklerin üzerine 3 mL termostabil  $\alpha$ -amilaz enzim çözeltisi ilave edilerek tekrar su banyosunda 6 dakika boyunca karıştırılmıştır. Örnekler su banyosundan alınarak oda sıcaklığına gelmesi için bekletilmiş ve 4 mL 200 mM sodyum asetat tampon çözeltisi (pH 4.5) ve 0,1 mL amiloglukozidaz enzimi ilave edilerek 50°C su banyosunda 30 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda alınan örnek çözeltileri distile su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Daha sonra Whatman no:41 filtre kağıdı ile süzülerek berrak çözeltiler elde edilmiştir. Elde edilen çözeltilerin glikoz miktarı glikoz oksidaz/peroksidaz (GOPOD) kiti ile analiz edilmiştir. Yönteme göre örnek ve standartlardan 100  $\mu$ L alınarak 3 mL GOPOD çözeltisi eklenmiş ve 50°C’de 20 dakika inkübe edildikten sonra spektrofotometrede (Agilent Technologies Cary60 UV-Vis, Malezya) 510 nm’de absorbans değerleri belirlenmiştir [AOAC, 2000]. Analizler üç paralelli yapılmıştır.

#### 3.4.4. *In Vitro* Nişasta Sindirilebilirliği

Seçilmiş örneklerdeki *in vitro* nişasta sindirilebilirliği Onyango vd. (2004) metoduna göre belirlenmiştir. *In vitro* nişasta sindirilebilirliği için 5 mg örnek 1 mL 0.2 M fosfat tampon çözeltisi içinde çözündürülerek 0.5 mL  $\alpha$ -amilaz (A-6255 Sigma Aldrich) enzimiyle karıştırılmıştır. Daha sonra elde edilen çözelti 37°C’de 2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra 1 mL 3-5 dinitrosalisilik asit eklenip 5 dakika kaynayan su banyosunda ısıtılarak amilaz enzimi inaktif hale getirilmiştir.

Çözeltiler kaba filtre kağıdı ile süzülerek 510 nm’de spektrofotometrede (Lambda EZ 201 UV/Vis, PerkinElmer, US) absorbans değeri ölçülmüştür. Standard maltoz çözeltileri ile kalibrasyon eğrisi hazırlanarak *in vitro* nişasta sindirilebilirliği mg maltoz/g örnek (kb) şeklinde ifade edilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin denklemi  $y=2,1280x-0,0093$  ve  $R^2=0,9941$ . Analizler 3 tekrarlı yapılmıştır.

#### 3.4.5. Toplam, Çözünür ve Çözünmeyen Diyet Lif Analizi

Örneklerdeki toplam, çözünür ve çözünmeyen diyet lif analizleri Megazyme hazır kitleri (Megazyme K-TDFR 01/05, İrlanda) kullanılarak Prosky vd. (1988)’ye göre analiz edilmiştir. Analiz edilecek örnekten 1 g tartılarak üzerine pH 8.2 olan 24°C’de MES-TRIS çözeltisi eklenerek karıştırılmış ve sonra 50 µL termostabil α-amilaz eklenerek 95-100°C’de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Sonrasında çözelti 60°C’ye soğutulularak 100 µL proteaz çözeltisi eklenmiş ve 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra 0.561 N HCl asit çözeltisi eklenerek karıştırılan çözeltinin pH değeri 4,1-4,8 aralığında ayarlanmıştır sonra 200 µL amiloglukozidaz çözeltisi eklenmiştir. Örnekler, 60°C’de 30 dakika inkübe edildikten sonra çözeltiler çözünmeyen diyet lif miktarı için Gooch krozesinden (Sinter cam filtreli - 2D - Por.1) süzölmüştür. Altta kalan süzöntülere süzöntünün 4 katı kadar %99 (h/h)’lik etanol ilave edilerek 60°C’de çözünür diyet lif oluşması için 1 saat beklenmiştir. Oluşan lifler darası alınmış gooch krozelerinde vakumlanarak süzölmüştür. Krozeler 105°C’de bir gece kurutulduktan sonra soğutulup tartılmış ve örnekler daha sonra 550°C’de 5 saat kül fırınında (Carbolite ELF 11 6B, İngiltere) yakılarak kül miktarları belirlenmiştir. Bu şekilde çözünmeyen lif miktarı belirlenmiştir. Gooch krozelerinden geçen süzöntünün etanol ile çöktürölüp ayrılmasıyla da çözünür lifler belirlenmiştir. Kalıntının hesaplanabilmesi için paralellerden birisinde kül ve diğerinde de protein tayini yapılmıştır. Analizler 2 paralelli yapılmıştır. (Total Dietary Fiber Assay Procedure, K-TDFR 01/05).

#### 3.4.6. *In Vitro* Protein Sindirilebilirliği

Örneklerdeki *in vitro* protein sindirilebilirliği analizi Ravindran vd. (2011) metoduna göre yapılmıştır. Bakla unu, fermente ve ekstrüde olmuş ürünlerden 2 g örnek alınarak üzerlerine 5 mL saf su ilave edilmiştir. Karıştırılan örnekler 40°C'de inkübatörde (WIS-20R, WiseCube Shaking Incubator, Kore) 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası örneklerin pH ayarı için 0,5 mL 1,5 M HCl eklenerek pH 2,5-2,9 arasında ayarlanmıştır. pH ayarı yapılan örneklere 1 mL pepsin (P-7012, Sigma Aldrich) enzim çözeltisi (%10 pepsin çözeltisi/0,05 M HCl) eklenerek vorteks ile karıştırılıp 45 dakika 40°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra örneklere 2 mL 1 M NaHCO<sub>3</sub> ilave edilerek pH 6-7 arasına getirilmiştir. Örnek tüplerine 5 mL pankreatin (P-1645, 4×USP, Sigma Aldrich) enzim çözeltisi (%2,5 pankreatin çözeltisi/sodyum maleate tampon çözeltisi pH 6) eklenerek 120 devir/dakika ve 40°C'de 2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan alınan tüpler 4136×g'de 10 dakika santrifüj (Jp Selecta, İspanya) edilip sıvı kısımları dökülmüştür. Tüplerdeki kalıntılara 2 mL % 20 (h/h)'lik sülfosalisilik asit (Sigma Aldrich S-2130) çözeltisi eklenerek vorteks ile karıştırılmıştır ve 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Aynı santrifüj işlemi yapılarak sıvı faz tüplerden dökülmüştür. Kalan kalıntıya tekrardan 2 mL % 4 (h/h)'lük sülfosalisilik asit çözeltisi ilave edilerek karıştırılıp santrifüj edilerek sıvı faz ayrımı yapılmıştır. Tüplerde kalan kalıntılara son olarak % 95 (h/h)'lik etil alkol eklenerek santrifüj edilmiş ve sıvı fazı ayrılmıştır. Tüplerdeki kalıntılar 65°C'de gece boyunca kurutularak protein miktarları belirlenmiştir.

$$\% \text{ Protein Sindirilebilirliği} = \left( \frac{\text{Numunedeki \% protein} - \text{Kalıntıdaki \% protein}}{\text{Numunedeki \% protein}} \right) \quad (3.1)$$

#### 3.4.7. Fitik Asit Analizi

Seçilmiş örneklerdeki fitik asit miktarı Haug ve Lantzsch (1983)'e göre analiz edilmiştir. Bunun için 0,1 g örnek üzerine 10 mL 0,2 N HCl çözeltisi ilave edilmiş ve 1 saat 25°C'de çalkalamalı inkübatörde (WIS-20R, WiseCube Shaking Incubator, Korea) 100 rpm'de karıştırılmıştır. İnkübasyondan sonra test tüplerine aktarılan karışım 4136×g'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstraktlardan

0,5 mL alınarak üzerine 1 mL demir (III) çözeltisi ilave edilmiş, 30 dakika kaynayan suda bekletilmiştir. Daha sonra buz banyosunda 15 dakika soğutulmuştur. Oda sıcaklığına gelen karışıma 2 mL 2,2' bipyridine (D 9132 Sigma Aldrich) çözeltisi eklenmiştir. Örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede (Agilent Technologies Cary60 UV-Vis, Malezya) 519 nm'de okunarak kuru maddede fitik asit miktarları kalibrasyon eğrisinden belirlenmiştir. Fitik asitin sodyum tuzu ile hazırlanan kalibrasyon eğrisinin denklemi  $y=-0,0263x+1,0489$  ve  $R^2=0,9975$ 'dir. Analizler 3 paralelli yapılmıştır.

#### 3.4.8. Kondanse Tanen Analizi

Kondanse tanen analizi Onyango vd. (2004) metoduna göre yapılmıştır. Örneklerdeki kondanse tanenlerin ekstrakte edilmesi için 1 g numune üzerine 10 mL % 1 lik HCl/metanol çözeltisi (h/h) ilave edilerek 25°C de 20 dakika çalkalamalı inkübatörde 146 rpm'de karışmaya bırakılmıştır. Karışan çözeltiler 4136 g'de ve 4 °C'de 15 dakika santrifüj edilerek ekstraktları ayrılmıştır. Elde edilen ekstraktlardan 1 mL alınarak üzerine 5 mL %8 HCl/metanol-%4 vanilin/metanol karışımı eşit miktarda olacak şekilde eklenmiştir. Karışım ışık almayacak şekilde 20 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve spektrofotometrede 500 nm'de HCl-vanilin karışımına karşı okunmuştur. Kateşin (Fluka 43412, (+) catechin) ile hazırlanan kalibrasyon eğrisinden  $y=1,7054x+0,0049$ ,  $R^2=0,9846$  örneklerdeki kondanse tanen miktarları kuru madde üzerinden kateşin cinsinden belirlenmiştir. Analizler 3 paralelli yapılmıştır.

### 3.5. İSTATİKSEL ANALİZ

Ekstrüzyon koşullarından sıcaklık ve vida hızı ile gam miktarının toplam nişasta, *in vitro* nişasta ve protein sindirilebilirliği, diyet lif, fitik asit ve kondanse tanen içerikleri üzerine etkisi faktöriyel düzende üç yönlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile bulunmuştur. Verilerin varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmesi amacıyla SPSS versiyon 16.0 (SPSS Inc., Chiacago, IL) istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. ANOVA sonucunda önemli bulunan farklılıklar  $p<0,05$  önem düzeyi ile değerlendirilmiştir. Grafikler için Sigma Plot 10. (SigmaPlot for Windows version 10.0, Systat software) paket programı kullanılmıştır.





## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. HAMMADDE BİLEŞİM ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada kullanılan bakla unu, yoğurt ve ekstrüde edilmek üzere hazırlanan tarhana karışımlarının bileşim analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bakla unu, yoğurt ve hazırlanmış bakla tarhanalarının genel bileşim analizleri

	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	K.H.(%)
Bakla unu	10,6 <sup>1</sup> ± 0,32	27,07 ±0.28	1,54 ± 0.17	3,85 ± 0.02	56,94
Yoğurt	81,29± 0.18	7,56 ±0.05	7,10 ± 0.02	0,71 ± 0.05	3,34
Tarhana <sup>2</sup>	8,67 ± 0.04	23,56 ±0,05	4,42 ± 0.10	3,45 ± 0.01	59,90
Tarhana+%1Gam	8,29 ± 0.02	20,10 ±0.05	2,54± 0.11	3,68 ± 0.03	65,39
Tarhana+%4Gam	8,09 ± 0.07	19,67 ±0.03	2,17± 0.13	3,89 ± 0.11	66,18

<sup>1</sup>ortalama±SS, <sup>2</sup>Tarhana numunelerine formülasyona göre eşit miktarda nişasta ilave edilmiştir. n=3, K.H.: karbonhidrat

Bakla unun genel bileşim sonuçları nem, protein, yağ, kül ve karbonhidrat için sırayla %10,6, 27,07, 1,54, 3,85 ve 56,94 olarak tespit edilmiştir. Bakla tarhanalarının ham madde bileşim sonuçlarına göre gam içermeyen tarhana karışımı daha düşük karbonhidrat değerine sahiptir ve eklenen keçi boynuzu gamı arttıkça fermente karışımın karbonhidrat miktarıda artış göstermiştir, bu artışın keçi boynuzu gamının kendisinin diyet lifi olmasından [Grados ve Cruz, 1996] kaynaklandığı düşünülmüştür. Bakla ve yoğurt kullanılarak fermente edilen karışımın protein değerinin baklaya göre az olmasının nedeni tarhana içerisinde bakla dışında geriye kalan %50’yi oluşturan bileşenlerin (yoğurt, domates tozu, tatlı toz biber, maya) protein oranının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.2. TOPLAM NİŞASTA VE NİŞASTA SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ

Bakla unu, fermente karışımların ve ekstrüde ürünlerin toplam nişasta miktarları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Bakla ununda toplam nişasta miktarının %47,8 olduğu tespit edilmiştir. Ekstrüde edilmiş ürünlerde toplam nişasta miktarı %44,3 ile %54,0 arasında değişmiştir. Vidal-Valverde vd. (1998) prosesin baklanın besinsel ve antibesinsel faktörlere etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada proses edilmemiş bakla ununda toplam nişasta miktarını %47,24 olduğunu rapor etmişlerdir. Ekstrüzyon prosesinden sonra ürünlerin toplam nişasta miktarı genel olarak birbirine yakın bulunmuştur. Literatürde yapılan bir araştırmada ekstrüzyondan sonra toplam nişasta miktarında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Nişastanın tamamının ekstrüzyon pişirme ile jelatinize olduğu bildirilmiştir [Lue vd., 1991]. Nalle vd. (2011) bezelyeler üzerinde yaptıkları çalışmada ham bezelyedeki toplam nişasta miktarını %46,5 ve 140°C ekstrüde olan üründe %46,0 olarak hesaplayarak ekstrüzyon sonrasındaki toplam nişastadaki değişimin önemsiz olduğunu ( $p>0,05$ ) tespit etmişlerdir.

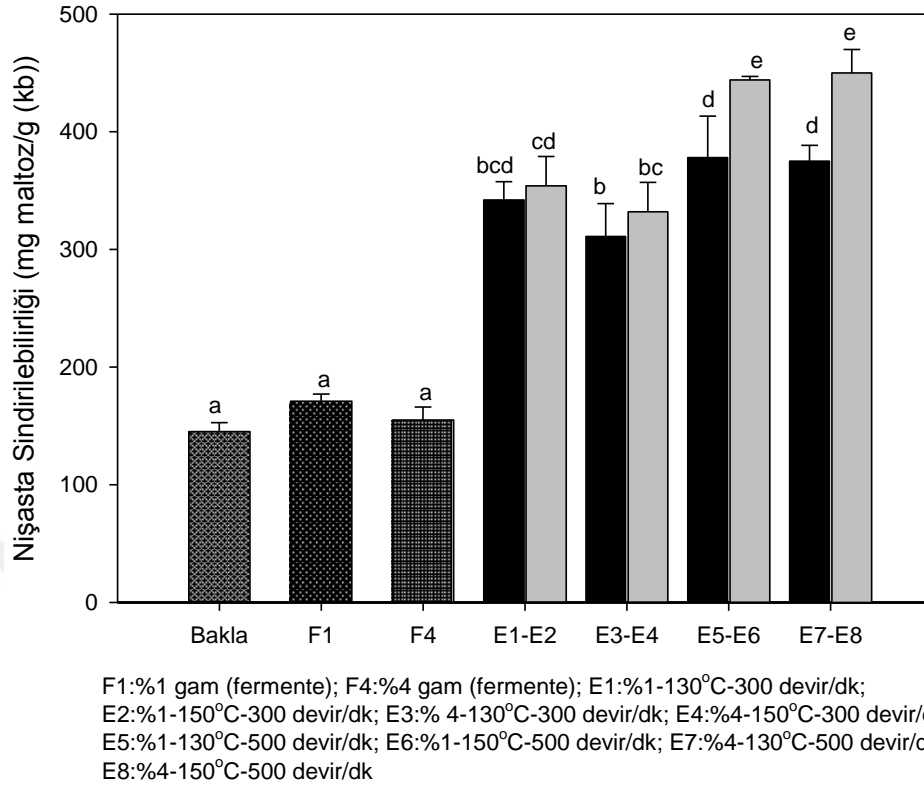
Çizelge 4.2. Ürünlerin toplam nişasta miktarları

Ürün kodu	Gam oranı (%)	Vida hızı (devir/dakika)	Sıcaklık (°C)	Toplam nişasta <sup>1</sup> (%)
BaklaUnu	----	----	----	47,8±4,3 <sup>abc</sup>
F1	1	----	----	56,2±2,2 <sup>f</sup>
F4	4	----	----	53,7±4,2 <sup>def</sup>
E1	1	300	130	44,3±0,7 <sup>abc</sup>
E2	1	300	150	48,2±2,5 <sup>abc</sup>
E3	4	300	130	51,4±0,6 <sup>cde</sup>
E4	4	300	150	51,0±2,0 <sup>bcd</sup>
E5	1	500	130	48,1±1,4 <sup>abc</sup>
E6	1	500	150	54,0±3,1 <sup>ef</sup>
E7	4	500	130	46,4±1,2 <sup>ab</sup>
E8	4	500	150	49,1±1,5 <sup>abcd</sup>

<sup>1</sup>ortalama±SS (Farklı harfler değerler arasında  $p<0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.)

Bakla ununun ve ekstrüde ürün karışımlarının fermentasyon ve ekstrüzyon sonrasında nişasta sindirilebilirliği değişimleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Yapılan analizler sonucunda bakla unundaki nişasta sindirilebilirliği 145,2 mg maltoz/g (kb) olarak bulunmuştur. Fermente edilmiş karışımların nişasta sindirilebilirlik değerleri 155,4-171,0 mg maltoz/g (kb), ekstrüde edilmiş ürünlerde ise 311,0-450,0 mg maltoz/g (kb) aralığında değişmiştir. Bulunan bu sonucun literatürdeki sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Alonso vd. (2000b) ekstrüzyon ve geleneksel proses uygulamalarının bakla ve barbunyadaki nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisini açıklamak için yaptıkları çalışmada bakla unundaki nişasta sindirilebilirliğini 159 mg maltoz/g numune olarak saptamışlardır. Yapılan bu çalışmada ekstrüzyon prosesinin nişasta sindirilebilirliğini artırdığı rapor edilmiştir. Şekil 4.1’de verilen analiz sonuçlarına göre fermentasyon işleminin nişasta sindirilebilirliğine etkisi önemli bulunmazken ( $p>0.05$ ) ekstrüzyon prosesinin örneklerdeki nişasta sindirilebilirliğini önemli derecede ( $p<0.05$ ) artırdığı gözlenmiştir. Buna ek olarak varyans analiz sonuçlarına göre ekstrüzyon proses değişkenlerinden vida hızı ve sıcaklığın nişasta sindirimine etkisi önemli bulunurken ( $p<0.05$ ), eklenen gam oranının etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ) (Çizelge 4.3).

Literatürde nişasta sindirilebilirliğinin ekstrüzyonla değişimi üzerine birçok çalışma mevcuttur. Sun vd. (2006) ekstrüzyonla pişirmenin farklı nişasta kaynaklarında nişasta sindirilebilirliğine olan etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada ekstrüzyon tekniğinin bezelye tanelerinin nişasta sindirilebilirliğini önemli oranda geliştirdiği ve bu sonuçların daha önceden Bengala-Freire, (1991) tarafından kış bezelyesi için rapor edilen sonuçları doğruladığı görülmüştür. Alonso vd. (2000a) bildirdiği sonuçlara göre bezelyelerin ekstrüzyonu nişasta ve protein sindirilebilirliğini artırmaktadır, bunun büyük ihtimalle direkt olarak ekstrüzyonun nişasta granüllerine etki etmesinden kaynaklandığını kabul etmişlerdir [Alonso vd., 2000b].



Şekil 4.1. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisi (Farklı harfler değerler arasında  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.)

Yüksek sıcaklıkta nişasta sindirilebilirliğinin daha fazla olduğu Şekil 4.1’de görülmektedir. Üç yönlü varyans analiz sonucuna göre sıcaklığın nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.3). Sabit gam oranlarında (%1 ve %4) ve 300 devir/dk koşullarında üretilen ekstrüde ürünlerde sıcaklığın 130°C’den 150°C’ye artırılması nişasta sindirilebilirliğini artırmıştır (E1-E2, E3-E4). Bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmazken vida hızının 500 devir/dk’ya artmasıyla sıcaklığın nişasta sindirilebilirliğini önemli derecede artırdığı (E5-E6, E7-E8) gözlenmiştir (Şekil 4.1). Sıcaklık ve vida hızı arasındaki etkileşimin nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3). Asp ve Björck (1984) yaptıkları çalışmada yüksek sıcaklık (170°C) ve yüksek gerilimin etkisiyle nişastanın daha yüksek oranlarda sindirildiğini belirtmişlerdir. Erime, jelatinizasyon, parçalanma, dekstrinizasyon gibi nişasta yapısındaki değişiklikler; su/nişasta oranı, sıcaklık, kesme, parça büyüklüğü,

amiloz/amilopektin oranı gibi faktörlerden etkilenir [Chinnaswamy ve Hanna, 1988; Badrie ve Mellows, 1992; Bhatnagar ve Hanna, 1994]. Jelatinizasyonun nişasta sindirilebilirliğini arttırıcı yönde etki ettiği bildirilmiştir [Colonna vd., 1992].

Çizelge 4.3. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin in vitro nişasta sindirilebilirlik miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri (p)
Gam oranı (GO)	891.394	1	891.394	1.739	.206
Vida hızı (VH)	35869.639	1	35869.639	69.982	.000
Sıcaklık	11418.319	1	11418.319	22.277	.000
GO x VH	1230.893	1	1230.893	2.401	.141
GO x Sıcaklık	123.870	1	123.870	.242	.630
VH x Sıcaklık	4433.445	1	4433.445	8.650	.010
GO x VH x Sıcaklık	.013	1	.013	.000	.996
Hata	8200.872	16	512.554		

Sabit gam oranında (%1 ve % 4) vida hızının 300 devir/dk'dan 500 devir/dk'ya arttırılması nişasta sindirilebilirliğini önemli ölçüde etkilemiştir. Yüksek vida hızı ve sıcaklığa sahip E6 ve E8 ürünlerinin nişasta sindirilebilirliği istatistiksel açıdan diğer ürünlerden farklı bulunmuştur (Şekil 4.1). Ekstrüzyon prosesinin nişasta molekülü üzerine ana etkisi jelatinizasyondur, granüller şişerek kristal yapılarını kaybederler ve viskoz bir yapı kazanırlar [Berk, 2013; Kitabatake ve Doi, 1992]. Wang ve Copeland (2013) yaptıkları çalışmada insan beslenmesinde sıklıkla tüketilen nişastanın gıda işleme proseslerinden ısıtmaya maruz kalması durumunda nişasta granüllerinde jelatinizasyon olduğunu rapor etmişlerdir. Nişasta jelatinizasyonu sindirilmeyi etkilediği için önemlidir [Wang ve Copeland, 2013]. Enzimler jelatinize olmuş nişastada daha yüksek etkinlik göstermektedirler [Berk, 2013]. Ekstrüzyon nişasta granüllerinin tam yada kısmi olarak yıkımına neden olmaktadır [Gray ve Chinnaswamy, 1995]. Bouvier (2001) tarafından yapılan çalışmaya göre tek başına ısının gerçekleştirdiği etki yeterli vida hızı uygulandığında nişasta moleküllerinin kristal halindeki düzenli yapısının kaybının daha kısa sürede

gerçekleşeceğini belirtmiştir. Bu ekstrüder vidalarının arasında amilopektin moleküllerinin bozulması ile açıklanabilir. Bu durum nişasta granüllerinin fiziksel yıkımına sebebiyet vermektedir. Nişastanın molekül ağırlığının azalmasıyla nişasta daha kolay erişilebilir hale gelmektedir [Camire, 2001]. Sonuç olarak, sıcaklık, kesme ve basınç gibi ekstrüzyon işlem parametreleri nişastanın jelatinizasyon oranının hızlandırabilir [Altan vd., 2009]. Diaz vd., (2006) bezelye, bakla ve acı bakla tanelerinde ekstrüzyonun etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada ekstrüzyon sonrası nişasta sindirilebilirliği değerlerini bakla için % 11,39 dan %85,05'e, bezelye için %11,8 den %85,37'e, acı bakla (lupin) için %54,48 den % 100'e çıktığını bildirmişlerdir.

#### 4.3. DİYET LİF

Bakla unu, fermente olmuş karışımlar ve ekstrüde edilmiş ürünlerin toplam, çözünür ve çözünmeyen diyet lif miktarları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bakla ununda toplam diyet lif miktarı % 12,53, fermente ürünlerde %18,36-19,56 ve ekstrüde olmuş ürünlerde %20,68-24,37 aralığında bulunmuştur. Bakla ve soya fasulyesinin besinsel ve antibesinsel faktörlerini belirlemek için yapılan çalışmada bakla unundaki toplam diyet lif miktarı %16,82 bulunmuştur [El-Shemy, 2000]. Sonuçlardaki bu farklılığın kullanılan bakla bitkisinin türünden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Eklenmiş olan gam oranı ürünlerdeki toplam diyet lif miktarını önemli derecede etkilemiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.4). Bu etkinin kullanılan keçiboynuzu gamının çözünebilir diyet lif [Grados ve Cruz, 1996] olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.4) vida hızı ve sıcaklığın toplam diyet lifi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Düşük gam oranında (%1) sıcaklığın 130°C'den 150°C'ye artırılması toplam diyet lif miktarının önemli bir şekilde artmasına sebep olmuştur (E1-E2, E5-E6) (Şekil 4.2a). Björck vd. (1990) arpa ununa uygulanan ekstrüzyon tekniğinin ürünlerdeki diyet lif miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Bu artışın sindirilmeyen nişasta fraksiyonlarının artışından olduğunu savunmuşlardır. Yüksek gam oranında (%4) ve vida hızında (500 devir/dakika) sıcaklığın 130°C'den 150°C'ye artırılması toplam diyet lif miktarında düşüş gözlenmiştir (E7-E8).

Çizelge 4.4. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin toplam diyet lif miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri (p)
Gam oranı (GO)	1.115	1	1.115	4.576	.048
Vida hızı (VH)	7.593	1	7.593	31.163	.000
Sıcaklık	6.333	1	6.333	25.991	.000
GO x VH	3.593	1	3.593	14.747	.001
GO x Sıcaklık	26.177	1	26.177	107.442	.000
VH x Sıcaklık	.082	1	.082	.337	.569
GO x VH x Sıcaklık	7.320	1	7.320	30.044	.000
Hata	3.898	16	.244		

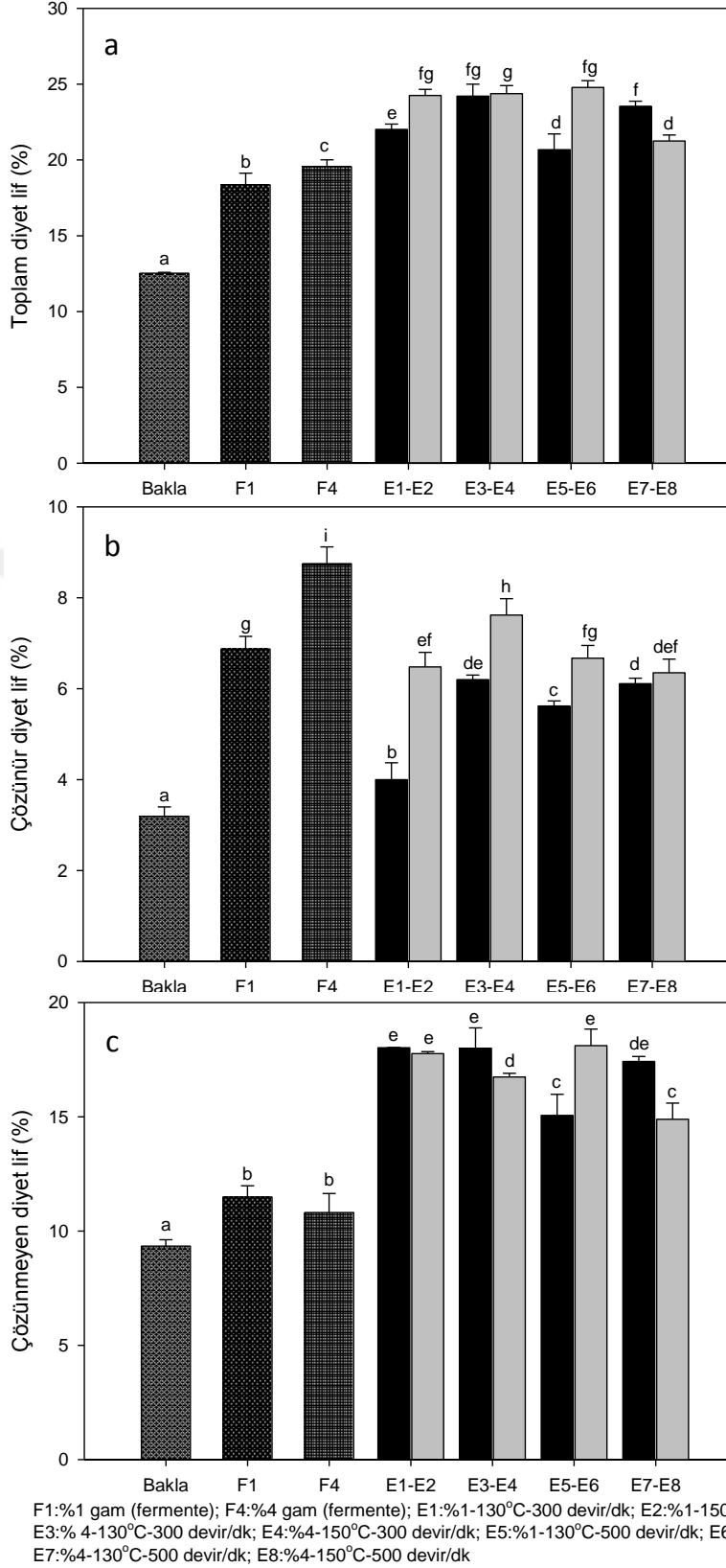
Çözünür diyet lif analiz sonuçları bakla unu için %3,19, fermente ürünler için %6,87-8,75 ve ekstrüde ürünler için %4,00-7,62 aralığında bulunmuştur. Elde edilen sonuçların birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu ve ekstrüzyon prosesinin çözünür diyet lifler üzerine etkisinin önemli olduğu ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Ekstrüzyon öncesi karışımlara çözünebilir bir gam olan keçi boynuzu gamının eklenmesi beklenildiği gibi karışımların çözünür diyet lif miktarlarını artırmıştır (Şekil 4.2a). Ekstrüzyon sonrası çözünür diyet miktarında düşüş olmakla birlikte proses koşullarındaki değişimle ekstrüde ürünlerin çözünür diyet lif miktarlarında kendi aralarında artış gözlenmiştir. Ekstrüzyon parametrelerinden sıcaklığın çözünür diyet lifler üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.5). Varyans analizine göre aynı gam ve vida hızına sahip ürünlerde sıcaklığın 130°C'den 150°C'ye artırılması ürünlerin çözünür diyet lif miktarlarını genellikle artırmıştır (E1-E2, E3-E4, E5-E6) (Şekil 4.2b). Çift vidalı ekstrüzyonun soya fasülyesindeki çözünebilir ve fizikokimyasal özelliklerine olan etkisini açıklamak için yapılan çalışmada çözünür diyet lif miktarlarının ekstrüzyon sıcaklıklarının artmasıyla arttığını ve maksimum değere 110°C'de ulaştığını rapor etmişlerdir [Jing vd., 2013]. En yüksek çözünebilir diyet lif miktarı yüksek sıcaklık değeri olan 150°C'ye sahip E4 üründe %7,62 ve en düşük çözünebilir diyet lif miktarına 130°C'ye sahip E1 üründe %4,00 tür. E4 üründeki yüksek çözünebilir diyet lifi değeri gam oranı

ve sıcaklık etkileşiminin varyans analizine göre (Çizelge 4.5) çözünebilir diyet lif miktarında önemli olduğunu göstermektedir ( $p<0,05$ ). Varyans analiz sonucuna göre diğer ekstrüzyon parametresi olan vida hızı çözünebilir lifler için önemli derecede etkili bulunmamıştır ( $p>0,05$ ) (Çizelge 4.5). Aynı sıcaklık ve gam oranına sahip ürünlerde vida hızının 300 devir/dk'dan 500 devir/dk'ya çıkarılması çözünebilir diyet lif miktarını artırmıştır (E1-E5) ve bu sonuç istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Şekil 4.2b). Vida hızının artırılması ürünlerdeki çözünebilir ve çözünemeyen diyet lif dağılımını değiştirmiştir.

Çizelge 4.5. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin çözünebilir diyet lif miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri (p)
Gam oranı (GO)	4.647	1	4.647	123.854	.000
Vida hızı (VH)	.076	1	.076	2.033	.173
Sıcaklık	10.120	1	10.120	269.740	.000
GO x VH	3.783	1	3.783	100.847	.000
GO x Sıcaklık	1.304	1	1.304	34.749	.000
VH x Sıcaklık	2.562	1	2.562	68.285	.000
GO x VH x Sıcaklık	.025	1	.025	.657	.430
Hata	.600	16	.038		





Şekil 4.2. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin diyet lif miktarları üzerine etkisi (Farklı harfler değerler arasında  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.)

Çözünmez diyet lif sonuçları bakla unu için %9,34, fermente karışımlar için %10,81-11,49 aralığında ve ekstrüde ürünler için %14,89-18,02 aralığında hesaplanmıştır (Şekil 4.2c). Şekil 4.2c ve Şekil 4.2b'deki sonuçlardan eklenen keçi boynuzu gamının çözünür diyet lif olmasından dolayı eklendiği fermente karışımlardaki çözünür diyet lif miktarlarını arttırarak çözünmeyen diyet lif miktarları azalttığı fark edilmektedir. Şekil 4.2a'daki sonuçlara bakıldığında genel olarak toplam diyet lif miktarının ekstrüzyon prosesi ile arttığı belirtilmiştir ama ekstrüzyon parametrelerinin değişimi bu toplam diyet lif içerisindeki çözünür ve çözünmeyen diyet lif oranlarını değiştirmiştir. Nişasta açısından zengin patates ve buğday gibi gıdaların ekstrüzyonla işlenmesiyle yapılan başka çalışmalarda çözünmeyen diyet lif miktarında azalma olduğu rapor edilmiştir [Asp vd., 1984; Theander vd., 1987].

Sıcaklığın 130°C'den 150°C'ye artırılması çözünmeyen diyet liflerde ürün bazında azalmaya neden olmuştur, bu azalmanın çözünmeyen liflerin sıcaklığın etkisiyle çözünebilen liflere dönüşmesi şeklinde olduğu ve toplam diyet lifteki artışın bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Varyans analizinde proses parametrelerinden vida hızının ve eklenen gam oranının çözünmez diyet lifler üzerine etkisi önemli ( $p<0,05$ ) bulunurken sıcaklığın etkisi önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.6). Sabit gam (%1, %4) ve sıcaklık (130, 150°C) değerlerinde vida hızının 300 devir/dk'dan 500 devir/dk'ya çıkarılması ürünlerdeki çözünmeyen diyet lif miktarını (E1-E5, E3-E7, E4-E8) azaltmıştır ve bu azalışların birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ) (Şekil 4.2c). Artan vida hızlarının etkisiyle kayma gerilimi çözünmeyen diyet lif makromolekülleri gererek aralarındaki kimyasal bağların kopmasına neden olur ve bunun sonucunda çözünebilen daha küçük moleküllerin oluşmasına imkan sağlamaktadır [Jones, 1992].

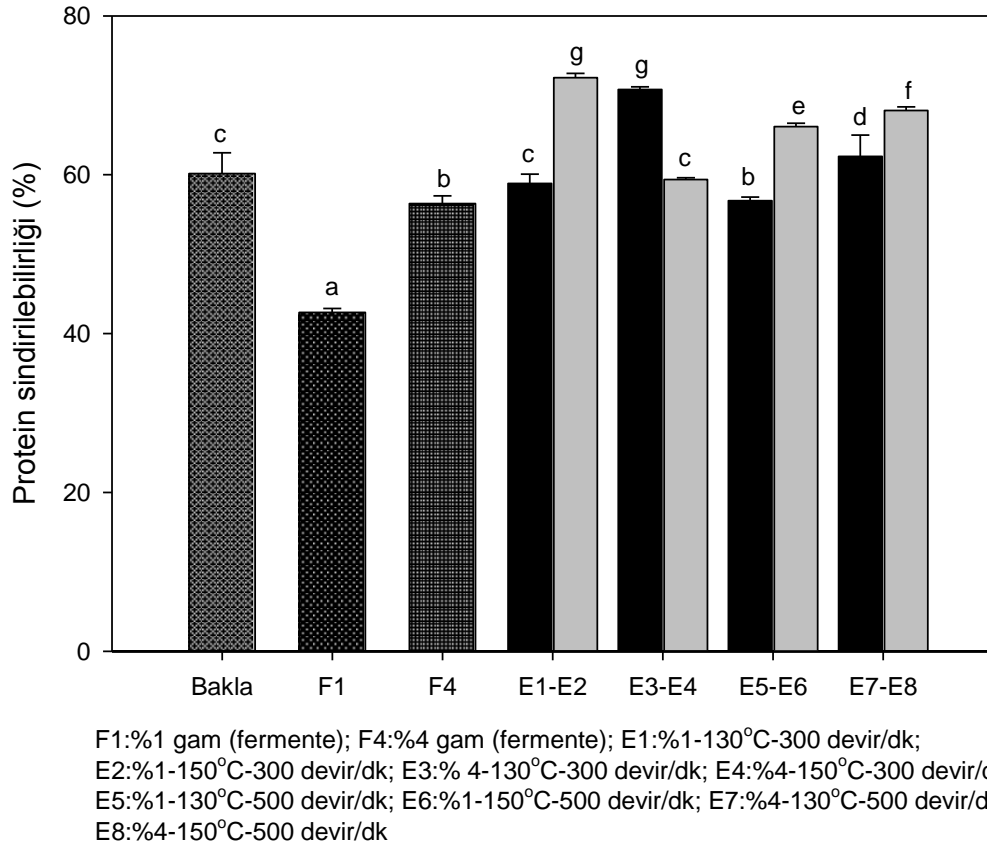
Çizelge 4.6. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin çözünmeyen diyet lif miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri (p)
Gam oranı (GO)	1.343	1	1.343	4.827	.043
Vida hızı (VH)	9.554	1	9.554	34.339	.000
Sıcaklık	.367	1	.367	1.318	.268
GO x VH	.011	1	.011	.039	.845
GO x Sıcaklık	16.239	1	16.239	58.367	.000
VH x Sıcaklık	1.584	1	1.584	5.695	.030
GO x VH x Sıcaklık	7.858	1	7.858	28.246	.000
Hata	4.451	16	.278		

#### 4.4. PROTEİN SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ

İşlem görmemiş bakla unundaki protein sindirilebilirliği %60,15 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3). Williams ve Nakkoul'un (1983) bakliyatların besinsel kalitelerini belirlemek için yaptıkları çalışmada bakla unundaki protein sindirilebilirliğini %59 olarak tespit etmişlerdir. Pekşen ve Artık (2005) tarafından yapılan çalışma bakladaki protein sindirilebilirliğinin diğer bakliyat türlerinden daha düşük olmasının sebebinin tripsin inhibitöründen kaynaklı olabileceğini bildirmişlerdir [Artık ve Pekşen, 2005]. Literatürde bakliyalarda bulunan fitik asit miktarlarında protein sindirilebilirliğine tripsin inhibitörler gibi etki ettiği rapor edilmiştir. Fitik asitlerin mineral ve proteinlerin biyolojik olarak ulaşılabilirliğini azaltarak besinsel açıdan gıdaların kalitelerini azalttığı gözlenmiştir [Frossard vd., 2000]. Analiz sonucunda bakla ununda fitik asit değeri 14,41 mg fitik asit/g (kb) olarak hesaplanmış ve bu değer fazlalığının bakladaki protein sindirimini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Fermentasyon işlemine tabi olan bakla tarhanalarında protein sindirilebilirliği %1 ve %4 gam oranlarına sahip karışımlar için sırasıyla %42,66; %56,36'dır. Çizelge 4.1'deki sonuçlarda tarhanaların ham bakla ununa göre protein değerleri daha düşük bulunmuştur. Bunun sonucunda protein sindirilebilirlik değerlerindeki bundan kaynaklanarak bakla ununa göre daha düşük değerlerde olabileceği düşünülmüştür ve analiz sonuçlarında bunu doğruladığı tespit edilmiştir

(Şekil 4.3). Fermentasyon süresince laktik asit bakterileri tarafından enerji kaynağı olarak proteinlerin kullanılabilmesi ve bu durumda amino asit miktarlarının azalmasıyla karışımların protein sindirilebilirliği değerlerinde azalabileceği düşünülmüştür [Bhattacharya, 1988]. Üç değişkenli varyans analiz sonuçlarına göre ürünlere eklenen gam oranının istatistiksel olarak protein sindirilebilirliğini önemli derecede etkilediği görülmüştür ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.7). Eklenen keçi boynuzu gamının protein değerinin % 8,11 olduğu daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir [Grados ve Cruz, 1996]. Eklenen gam miktarı arttıkça protein miktarı artmış ve protein miktarı artmasıyla proteinlerin sindirilebilme kapasitelerinde arttığı gözlenmiştir. Ekstrüzyon prosesinin ürünlerdeki sindirilebilme oranlarını %56,36-42,66 değer aralığından %72,23-56,74 aralığına artırdığı görülmüştür (Şekil 4.3). Literatürde ekstrüzyon prosesinin ürünlerdeki protein sindirilebilirliğini artırdığını rapor eden birçok çalışma mevcuttur [Alonso vd., 2000b; Abd El-Hady vd., 2003].



Şekil 4.3. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin protein sindirilebilirliği üzerine etkisi (Farklı harfler değerler arasında  $p<0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.)

Varyans analizinde (ANOVA) ekstrüzyon parametrelerinden sıcaklık ve vida hızının ürünlerin protein sindirilebilirliklerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.7). Aynı vida hızı ve gam miktarına sahip ürünlerde sıcaklığın  $130^{\circ}\text{C}$ 'den  $150^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkarılması ürünlerdeki protein sindirilebilirliğini artırmıştır (E1-E2, E5-E6, E7-E8). Şekil 4.3'ten sindirilebilirlik değerlerindeki bu artışın birbirinden istatikselsel olarak farklı ve önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Sıcaklığın etkisiyle meydana gelen bu değişim ANOVA sonuçlarında doğrulamaktadır. Ekstrüzyon parametrelerinin etkisiyle ürün içerisinde bulunan antibesinsel faktörlerin de aynı ekstrüzyon şartları tarafından ortadan kaldırılarak protein sindirilebilirliğini artırabileceği belirtilmiştir [Asp ve Björck, 1989]. Baklagil tanesindeki sindirilebilir protein miktarı anti-besinsel faktörlerin varlığından etkilenmektedir [Liener vd., 1980]. Isının etkisiyle ısıya duyarlı proteaz inhibitörleri ve proteinler denatüre olarak, özellikle globulin yapılarının açılması onları proteaz enzimlerine daha az dirençli kılmaktadır, bu da proteinlerin enzimatik olaylarda kullanılabilirliğini artırmaktadır [Walker ve Kocher, 1982]. Aynı gam oranı ve sıcaklık değerlerine sahip ekstrüde ürünlerde vida hızının 300 devir/dk'dan 500 devir/dk'ya çıkarılması ürünlerdeki (E1-E5, E2-E6, E3-E7) protein sindirilebilirliği değerlerini düşürmüştür (Şekil 4.3) ve bu değişim istatikselsel olarak önemli düzeyde etkili bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.7). Ekstrüzyon sırasında yüksek sıcaklık ( $>180^{\circ}\text{C}$ ) ve yüksek vida hızında ( $>100$  devir/dk) Maillard reaksiyonlarının oluştuğu bilinmektedir [Cheftel, 1990]. Onyango vd. (2004) ekstrüzyon sırasında protein miktarlarında ve sindirilebilirliğinde daha fazla kayıpların Maillard reaksiyonlarının etkisiyle de olabileceğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.7. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin in vitro protein sindirilebilirlik miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

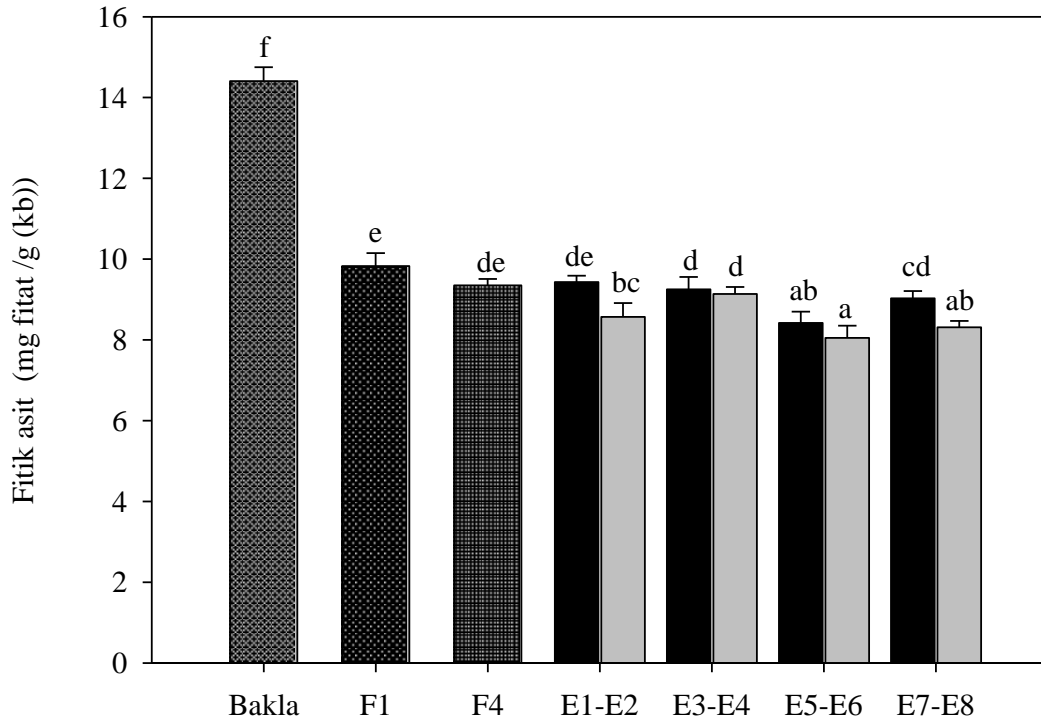
Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri(p)
Gam oranı (GO)	16,879	1	16,879	22,836	,000
Vida hızı (VH)	24,853	1	24,853	33,624	,000
Sıcaklık	108,437	1	108,437	146,707	,000
GO x VH	27,367	1	27,367	37,026	,000
GO x Sıcaklık	299,834	1	299,834	405,652	,000
VH x Sıcaklık	65,344	1	65,344	88,406	,000
GO x Sıcaklık x VH	168,712	1	168,712	228,254	,000
Hata	11,826	16	,739		

Düşük nem içeriğine sahip ekstrüde ürünlerde ısının etkisiyle Maillard reaksiyonlarının oluşabileceği düşünülmüştür. Bu reaksiyonların baklada en yüksek oranda bulunan esansiyel amino asitlerden lizin miktarında azalmaya yol açtığı yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir [Björck vd., 1984]. Yüksek sıcaklık ve yüksek vida hızına sahip E6 ve E2 ürünlerinde vida hızının artırılmasıyla meydana gelen azalmanın Maillard reaksiyonu sonucunda lizin miktarında meydana gelen azalmadan kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Bhattacharya (1988) buğday ve balık unları karışımları kullanarak yaptığı çalışmada vida hızının protein sindirilebilirliğine etkisinin önemsiz olduğunu rapor etmiştir. Yapılan bu çalışmada vida hızının ekstrüde ürünlerin besinsel değerlerine olan etkilerini tahmin etmenin aynı anda gerçekleşen zıt iki olaydan dolayı zor olduğunu bildirmiştir [Bhattacharya, 1988]. Vida hızındaki artış gıdanın ekstrüder içinde kalış süresini kısaltır böylece gıdada ısının etkisiyle oluşan hasar azdır ama vida hızının artmasıyla kaymanın etkisiyle oluşan hasar artmaktadır. En yüksek protein sindirilebilirliği değerine sahip olan ekstrüde ürün E2 ürünüdür ve protein sindirilebilirliği %72,23 tür. E2 ürünün ekstrüzyon parametreleri 150°C ve 300 devir/dk'dır. Sıcaklığın etkisiyle denatüre olan proteinler ve proteolitik enzim aktivitelerinin inhibasyonu sayesinde proteinlerin daha sindirilebilir forma dönüştükleri ve düşük vida hızıyla daha uzun süre

ekstrüderin içinde kalarak sindirilebilme değerlerini artırdıkları düşünülmüştür. Literatürde bulunan daha önceki çalışmalarda 100 devir/dk'ın üzerindeki vida hızlarının kullanımında lizin miktarında azalmaların oluştuğunu ve bunun sonucunda protein sindirilebilmesinin azaldığını bildirmişlerdir [Bjorck ve Asp, 1984].

#### 4.5. FİTİK ASİT

Bakla ununda fitik asit miktarı 14,41 mg fitat/g (kb) olarak bulunmuştur (Şekil 4.4). Oomah vd. (2011) farklı bakla çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada bakladaki fitik asit miktarını 4,98-21,38 mg fitat/g (kb), Schlemmer vd. (2009) yaptıkları çalışmada 5,1-17,7 mg fitat/g (kb) olarak hesaplamışlardır. Literatürdeki bu verilerin çalışmada elde edilen sonucu doğruladığı görülmüştür.



Şekil 4.4. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın fitik asit miktarı üzerine etkisi (Farklı harfler değerler arasında  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.)

Bakla unu ile tarhana formülasyonu kullanılarak hazırlanan karışımların 6 saatlik fermentasyon sonucunda fitik asit miktarlarının 14,41 den 9,83 ve 9,35 mg

fitat/g (kb)'ma düştüğü bulunmuştur (Şekil 4.4). Ürünlere uygulanan fermentasyon işleminin fitik asit miktarına etkisinin önemli olduğu ( $p<0,05$ ) sonucuna ulaşılmıştır. Çeşitli tahıl ürünlerine ıslatma, kabuk soyma, çimlendirme ve fermentasyon işlemlerinin uygulandığı bir çalışmada proseslerin üründeki fitik asit miktarlarını azaltma dereceleri saptanmıştır. Sonuç olarak çimlendirme ve fermentasyon işlemlerinin fitik asit içeriğini azalttığı belirlenmiştir [Mitchikpe vd., 2008]. Fermentasyon süresi uzadıkça fitat tahribatı artmaktadır. Ter-sarkissian vd. (1974) yaptıkları çalışmada 8 saat fermente edilen ekşi hamurda fitatın tamamen tahrip olduğunu ifade etmişlerdir. Geleneksel işleme yöntemlerinin tahıllarda bulunan fitik asit miktarlarında meydana getirdiği değişimi incelemek için yapılan bir çalışmada fermentasyonun önemli düzeyde fitik asit miktarında azalmaya sebep olduğu saptanmıştır [Abdalla vd., 1998]. Fitik asitte fermentasyon işlemi ile meydana gelen azalmaya fermentasyon sırasında serbest kalan fitaz enzimi etkili olmuştur. Ayrıca bitki ve mikroorganizmaların içinde doğal olarak mevcut olan fitatları bozma özelliğine sahip endojen fitaz aktivasyonunun bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Literatürdeki çalışmalarda da araştırmacılar, fermente edilen unların fitik asit seviyelerinde meydana gelen azalmanın fitaz enziminin aktivitesinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir [Kerovuo vd., 2000; AbdelRahaman vd., 2005; Idris vd., 2005].

Yapılan analizler sonucunda bakla ekstrüde ürünlerindeki fitik asit miktarları 9,43-8,05 mg fitat/g (kb) aralığında bulunmuştur (Şekil 4.4). Varyans analiz sonuçlarına göre ürünlere eklenen gam oranı ve ekstrüzyon proses değişkenlerinden vida hızı ve sıcaklığın fitik asit miktarına etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.8). Yüksek vida hızındaki (500 devir/dk) fitik asit miktarının düşük vida hızındaki (300 devir/dk) fitik asit miktarından daha az olduğu hesaplanmış ve bu sonucun ANOVA sonuçlarındaki vida hızının etkisini doğruladığı görülmüştür (Çizelge 4.8). Aynı vida hızı ve gam oranına sahip ürünlerde sıcaklık değişiminin fitik asit miktarına etkisinin önemli olduğu E1-E2 ve E7-E8 örneklerinde gözlenmiştir ( $p<0,05$ ) (Şekil 4.4). Diğer örneklerde de düşüş gözlenmiştir fakat bu düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



Çizelge 4.8. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin fitik asit miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

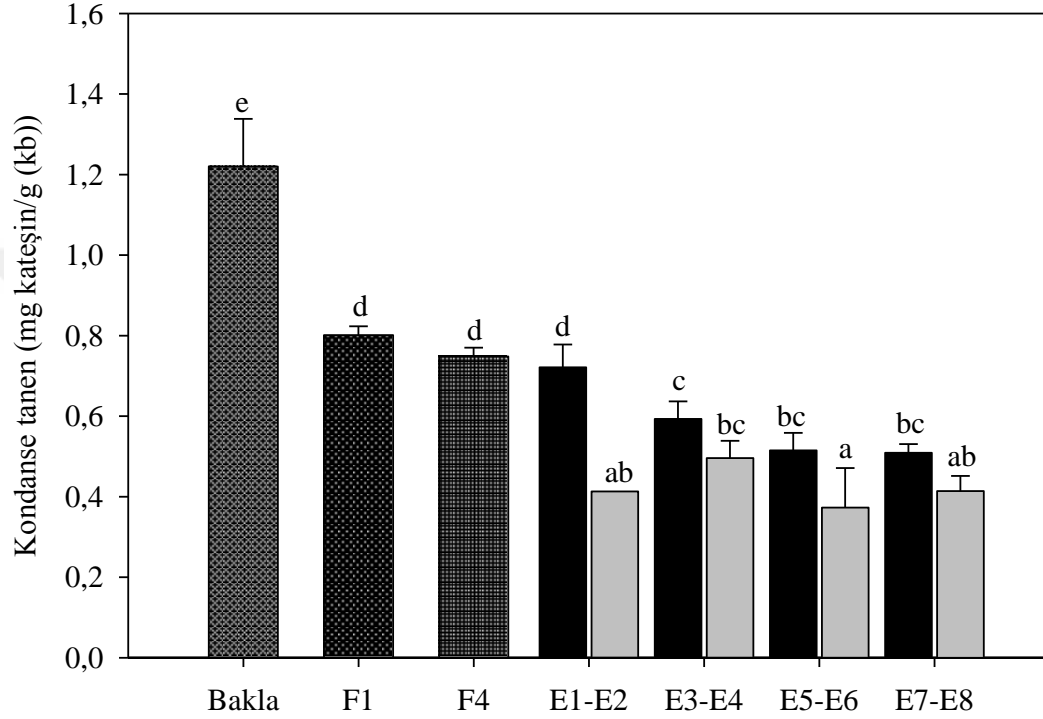
Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri (p)
Gam oranı (GO)	.585	1	.585	7.639	.014
Vida hızı (VH)	2.495	1	2.495	32.583	.000
Sıcaklık	1.585	1	1.585	20.702	.000
GO x VH	.090	1	.090	1.178	.294
GO x Sıcaklık	.059	1	.059	.768	.394
VH x Sıcaklık	.006	1	.006	.076	.786
GO x VH x Sıcaklık	.466	1	.466	6.087	.025
Hata	1.225	16	.077		

Literatürde de ekstrüzyon teknolojisinin farklı bakliyat çeşitleri üzerine etkisini açıklayan çalışmalar mevcuttur [Avin vd., 1992; Bhattacharya ve Prakash, 1994]. Adamidou vd. (2011) yaptıkları çalışmada ekstrüzyon işleminin yüksek sıcaklık ve vida devrinde baklagillerde bulunan fitik asit miktarının azalmasında daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Sıcaklık fitik asit kaybı üzerine etkilidir. Pişme sürecinde 40-55°C de fitaz aktivitesi inositol hegzafosfatı pentafosfat ya da daha düşük molekül ağırlığına sahip bir forma hidrolize etmektedir, bu sonuç Alonso vd., (2000b) yaptıkları çalışmada fitik asit miktarının ekstrüzyonla azatılmasını rapor etmesiyle desteklenmiştir. Buna ilaveten fitatlar ve diğer bileşikler arasında çözünmeyen komplekslerin oluşması fitatların kullanılabilirliğini kısıtlayarak fitik asit miktarlarını azaltmıştır [Kumar vd., 1978]. Sıcaklık arttıkça minerallerin çözünürlüğü ve dolayısıyla fitik asitin çözünürlüğüde artmaktadır. Alonso vd. (1998) 150°C de ekstrüde edilen bezelye (%5,9), baklada (%29) ve barbunyada (% 4) önemli miktarda fitik asit oranında azalma olduğunu ama Abd El- Hady ve Habiba (2003) 140 ve 180°C de çok daha düşük oranlarda fitik asit miktarında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.6. KONDANSE TANEN

Analiz sonuçlarına göre bakla ununda kondanse tanen miktarı 1,22 mg kateşin/g (kb), fermente ürünlerde 0,801-0,748 mg kateşin/g (kb), ekstrüde ürünlerde 0,721-0,373 mg kateşin/g (kb) aralığında bulunmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın kondanse tanen miktarı üzerine etkisi (Farklı harfler değerler arasında  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir.)

Alonso vd. (2000b) yaptıkları çalışmada işlem görmemiş bakla ununda kondanse tanen miktarını 1,95 mg kateşin/g (kb) olarak hesaplamışlardır. Şekil 4.5 teki verilere göre 37°C de 6 saat fermentasyon işlemi kondanse tanenlerde %34-38 oranında azalmaya sebep olmuştur. Coda vd. (2014) bakla ununda yaptıkları çalışmada, 30°C de 48 saat laktik asit fermentasyonunun bakla ununda kondanse tanen miktarını %50 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada fermentasyon sonrasında toplam fenolik madde miktarında bakla unu dışındaki bakliyalarda önemli derecede bir değişikliğin olmadığını ama bakla unu kondanse tanen miktarında azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Kondanse tanenler bakla ve diğer

bakliyalarda en fazla bulunan tanen formu ve flavonoidlerin bir birimidir [Kosinska vd., 2011]. Kondanse tanenlerin bozulması farklı yollar izlemektedir, dekarboksilaz ve oksijenaz gibi çeşitli enzimlerin ve mikropların aktivitesi bunlardan bazılarıdır [Bhat vd., 1998]. Baklada bulunan kondanse tanenlerin miktarında oluşan bu azalmanın endojen ve laktik asit bakterilerinin enzim aktivitelerinden kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir [Coda vd., 2014]. Şekil 4.5’de fermentasyon ve ekstrüzyon proseslerinin kondanse tanenlerin azaltılmasında önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Alonso vd. (1998) farklı türlerdeki bezelyeler üstünde yaptığı çalışmada ekstrüzyon prosesinin çimlendirmeye oranla kondanse tanenlerin yıkımında daha etkili olduğu elde edilmiştir. Ayrıca, Alonso vd. (2000b) ekstrüzyon ve diğer uygulanan proseslerin protein ve antibesinsel faktörler üzerine etkisini incelemek için yaptığı çalışmada, tanen miktarının ekstrüzyonla diğer proseslere oranla daha etkili şekilde azaldığını ifade etmişlerdir.

Genel olarak aynı gam ve vida hızına sahip ekstrüde ürünlerde sıcaklığın 130°C’den 150°C’ye arttırılması kondanse tanenlerin azaltılmasında etkili bulunmuştur (Şekil 4.5). Sıcaklığın etkisinin kondanse tanenlerin azaltılmasında etkili olmasının nedeni kondanse tanenlerin yüksek sıcaklıkta bozulmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde bulunan bazı sonuçlardan ekstrüzyon teknolojisinin proantosiyanidinler gibi yüksek molekül ağırlığına sahip polifenollerini depolimerize ederek onları daha düşük molekül ağırlığına sahip formlara dönüştürdüğü rapor edilmiştir [Awika vd., 2003].

Çizelge 4.9. Gam oranı, vida hızı ve sıcaklığın ürünlerin kondanse tanen miktarına etkisinin üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Olasılık değeri (p)
GO (Gam oranı)	4.683	1	4.683	.019	.893
VH (Vida hızı)	.064	1	.064	25.198	.000
Sıcaklık	.154	1	.154	60.815	.000
GO x VH	.002	1	.002	.964	.341
GO x Sıcaklık	.025	1	.025	9.853	.006
VH x Sıcaklık	.011	1	.011	4.202	.057
GO x VH x Sıcaklık	.010	1	.010	3.991	.063
Hata	.040	16	.003		

Proantosiyandinlerin bir üyesi olan prosiyanidinler flavanoitlerin bir sınıfıdır ve bakla tanelerinin prosiyanidinleri içerdikleri bilinmektedir [Merghem vd., 2004, Cabrera vd., 2009]. Yüksek nem içeriğine sahip ( $\geq 18$ ) ürünlerde ekstrüzyonun kondanse tanenlere etkisi yüksek polimerizasyon derecesine sahip prosiyanidinlerin oluşmasıyla açıklanmıştır [Deprez vd., 2001]. Isıl işlem sonucunda polimerizasyonun artırılmasıyla tanen ekstrakte edilebilirliğinin azalma gösterdiği düşünülmektedir buna ek olarak ısının etkisiyle denatüre olan proteinlerin yapıları gevşer ve tanin-protein etkileşimleri oluşabilir bunun etkisiyle analiz sonuçları ekstrüzyondan sonra daha düşük olarak tespit edildiği düşünülmektedir. Çizelge 4.9 daki sonuçlarda sıcaklığın önemli derecede etkili olduğunu doğrulamaktadır ( $p < 0,05$ ). Örneklerdeki gam oranının etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Artan vida hızının etkisi kondanse tanen miktarındaki azalmada önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bakla (*Vicia faba L.*) yüksek besinsel değerlere sahip olmasına rağmen bazı antibesinsel faktörlerin etkilerinden dolayı tüketimi kısıtlıdır. Bu çalışmada bakla unu tarhana formülasyonu kullanılarak fermente edilmiştir. Kurutulmuş fermente karışımlarından ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak çerez tipi ürün üretilmiştir. Ekstrüzyon proses parametrelerinden kalıp sıcaklığı, vida hızı ve eklenen gam oranının çerezlerin besinsel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Ekstrüde ürünlerde *in vitro* nişasta ve protein sindirilebilirliğinin artan vida hızı ve sıcaklık değerlerinden önemli derecede etkilendiği ve bunların etkileşiminin sindirilebilirliği artırdığı belirlenmiştir. En yüksek *in vitro* nişasta sindirilebilirliği değerinin 150°C-500 devir/dk ve en yüksek protein sindirilebilirliği 150°C-300 devir/dk ekstrüzyon koşullarında elde edilmiştir. Ekstrüzyon parametrelerinin değiştirilmesiyle ürünlerin sindirilebilme özelliklerinin geliştirilebileceği tespit edilmiştir.

Toplam, çözüner ve çözünmeyen diyet lif miktarlarına eklenen gam miktarının etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Sıcaklık değerlerinin yükseltilmesi ürünlerin diyet lif miktarlarının değişmesinde etkili bulunmuştur. Toplam ve çözünmeyen diyet lifler için vida hızındaki değişim etkili bulunurken çözüner lifler için etkisiz bulunmuştur. Ekstrüzyon prosesi ile yüksek diyet lif içeriğine sahip ürünlerin üretilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Antibesinsel faktörlerin azaltılmasında en etkili proses parametrelerinin 150°C ve 500 devir/dk olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın devamında bakla ekstrüde ürünlerinde ekstrüzyon prosesinin yanında başka proses uygulamalarında ürünlerdeki besinsel özelliklerin değişiminde ne oranda etkili olduğu ve bu uygulamaların diyet lif kompozisyonuna etki eden birleşiklerde ne gibi değişiklikler oluşturabileceği incelenebilir.

## KAYNAKLAR

- AACC, “Approved Methods Of American Association of Cereal Chemists”, 46-30, (2005).
- Abd El-Hady, E. A., and Habiba, R. A., “Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds”, *Lebens. Wiss. Technol.* 36:285-293, (2003).
- Abdalla, A. A., El Tinay, A. H., Mohamed, B. E. and Abdalla, A. H., “Effect of traditional processes on phytate and mineral content of pearl millet”, *Food Chemistry*, 63, 79-84, (1998).
- AbdelRahaman, S. M., Babiker, E. E., El Tinay, A. H., “Effect of fermentation on antinutritional factors and HCl extractability of minerals of pearl millet cultivars”, *Journal of Food Technology* 3(4):516–522, (2005).
- Adamidou, S., Nengas, I., Grigorakis, K., Nikolopoulou, D. and Jauncey, K., “Chemical Composition and Antinutritional Factors of Field Peas (*Pisum sativum*), Chickpeas (*Cicer arietinum*), and Faba Beans (*Vicia faba*) as Affected by Extrusion Preconditioning and Drying Temperatures”, *Cereal Chemistry*, 88 (1), 80-86, (2011).
- Adebiyi, A. P.; Aluko, R. E., “Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum L.*) seed protein isolate”, *Food Chemistry*. 2011, 128, 902–908, (2011).
- Ainsworth, P., and İbanoğlu, Ş., “Extrusion Food Processing Handbook”, Edited by James G. Brennan. WILEYVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, (2006).
- Akçin, A., “Yemeklik Tane Baklagiller”, S.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 8, 377, Konya, (1988).
- Akdağ, C., “Tokat'ta yüksek verim sağlayacak nohut çeşitleri ile ekim zamanlarının belirlenmesi”, GOÜ. Zir.Fak., (2001).
- Altan, A., McCarthy, K. L., Maskan, M., “Effect of Extrusion Cooking on Functional Properties and in vitro Starch Digestibility of Barley Based Extrudates from Fruit and Vegetable by Products”, *Journal of Food Science*, 74 (2), E77-E86, (2009).
- Alonso, R., Grant, G., Dewey, P., Marzo, F., “Nutritional assessment in vitro and in vivo of raw and extruded peas (*Pisum sativum L.*)”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2286–2290, (2000a).
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F., “Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans”, *Food Chemistry*, 68, 159–165, (2000b).
- Alonso, R., Orue, E., Marzo, F., “Effect of extrusion and conventional processing methods on protein and antinutritional factor contents in pea seeds”. *Food Chemistry*, Vol. 63, No. 4, pp. 505-512, (1998).
- Aluko, R., Yada, R. Y., “Structure-function relationships of cowpea (*Vigna unguiculata*) globulin isolate: influence of pH and NaCl on physicochemical and functional properties”, *Food Chemistry*, 53, 259-265, (1995).
- Anonymous, “2003 Yılı Milli Çeşit Listesi”, <http://www.tagem.gov.tr>, (2004).
- AOAC. Official Methods of Analysis (16th Ed). Association Of Official Analytical Chemists. Washington, Dc, (2005).

- AOAC. Official Methods of Analysis. Association Of Official Analytical Chemists. Washington, 996-11, (2000).
- Aoe, S., Nakaoka, M., Ido, K., Tamai, Y., Ohta, F., Ayano, Y., “Availability of dietary fiber in extruded wheat bran and apparent digestibility in rats of coexisting nutrients”, *Cereal Chemistry*, 66: 252–256, (1989).
- Asp, N. G., and Björck, I., “The effect of extrusion cooking on nutritional value”, In: Zeuthem, P., Cheftel, J.C., Eriksson, C., Jul, M., Leniger, H., Linko, P., Varela, G., Vos, G. (Eds.), *Thermal Processing and Quality of Foods*. Elsevier, London, pp. 162–169, (1984).
- Asp, N. G., and Björck, I., “Nutritional properties of extruded foods”. *Extrusion Cooking*. In: C. Mercier, P. Linko and J.M. Harper (Eds.), pp. 399-434. St. Paul, MN, American Association of Cereal Chemists Inc, (1989).
- Asp, N.C., Schweizer, T.F., Southgate, D.A.T. and Theander, O., “Dietary Fibre Analysis”, in *Dietary fibres*, Springer-Verlag 3, pp. 5743 , (1992).
- Avin, D., Kim, C.-H., and Maga, J. A., “Effect of extrusion variables on physical characteristics of red bean (*Phaseolus vulgaris*) flour extrudates”, *J. Food Process. Preserv.* 16:327-335, (1992).
- Awika, J. M., Dykes, L., Gu, L., Rooney, L. W. and Prior, R. L., “Processing of sorghum (sorghum bicolor) and sorghum products alters procyanidin oligomer and polymer distribution and content”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 5516-5521, (2003).
- Aykroyd, W. R., Doughty, J., Walker, A., “Legumes in Human Nutrition”, *Food and Agriculture Organization: Rome*, (1982).
- Aytuna, H., Aran, N., “ Tahıl Ürünlerinde Fermantasyon Uygulamaları ve Besin Değerleri Üzerine Etkileri”, *Hububat, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*, 365-373, Gaziantep, (2002).
- Badrie, N.; Mellows, W. A., “Effect of Extrusion Variables on Cassava Extrudates”, *Journal of Food Science*, 56 (5), 1334-1337, (1992).
- Bemiller, J.N. and Whistler, R.L., “Dietary Fiber and Carbohydrate Digestibility”, *Food Chemistry*, Marcel Dekker, 157-224, New York, (1996).
- Bengala-Freire, J. P., Aumaitre, A., Peiniau, J., “Effect of feeding raw and extruded peas on ileal digestibility, pancreatic enzymes and plasma glucose and insulin in early weaned pigs”, *J. Anim. Physiol. Anim.Nutr.* 65, 154-164, (1991).
- Berk, Z., “Extrusion”, In *Food Process Engineering and Technology* (pp. 333350). Academic Press, (2013).
- Bhat, T. K., Singh, B., Sharma, O. P., “Microbial degradation of tannins- a current perspective”, *Biodegradation* 9, 343-357, (1998).
- Bhatnagar, S., Hanna M.A., “ Amylose-lipid Complex formation During Single-Screw Extrusion of Various Corn Starches”, *Cereal Chemistry*, 71(6), 582-587, (1994).
- Bhattacharya, M. and Hanna, M. A., “Extrusion processing to improve nutritional and functional properties of corn gluten”, *Lebensm. Wiss. Technol., FoodScience and Technology* , 20-24, (1988).
- Bhattacharya, S., and Prakash, M. “Extrusion cooking of blends of rice and chickpea flour: A response surface analysis”, *J. Food Eng.* 21:315330, (1994).
- Björck, I., Eliasson, A. C., Drews, A., Gudmundson, M., and Karlsson, R., “Some nutritional properties of starch and dietary fiber in barley genotypes

- containing different levels of amylose”, *Cereal Chemistry*, 67, 327-333, (1990).
- Björck, I., Nyman, M., Asp, N. G., “Extrusion cooking and dietary fiber: effects on dietary fiber content and on degradation in the rat intestinal tract”, *Cereal Chem* 61: 174–179, (1984).
- Blannhard, J. M. J., “ Starch Granule Structure and Function”: A Physicochemical Approach, In *Starch Properties and Potential*; Galliard, T (Ed), John Wiley and Sons, New York, (1987).
- Boye, J., Zare, F., Pletch, A., “Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed”, *Food Research International*, 43 (2), 414-431, (2010).
- Butler, L. G., “Effects of condensed tannin on animal nutrition”, *Chemistry and significance of condensed tannin*, page: 391-403, (1989) Bouvier, J. M., “Breakfast cereals. In R. Guy, *Extrusion Cooking*”, (pp. 133-160). Boca Raton: Woodhead Publishing, (2001).
- Cabrera, A.; Martin, A., “Genetics of tannin content and its relationship with flower and testa colours in *Vicia faba*”, *The Journal of Agricultural Science* **113**: 93, (2009).
- Camire, M. E., “Chemical and Nutritional Changes in Food During Extrusion”, *Extruders in Food Applications*. Head, Extrusion Technology Program, Food Protein Research and Development Center, Texas A&M University, Technomic Publishing Co., INC. 225p, (2000).
- Camire, M. E., “Extrusion and nutritional quality”, In R. Guy, *Extrusion Cooking. Technologies and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pg. 108-131, (2001).
- Champagne, E. T., Rao, R. M., Liuzzo, J. A., Robinson, J. W, Gale, R. J., Miller, F., “The interactions of minerals, proteins and phytic acid in rice bran”, *J Food Sci* 62: 231–238, (1985).
- Cheftel, J. C., “Extrusion cooking: operating principles, research trends and food applications”, In *Processing and Quality of Foods*. Vol. 1 High Temperature/Short Time (HTST) Processing: Guarantee for High Quality Food with Long Shelflife, eds P. Zeuthen, J. C. Cheftel, C. Eriksson, T. R. Gormley, P. Linko and K. Paulus, pp. 1.4-1.11. Elsevier Applied Science , London, (1990).
- Cheryan, M., “ Phytic acid interaction in food system”, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. December, 287-334, (1980).
- Chinnaswamy, R ., Hanna, M. A., “ Relation Between Amylose Content And Extrusion-Expansion Properties Of Corn Starches”, *Cereal Chemistry*, 67 (5) 490-499, (1988).
- Chitra, U., Singh, U. and Venkateswara, R., “ Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber, and minerals of pulses as influenced by processing methods”, *Plant Foods for Human Nutrition*, 49: 307-316, (1996).
- Chivandi, E., “Effect of feeding *Jatropha curcas* meal on the performance of weaned fattening pigs”, *Msc Thesis*. University of Malawi, Bunda College, Lilongwe, Malawi, (1999).



- Colonna, P., Doiblier, J. L., Melcino, J. D., Mercier, C., “Extrusion Cooking of Starch and Starchy Products”, Extrusion Cooking, 247-231. American Association of Cereal Chemist, MN, USA, (1989).
- Colonna, P., Leloup, V., Buleon, A., “Limiting Factors of Starch Hydrolysis”, Eur. J. Clin. Nutr., 46, Suppl. 2, S17-S32 (1992).
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H. and Tang, M.C., “Form and functionality of starch”, Food Hydrocolloids, 23: 1527-1534, (2009).
- Coulter, L. & Lorenz, K., “Extruded corn grits-quinoa blends Part I: proximate composition, nutritional properties and sensory evaluation”, J. Food Processing and Preservation, 15, 231-42, (1991).
- Çopur, U. Ö., Göçmen, D., Tamer E. C., ve Gürbüz, O., “Tarhana Üretiminde Farklı Uygulamaların Ürün Kalitesine Etkisi”. Gıda, 26(5): 339-346, (2001).
- Deprez, S.; Mila, I.; Huneau, J.; Tome, D.; Scalbert, A., “Transport of proanthocyanidin dimer, trimer, and polymer across monolayers of human intestinal epithelial Caco-2 cells”, Antioxid. Redox Signaling, 3, 957-967, (2001).
- Deshpande, S. and Cheryan, M., “Effect of phytic acid, divalent cations and their interactions on  $\alpha$ -amilase activity”, J. Food Sci., 49: 516-519, (1984).
- Deshpande, S. S. and Salunkhe, D., “Interactions Of Tannic Acid And Catechin With Legume Starches”, J. Food Sci. 47:2080-2081, 2083, (1982).
- Deshpande, S. S., Damodaran, S., “Structure-Digestibility relationship of legumes 7S proteins”, J. Food Sci., 54: 108-113, (1989).
- Diaz, D., Morlacchini, M., Masoero, F., Moschini, M., Fusconi, G., Piva, G., “Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba* var. *minor*) and lupin seeds (*Lupinus albus* var. *multitalia*) as protein sources in broiler diets: effect of extrusion on growth performance”, Ital. J. Anim. Sci. Vol. 5, 43-53, (2006).
- Dona, A. C., Pages, G., Gilbert, R.G. and Kuchel, P.W., “Digestion of starch: In vivo and in vitro kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release”, Carbohydrate Polymers, 80: 599-617, (2010).
- Duc, G., “Faba bean (*Vicia faba* L.)”, Field Crops Research, 53, 99-109, (1997).
- Duhan, A. B. M., Chauhan, D., Kapoor, A.C., “Phytic acid content of chickpea and black gram. Varietal difference and effect of domestic processing and cooking methods”, J. Sci. Food Agric., 49, 449-455, (1989).
- Duranti, M., “Grain legume proteins and nutraceutical properties”, Fitoterapia, 77 (2), 67-82, (2006).
- Economidou, P. L., Steinkraus, K. H., “Acid-fermented milk and milk/cereal foods”, In K. H. Steinkraus (Ed), Handbook of indigenous fermented foods, New York: Marcel Dekker, (1983).
- Eke, O. S. Akobundu, N. T., “Functional properties of American yam bean (*Sphenostylisstenocarpa*) seed flour as affected by processing”, Food Chem., 48, 1993, 337-340, (1993).
- Elsheikh, E.A.E., El Tinay, A.H., Fadul, I.A., “Effect of Nutritional Status of Faba Bean on Proximate Composition, Anti-Nutritional Factors and in Vitro Protein Digestibility (IVPD)”, Food Chemistry, 67, 379-383, (1999).
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. and Cummings, J. H., “Classification and measurement of nutritionally important starch fractions”, European Journal of Clinical Nutrition, 46:33-50, (1992).

- Erdman, J. W. ve Forbes, R. M., “Mineral bioavailability from phytate containing foods”, *Food Product Development* 11(10): 46, (1977).
- Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ. Yağın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M.K., Küçükersan, S., Öno, A.G., Muğlalı, Ö.H. ve Şehu, A., “Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi”, A.Ü. Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, 465 s, (2002).
- Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H., “A new approach for the utilization of barley in food products: barley tarhana”, *Food Chemistry*, 97: 12-18, (2006).
- Frame, N. D., “Operating Characteristics of the co-rotating twin-screw extruder”, In N. D. Frame, *The technology of Extrusion Cooking*. New York: Aspen Publishers, pg. 1-52, (1999).
- Frias, J., Vidal-Valverde, C., Sotomayor, C., Diaz-Pollan, C., and Urbano, G., “Influence of processing on available carbohydrate content and antinutritional factors of chickpeas”, *Eur. Food Res. Technol.* 210:340-345, (2000).
- Frossard, E., Bucher, M., Machler, F., Mozafar, A. and, Hurrell, R., “Potential for increasing the content of bioavailability of Fe, Zn and Ca in plant for human nutrition”, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 861-869, (2000).
- Gharib, A. G., Mohseni, S. G., Mohajer, M. and Gharib, M., “Bioavailability of essential trace elements in the presence of phytate, fiber and calcium”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 270(1): 209–215, (2006).
- Grados, N., Cruz, G., “New Approaches to Industrialization of Algarrobo (*Prosopis pallida*) Pods in Peru”, p.p. 3.25-3.42. In: *Prosopis. Semiarid Fuelwood and Forage Tree; Building Consensus for the Disenfranchised*. (Eds.) P. Felker and J. Moss. Center for Semi-Arid Forest Resources Kingsville, Texas, USA, (1996).
- Gray, D. R., & Chinnaswamy, R., “Role of extrusion in food processing”, In A.G. Gaonkar (Eds.), *Food processing. Recent developments*. (pp. 241-268). Elsevier, (1995).
- Gualberto, D.G.; Bergman, C.J.; Kazemzadeh, M.; Webber C.W., “Effect of Extrusion Processing on the Soluble and Insoluble Fiber, and Phytic Acid Contents of Cereal Brans”, *Plants Foods for Human Nutrition*, 51; 187-198, (1998).
- Guillon, F. and Champ, M., “Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology”, *Food Research Institute*, 33; 233-245, (2000).
- Gujaska, E.D., Khan, K., “Feed moisture effects on functional properties, trypsin inhibitor and hemagglutinating activities of extruded bean high starch fractions”, *Journal of FoodSci.*, 56, 443-447, (1991).
- Guy, R., “Raw materials for extrusion cooking”. In R. Guy, *Extrusion Cooking. Technologies and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pg. 5-28, (2001).
- Guy, R. C. E., “Extrusion Cooking, Technologies and Applications”, CRC Press, 206 p, (2000).

- Guy, R. C. E., Robert, M., “Extrusion Cooking of Wheat Flour, Part 1: Basic Changes in the Flour and the Effects of Particle Size”, Flour Milling and Baking Research Association Report, No:113, August, B and H Printing Services, England, 43 p, (1984).
- Harper, M. J., “Food extruders and their applications”, C. Mercier, P. Linko and JM. Harper (Eds.) Extrusion Cooking, 1-15. American Association of Cereal Chemists, MN, USA, (1989).
- Harper, M. J., “Extrusion Processing of Starch”, R.J. Alexander and H.F. Zobel (Eds), Developments in Carbohydrate chemistry, 37-64. American Association of Cereal Chemists, MN USA, 378 p, (1992).
- Haug, W., Lantzsch, H. J., “Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products”, J. Sci. Food Agric. 34: 1423-1426, (1983).
- Hendricks, J. D., “Adventitious toxins”. Pages 602-641 in: Fish Nutrition, 3rd Ed. J. E. Halver and R. W. Hardy, eds. Elsevier Science: New York, (2002).
- Hesseltine, C. W., “Some important fermented foods of Mid-Asia, the Middle East and Africa”, Journal of American Oil Chemists' Society, 56, 367-374, (1979).
- House, J. D.; Neufeld, J.; Leson, G., “Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method”, J. Agric. Food Chem, 58, 11801–11807, (2010).
- Idouraine, A. Yensen, S.B., Weber, C.W. “Tepary bean flour albumin and globulin fractions functional properties compared with soy protein isolate”, J. FoodSci., 56, 1316-1318, 1326, (1991).
- Idris, W. H., AbdelRahman, S. M., ELMaki, H. B., Babiker, E. E., ELTinay, A. H., “Effect of germination, fermentation and cooking on phytic acid and tannin contents and HCl-extractability of minerals of Sorghum (*Sorghum bicolor*) Cultivars”, J Food Technol 3 (3):410–416, (2005).
- Isely, D., “Leguminosae And Homosapiens” , Econ Bot.36: 46-70.4, (1982).
- İbanoğlu, S., Maskan, M., “ Effect of cooking on the drying behaviour of tarhana dough, a wheat flour – yoghurt mixture”, Journal of Food Engineering. 54 (2) 119–123, (2002).
- İbanoğlu, S., Ainsworth, P., Özer, E. A., Plunkett, A., “Physical And Sensory Evaluation Of A Nutritionally Balanced Gluten-Free Extruded Snack”, J Food Eng 75: 469–472, (2006).
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Nielsen-Haugaard, H., “Faba bean in cropping system”, Field Crop Research, volume 115, 203-216, (2010).
- Ji, Y., Wong, K., Hasjim, J., Pollak, L. M., Duvick, S., Jane, J., White, P. J., “ Structure and Function of Starch From Advanced Generations of New Corn Lines”, Carbohydrate Polymers 54:305-319, (2003).
- Jing, Y., Chi, Yu-Jie., “Effects of twin screw extrusion on soluble dietary fiber and physicochemical properties of soybean residue”, Food Chemistry, 138, 884-889, (2013).
- Jones, W., “Consultant, Extrusion Specialist”, Wenger Co., pers. comm, (1992).
- Kazemzadeh, M., “Introduction to Extrusion Technology”, In M. Maskan, & A. Altan, Advances in Food Extrusion Technology. Padstow: CRC Press, pg. 1-23, (2012).

- Kerovuo, J., Ruovinen, J., Hatzack, F., “Hydrolysis of phytic acid by *Bacillus phytase*”, *Biochem J* 352:623–628, (2000).
- Khanbabae, K., Ree, T., “Tanens: Classification and definition”, *Nat. Prod. Rep.*, 18: 641–649, (2001).
- Kitabatake, N., & Doi, E., “Denaturation and texturization of food protein by extrusion cooking”, *Food Extrusion Science and Technology*, 361-371, (1992).
- Knott, C. M., A. J., Biddle and B. M. McKneown., “PGRO Field Bean Handbook”. Processors and Growers Research Organization, Peterborough, UK,(1994).Koca, A. F., Tarakçı, Z., “Tarhana üretiminde mısır unu ve peyniraltı suyu kullanımı”, *Gıda*,22(4), 287-292, (1997).
- Kosinska, A., Koramac, M., Penkacik, M., Urbalewicz, A., Amarowicz, R., “Interactions between tannins and proteins isolated from broad bean seeds (*Vicia faba Major*) yield soluble and non-soluble complexes”, *European Food Research Technology*, 233, 213-222, (2011).
- Köksel, H. “Karbonhidratlar”, İ. Saldamlı (ed), *Gıda Kimyası*, 3. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, s. 49–132, (2005).
- Kumar, K. G., Venkatoraman, L. V., Jaya, T. V., & Krishnamurthy, K. S., “Cooking characteristics of some germinated legumes: changes in phytins, Ca, Mg and pectins”, *Journal of Food Science*, 43, 85-89, (1978).
- LeBlanc, J., Nadeau, A., Mercier, I., McKay, C. and Samson, P., “Effect of Guar Gum on Insulinogenic and Thermogenic Response to Glucose”, in *N&R Res.* 11, 133-139, (1991).
- LIS, Legume Information System, <http://legumeinfo.org/organism/Vicia/faba>.
- Lehmann, U. and Robin, F. “Slowly digestible starch- its structure and health implications: A Review”, *Trends in Food Science and Technology*, 18: 346– 355, (2007).Liener, I. E., “The nutritional significance of plant protease inhibitors”, *Proc. Nutr. Soc.* 38: 109-113, (1989).
- Liener, I. E., Kakade, ML., “Protease inhibitors. In: Liener, IE. vd. Toxic constituents of plant foodstuffs”, 2nd ed. New York, Academic Press. Pp. 7-71, (1980).
- Lolas, G. M. and Markakis, P., “Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *J. Agric. Food Chem.* 23:13-15, (1975),
- Lou, H. W. & Chi, Y. J., “Optimization of technology for preparing soluble dietary fiber from extruded soybean residue”, *Transactions of the CSAE*, 25, 285-289, (2009).
- Lue, S., Hsief, F., Huff, E., “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, (1991).
- Luker, K. “Single-screw extrusion: principle”. In: Douroumis D, editor. “Hot-melt extrusion: pharmaceutical application”. 1st ed. UK: John Wiley & Sons, Ltd; p. 1–21, (2012).
- MacLean, W. C., DeRomana, G. L., Gastanaduy, A. & Graham, G. G., “The effect of decortication and extrusion on the digestibility of sorghum by preschool children”, *Journal Nutrition.*, 113, 2171-7, (1983).
- Malik, B .A., “Grain Legumes, In: Crop Production” (Ed: E. Bashir and R. Bantel) National Book Foundation Islamabad, 534p, (1994).

- Mansour, E. H., Dworschbk, E., Lugasi, A., Gaal, O., Barna, E., and Gergely, A., “Effect of processing on the antinutritive factors and nutritive value of rapeseed products”, *Food Chem.* 47:247-252, (1993).
- Marconi, E., Ruggeri, S., Cappelloni, M., Leonardi, D., and Carnovale, E., “Physicochemical, nutritional, and microstructural characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking”, *J. Agric. Food Chem.* 48: 5986-5994, (2000).
- Martin-Cabrejas M. A., Diaz M. F. , Aguilera Y., Benitez V., Molla E. and Esteban R. M., “Influence of germination on the soluble carbohydrates and dietary fibre fractions in non-conventional legumes”, *Food Chemistry* 107, 1045–1052, (2008).
- Marquez, M. C., and Alonso, R., “Inactivation of trypsin inhibitor in chickpea”, *J. Food Compos. Anal.* 12:211-217, (1999).
- Merghem, R.; Jay, M.; Brun, N.; Voirin, B., “Qualitative analysis and HPLC isolation and identification of procyanidins from *vicia faba*”, *Phytochemical Analysis* 15 (2): 95–99, (2004).
- Mertz, E. T., Hassen, M. H., Cairns-Whittern, C., Kirleis, A. W., Tu, L. & Axtell, J. D., “Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals”, *App. Bio.*, 81, 1-2, (1984).
- Mitchikpe, E.C.S., Dossa, R.A.M., Ategbo, E.A.D., Raaij, J.M.A., Hulshof, P.J.M. and Kok, F.J., “The supply of bioavailable iron and zinc may be affected by phytate in Beninese children”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21:17–25, (2008).
- Mohammed, C. V., “Factor Effecting Extrusion Characteristics of Expanded starch-Based Products. *Journal of Food Processing and preservation*”, 14; 437-452, (1990).
- Moore, G., “Snack food extrusion”, In N. D. Frame, *The technology of Extrusion Cooking*. New York: Aspen Publishers, pg. 110-144, (1999).
- Naczki, M., Rubin, L. J., Shahidi, F. “Functional properties and phytate content of pea protein preparations”, *J. FoodSci.*, 51, 1245-1247, (1986).
- Nalle. C. L., Ravindran. G., ve Ravindran. V., “Extrusion of Peas (*Pisum sativum* L.): Effects on the Apparent Metabolizable Energy and Ileal Nutrient Digestibility of Broilers”, *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 6 (1): 25-30, (2011).
- Nizamlioglu, N. M. ve Nas, S., “Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1): 20-35, (2010).
- Nyman, M., Palsson, K. E., Asp, N. G., “Effects of processing on dietary fibre in vegetables”, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 20; 29-36, (1987).
- Oboh H. A., Muzquiz, M., Burbano C., Cuadrado C., Pedrosa M. M., Ayet G. and Osagie A. U., “Effect of soaking, cooking and germination on the oligosaccharide content of selected Nigerian legume seeds”, *Plant Foods for Human Nutrition* 55: 97–110, (2000).
- Ogawa., M. Tanaka, K. ve Kasai, Z., “Phytic acid formation in dissected ripening rice grains”, *Agricultural Biological Chem.* 43(10), 2211-2213, (1979).

- O'Neill, I. K., Sargents, M ve Trimble, M. L., "Determination of phytase in foods by phosphorus 31 fourier transform nuclear magnetic resonance spectrometry", *Anal. Chem.* 52, 1288-1291, (1980).
- Onyango, C., Noetzold, H., Bley, T., Henle, T., "Proximate composition and digestibility of fermented and extruded *uji* from maize-finger millet blend", *Food Science and Technology*, Volume 37, Pages 827-832,( 2004).
- Onyango, C., Bley, T., Jacob, A., Henle, T. and Rohm, H., "Influence of incubation temperature and time on resistant starch type III formation from autoclaved and acid hydrolysed cassava starch", *Carbohydrate Polymers*, 66:494-499, (2006).
- Oomah, B. D., Luc G., Leprelle C., Drover J. C. G., Harrison J. E. , and Olson, M., "Phytic Acid, and Phytase in Canadian-Grown Low-Tannin Faba Bean (*Vicia faba* L.) Genotypes", *Journal of. Agriculture Food Chemistry*, 59, 3763-3771, (2011) .
- Özbilgin, S., "The chemical and biological evaluation of tarhana supplemented with chickpea and lentil", (Ph. D. Thesis), Cornell University, New York, USA, (1983).
- Özdemir, S., Göçmen, D., Yıldırım Kumral, A., "A Traditional Turkish Fermented Cereal Food: Tarhana", *Food Reviews International*, 23:107- 121, (2007).
- Özdemir, S., "Yemeklik Baklagiller", *Hasat Yayıncılık*, 142 s., İstanbul, (2002).
- Özkaya, H., Özkaya, B., Bayrak, H., Gökpınar, F., "Bulgurun Fitik Asit İçeriğine Prosesin Etkisi", *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*,23-24 Eylül 2004,Bildiriler Kitabı ss 54-59, Van, (2004).
- Pekşen, A., Pekşen E., Artık C., "Bazı bakla (*Vicia faba* L.) populasyonlarının bitkisel özellikleri ve taze bakla verimlerinin belirlenmesi", *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(2):225-230, (2006).
- Pekşen, E. ve Artık, C., "Antibesinsel Maddeler ve Yemeklik Tane Baklagillerin Besleyici Değerleri", *J. of Fac. of Agric., OMU*, 20(2):110-120 ,(2005).
- Persson, H., Nair, B.M., Frolich, W., Nyman, M., Asp, N. G., "Binding of mineral elements by some dietary fiber components in vitro (II)". *Food Chem* 26: 139-148, (1987).
- Prosky, L., Asp, N-C., Schweizer, T.F., De Vries, J.W. and Furda, I. "Determination of Insoluble, Soluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products: Inter-laboratory Study", (AOAC Method 985.29) in *J. AOAC* 71, 1017-1023, (1988).
- Ravindran, G., Carr, A., Hardacre, A., "A comparative study of the effects of three galactomannans on the functionality of extruded pea-rice blends", *Food Chemistry*, 124, 1620-1626, (2011).
- Reddy, N. R., Sathe, S. K. ve Salunke, D. H., "Phytates in legumes and cereals", *Advances in Food Research*. Vol.28, 1-92, (1982).
- Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K., Salukhe, D. K., "Chemical nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates", *A review. Food Chem.* 13: 25- 68, (1984).
- Reimerdes, E. H., "New impacts for food science and food industry-view from outside", In *Processing and Quality of Foods. Vol. 1 High Temperature/Short Time (HTST) Processing: Guarantee for High Quality Food with Long Shelflife*, eds P. Zeuthen, J. C. Cheftel, C. Eriksson, T. R.

- Gormley, P. Linko and K. Paulus, pp. 1.4-1.11. Elsevier Applied Science , London, (1990).
- Saldamlı, İ., “Gıda Kimyası. Doğal Toksik Maddeler ve Kontaminantlar”. Acar, J., Uygun, Ü., H.Ü. Mühendislik Fakültesi Gıda Müh. Böl. Ankara. 399-433, (1998).
- Saxena, M. C. and Stewart, R. A., “Faba bean in, the Nile Valley”: Report on the First Phase of ' ICARDA/IFAD Nile Valley Project. 149 pp. Printed in the Netherlands, (1983).
- Schneeman, B., “Soluble vs Insoluble Fiber-Different Physiological Responses”, Food Technol., 41: 81- 82, (1987).
- Schlemmer,U., Frølich,W., Prieto,R.M., Grases,F., “Phytatein foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis”, Mol. Nutrition. Food Research, 53, S330–S.375, (2009).
- Schweizer, T. F., Reimann, S., “Influence of drum-drying and twin screw extrusion cooking on wheat carbohydrates, I: A comparison between wheat starch and flours of different extraction”. J Cereal Sci 4: 193–203, (1986).
- Siljeström, M., Westerlund, E., Bjorck, I., Holm, J., Asp, N. G., Theander, O., “The effects of various thermal processes on dietary fibre and starch content of whole grain wheat and white flour”, J Cereal Sci 4: 315–323, (1986).
- Siyamoğlu, B., “ Türk Tarhanalarının Yapılışı ve Terkibi Üzerinde Araştırma”, E.Ü. Press. Pub. No:44, İzmir, (1961).
- Socorro, J., Robaina, L., Izquierdo, M. S., Moyano, F. J., Vergara, J. M., Montero, D., Fernandez-Palacios, I., “Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) : nutritional and histological implications”. Aquaculture, 130, 219-223, (1989).
- Sokhey, A. S., Chinnaswamy, R., “Physicochemical Properties of Irritation Modified Starch Ekstrudates”, Food Structure 11, 361-371, (1992).
- Sun, T., Lærkea, H. N., Jørgensena, H., Knudsen, K. E. B., “The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs”, Animal Feed Science and Technology, 131, 66–85, (2006).
- Swanson, BG., “Peaand Lentil Protein Extraction and Functionality”, Jaocs, Vol. 67, no. 5, (1990).
- Şehirali, S., “Yemeklik Tane Baklagiller”, Ankara Üniv. Zir. Fak , Yay. No:1089, Ders Kitabı:314, Ankara, s. 435, (1988).
- Taggart, P., “Starch as an ingredient: manufacture and applications”, 377, Starch in food, A.Eliasson (Ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 596 p, (2004).
- Temiz, A., Pirkul, T., Farklı bileşimlerde üretilen tarhananın kimyasal, duyuşal özellikleri, Gıda, 16 (1), 7-13, (1991).
- Ter-Sarkissian, N., Azar, M., Ghavlfekr, H., Ferguson, T. and Hedayat, H., “High phyticacid in Iranian breads”, J. Am. Diet. Assoc. 65;651-653, (1974).
- Theander, O, Westerlund, E., “Studies on chemical modifications in heat processed starch and wheat flour”, Staerke 39: 88–93, (1987).
- Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M., Bourgeois, C. M. “Dietary Fibres: Nutritional and Technological Interest”, Trends Food Sci. Tech., 8: 41-48, (1997).
- TÜİK, “Türk İstatistik Kurumu verileri”, <http://www.tuik.gov.tr>, (2013).

- TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı, Kuru Baklagiller, www.tuik.gov.tr., (Erişim: 15.05.2015), (2014).
- Türker, S., “Sağlam, pişirilmiş ve çimlendirilmiş çeşitli baklagil katkısı ile mayasız ve maya ilavesi ile fermente tarhananın bazı fiziksel-kimyasal ve besinsel özellikleri üzerine bir araştırma (Doktora tezi)”, Atatürk Üniversitesi, (1991).
- Uluöz, M., Gönül, M., Gözlü, S., “Nişasta. Özellikleri, Gelatinizasyonu, Modifikasyonu ve Gıda endüstrisinde Kullanılması”, Bornova Ege Üniversitesi Matbaası, Yayın No:74, (1974).
- USDA, “National Nutrient Database for Standard Reference ”<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>, (2011).
- Van der Poel, A. F. B., “Effect of processing on antinutritional factors and protein nutritional value of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)”, A review of Animal Feed Sci. And Techn., 29- 179208, (1990).
- Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J., Li, J., “Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking”, Food Chem, 77; 35-40, (2002).
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Sotomayor, C., Concepcion, D., Fernandez, M., Urbano, M.,: Nutrients and antinutritional factors in faba beans as affected by processing. Z Lebensm Unters Forsch A ,207:140, (1998).
- Walker, A. F., Kochar, N., “Effect of processing including domestic cooking on nutritional quality of legumes”, Proc Nutr Soc 41: 4t-51, (1982).
- Wang, H.L., Hesseltine, C.W., “Use of microbial cultures: legume and cereal products”, Food Technology, 36, 1, 79-83, (1981).
- Wang, S., & Copeland, L., “Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility”: a review. Food Funct., 4(11), 1564-1580, (2013).
- Yamada, T. K., Suziki, H., Hisamatsi, M., Komiya, T., “GPC Profile Change of Potato Starch with Extrusion Processing”, Starch. 42, 217-223, (1990).
- Zitko, V., Rosik, J., “Tanen-gelatin reaction in Lichte der Theorie de Reaktionen kleiner Molekule mit Makromolekulern”. Collect. Czech. Chem. Commun., 27: 2058, (1962).



## ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

**Adı-Soyadı:** Sultan Damla BİLGİLİ

**Doğum Tarihi:** 05.10.1988

**Eğitim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Matematik/Fen	Tarsus Süper Lisesi	2002-2006
Lisans	Gıda Mühendisliği	Gaziantep Üniversitesi	2007-2012
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2012-2016

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Bilgili, S., Altan., A., “Pirinç işleme prosesinin yan ürünü olan kırık pirinçlerin değerlendirilmesi”, 2.Tarım ve Gıda Kongresi, 28-30 Nisan, Nevşehir, 2015.
2. Bilgili, S., Doğan, F., Yağcı, S., Altan, A., “Impact of extrusion process on nutritional properties of chickpea extrudates”, 4<sup>th</sup>Foodomics 2015, 7-8 Ekim, Cesena, 2015.