

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA ÜRETİMİNDE HAMMADDE KARIŞIM DEĞERLERİNİN
MATEMATİKSEL MODELLEME İLE BULUNMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena ÖZCAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

ŞUBAT 2023

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA ÜRETİMİNDE HAMMADDE KARIŞIM DEĞERLERİNİN
MATEMATİKSEL MODELLEME İLE BULUNMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena ÖZCAN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Harun Reşit YAZGAN

ŞUBAT 2023

Sena ÖZCAN tarafından hazırlanan “Gıda Üretiminde Hammadde Karışım Değerlerinin Matematiksel Modelleme İle Bulunması” adlı tez çalışması 20.02.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı **Mühendislik Yönetimi** Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Doç. Dr. Kasım BAYNAL Kocaeli Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Harun Reşit YAZGAN Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Dr. Öğr. Üyesi Sena KIR Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “**Gıda Üretiminde Hammadde Karışım Değerlerinin Matematiksel Modelleme İle Bulunması**” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim. (20/02/2023).

Sena ÖZCAN





Aileme ve Sevgili Danışman Hocam Prof. Dr. Harun Reşit Yazgan'a



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime deneyimi, bilgi birikimi ve yol göstericiliği ile katkıda bulunan ve çalışmalarımın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçlandırılmasında beni yönlendiren, özverili çalışmaları ile örnek teşkil ederek bana ilham olan, karşılaştığım zorluklarda desteğini ve ilgisini esirgemeyen, tezim boyunca bana ayırdığı zaman, gösterdiği sabır ve verdiği emek için değerli danışman hocam Prof. Dr. Harun Reşit YAZGAN'a teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen, beni sevgi ve saygıyla yetiştirerek bugünlere gelmemi sağlayan, başarılı olacağıma inanarak beni her daim yüreklendiren sevgili annem Dilek ÖZCAN'a, babam Burak ÖZCAN'a ve kardeşim Selim ÖZCAN'a minnettarlığımı sunarım. İhtiyacım olduğunda desteklerini esirgemeyerek bilgi birikimini benimle paylaşan sevgili kuzenim ve saygı değer meslektaşım İrem ŞİMŞEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Sena ÖZCAN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Kapsamı.....	2
1.2. Tezin Amacı	2
1.3. Literatür Araştırması	3
2. YÖNTEMLER	7
2.1. Doğrusal Programlama.....	7
2.1.1. Doğrusal programlama için temel kavramlar.....	8
2.1.1.1. Karar değişkenleri	8
2.1.1.2. Amaç fonksiyonu	8
2.1.1.3. Kısıt fonksiyonları.....	9
2.2. Analitik hiyerarşi süreci (AHP).....	10
3. GIDA ÜRETİMİNDE HAMMADDELER.....	13
3.1. Bar Yapımında Kullanılan Hammaddeler	13
3.1.1. Hurma.....	13
3.1.2. Yer fıstığı	13
3.1.3. Yer fıstığı ezmesi	14
3.1.4. Kakao	14
3.1.5. Çilek	14
3.1.6. Nohut unu.....	15
3.1.7. İnülin	15
3.2. Granola Yapımında Kullanılan Hammaddeler.....	16
3.2.1. Yulaf ezmesi	16
3.2.2. Hurma.....	16
3.2.3. Elma	16
3.2.4. Üzüm	17
3.2.5. Yer fıstığı	17
3.2.6. Fındık	17
3.2.7. Badem	18
3.2.8. Zeytinyağı	18
3.2.9. Tereyağı	19
4. TEMEL BESİN ÖĞELERİ.....	21
4.1. Lipidler	21

4.2. Proteinler	22
4.3. Karbonhidratlar.....	23
4.4. Enerji	24
5. GIDALARDA TEKSTÜR	25
5.1. Sertlik	25
5.2. Yapışkanlık.....	25
5.3. Gevreklik	26
6. GIDA ÜRETİM PROBLEMİ	27
6.1. Meyve Barı Üretimi.....	27
6.2. Granola Üretimi.....	27
7. ÜRETİM VE MATEMATİKSEL MODELLERİ	29
7.1. Meyve Barı Üretimi Matematiksel Modeli	29
7.2. Granola Üretimi ve Matematiksel Modeli.....	32
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	45



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
ANOVA	: Varyans Analizi
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
DP	: Doğrusal Programlama
DRI	: Tavsiye edilen günlük alınması gereken besin miktarı
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
KH	: Karbonhidrat
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein
MP	: Matematiksel Programlama
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü



SİMGELER

°C	: Santigrat Derece [Sıcaklık Birimi]
µg veya mcg	: Mikrogram [Kütle Birimi]
C	: Karbon [Kimyasal Element]
cal	: Kalori [Enerji Birimi]
dk	: Dakika [Zaman Birimi]
g	: Gram [Kütle Birimi]
H	: Hidrojen [Kimyasal Element]
kcal	: Kilokalori [Enerji Birimi]
kg	: Kilogram [Kütle Birimi]
mg	: Miligram [Kütle Birimi]
N	: Azot [Kimyasal Element]
IU	: Uluslararası Birim [Ölçü Birimi]
O	: Oksijen [Kimyasal Element]
P	: Fosfor [Kimyasal Element]
S	: Kükürt [Kimyasal Element]
sa	: Saat [Zaman Birimi]



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Atıştırmalık özelliklerindeki nitelikler (Cargill, 2020).	3
Tablo 3.1. Bar yapımında kullanılan malzemelerin besin değeri (Yetim ve Kesmen,2009; Cemeroğlu, 2013).	15
Tablo 3.2. Granola yapımında kullanılan malzemelerin besin değeri (Yetim ve Kesmen,2009; Cemeroğlu, 2013).	19
Tablo 7.1. Meyve barı ürünü hammaddelerinin AHP değeri.	30
Tablo 7.2. Meyve barı ürünü hammaddelerinin karar değişkenleri ve birim fiyatı. .	30
Tablo 7.3. Optimal meyve barı hammadde karışım değerleri.	32
Tablo 7.4. Granola ürünü hammaddelerinin AHP değeri.	33
Tablo 7.5. Granola ürünü hammaddelerinin karar değişkenleri ve birim fiyatı.	34
Tablo 7.6. Optimal granola hammadde karışım oranları.	36



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Granola tercihinde aranılan önemli özellikler (Cargill, 2020).	4
Şekil 1.2. Granola barda kaçınılması en muhtemel özellikler (Cargill, 2020).	5
Şekil 6.1. Soğuk şekillendirilmiş bar üretim sürecinin akış şeması (Constantin ve Istrati, 2018).	27
Şekil 6.2. Granola üretim sürecinin akış şeması (Dikyokuş, 2022).	28
Şekil 7.1. Meyve barı AHP hiyerarşisi.	29
Şekil 7.2. Granola AHP hiyerarşisi.....	33



GIDA ÜRETİMİNDE HAMMADDE KARIŞIM DEĞERLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME İLE BULUNMASI

ÖZET

Gıda ve içecek üretimi için kullanılan formüller genellikle on veya daha fazla bileşenden oluşmaktadır. Ürünler; temel ham içeriklere ve baharatlara ek olarak vitamin, renklendirici, lezzet arttırıcı veya koruyucu içerebilir. Bunlardan bir kısmı az miktarda kullanılırken bazı kısımlarında ise işlem yapmak veya dozajlamak çeşitli durumlarda güç olabilir. Reçete geliştirmenin bu iki yönü; çok sayıda içerik bulunması, reçete karmaşıklığı formülasyonlarda sıklıkla karşılaşılan en büyük zorluklardandır. Gıda teknolojilerinde “Deneme-Yanılma” yöntemi yaygın olarak başvurulan bir yaklaşım olmuştur. Deneme yanılma yönteminde, ürün geliştiriciler önceden seçilmiş bileşenlerle bir formülasyon tasarlar ve ardından formülasyondaki bileşenleri belirli spesifikasyonları karşılayacak şekilde yeniden ayarlar. Bu işlem, istenilen ürün elde edilmesine kadar tekrar edilir. Ürün geliştiren kişi, ürünü geliştirme sırasında önceden tanımlanmış bazı özelliklerden ödün verebilmektedir. Böyle bir yaklaşım ise zaman ve maliyet açısından fazlasıyla dezavantajlıdır. Bu nedenle belirli kısıtlarla matematiksel yöntem doğrultusunda gıda ürünü geliştirmek gerekmektedir. Her ne kadar beslenme içeriğini optimize etmek amaçlı Matematiksel Programlama çalışmaları literatürde yer alsa da ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde yeterli sayıda çalışma bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada yeni ürün geliştirme sürecinde ürün formülasyonunun belirlenmesi maksatlı literatürde daha önce kullanılmadığı tespit edilen matematiksel modellemenin kullanılması hedeflenmiştir. Meyve barı ve granolanın hammaddelerinde bulunan temel besin öğeleri (enerji, yağ, protein, KH) ve tekstürleri (sertlik, yapışkanlık, gevreklik) ürünlerin kısıtlarını belirlemektedir. Ürünlerin tekstürleri önem derecelerine ve ağırlıklarına göre matematiksel modellerden AHP metodu ile değerlendirilmektedir. SuperDecisions programı AHP’nin seçeneklerini etkili bir şekilde sıralamak, muhakeme yapmak, verileri birleştirmek ve sonuçlarını tahmin etmek için çalışmada kullanılan bir programdır. LINGO programı ise matematiksel modelde kısıt belirlemek için yardımcı olmaktadır. Meyve barı ve granola ürünlerinin üretiminde formülasyon belirlenmesi için iki farklı matematiksel model geliştirilerek en az maliyetle tüketici beklentilerini karşılayacak sonuç elde edilmektedir.



FINDING RAW MATERIAL MIXTURE VALUES IN FOOD PRODUCTION BY MATHEMATICAL MODELING

SUMMARY

Formulas used for food and beverage production usually consist of ten or more ingredients. Products; may contain vitamins, colours, flavor enhancers or preservatives in addition to basic raw ingredients and spices. While some of the parts are consumed in very small amounts, some of the parts can be difficult to process or dose in various situations. These two aspects of recipe development, namely a large number of ingredients or recipe complexity and the variety of amounts used, are at the root of the most frequently encountered formulation challenges. In food technologies, “Trial and Error” has been a widely used approach. In the trial-and-error method, product developers design a formulation with pre-selected ingredients and then re-adjust the ingredients in the formulation to meet certain specifications. This process is repeated until the desired product is obtained. The product developer may compromise some predefined features during product development. Such an approach is extremely disadvantageous in terms of time and cost.

This thesis study started with the examination of the raw materials and ingredients used in the production of fruit bars and granola products from food products. It enables the determination of optimum raw material mixing ratios by considering energy, nutrients and texture, which are indispensable constraints during the production phase. A food bill of materials is the stage of preparing the raw materials of the product. This process is carried out by bringing together all component raw materials in the right proportions in accordance with a certain size and quantity. The proportions of the raw materials mixed in the recipe are determined during the development processes. In this study, a method is developed by using a mathematical model instead of repeated experiments to obtain the desired properties (taste, color, shelf life, etc.) in the food product.

Although Mathematical Programming studies to optimize nutritional content are included in the literature, it has been determined that there are not enough studies in the development of product formulations. This study, it is aimed to use mathematical modeling, which has not been done before in the literature, to determine the product formulation in the new product development process. The importance degrees and weights of the texture (hardness, stickiness and brittleness) that are valuable in food production, as well as nutritional elements such as energy, oil, protein, KH, of the raw materials were obtained by the AHP method and used in the creation of the mathematical model. SuperDecisions is a program used to combine reasoning and data to effectively rank AHP's options and predict their consequences. The LINGO program, on the other hand, helped to determine the constraint in the mathematical model. As a result, two different mathematical models were developed to determine the formulation of two different food products, and optimum raw material mixture values were obtained at the least cost and to meet consumer expectations.

Most of the work in the food sector is focused on increasing the product range and improving the existing recipes. New ingredients are tested that can maximize taste, consistency, colour, appearance and flavour. Meanwhile, food manufacturers pay attention to not exceeding their production budgets, optimizing shelf life, reducing time-to-market and meeting regulatory requirements.

Food formulation; It is the business of creating food and beverage products that meet the taste, consistency, flavor, nutritional and many other expectations of consumers and is a constantly evolving subject. Formulas used for food and beverage production usually consist of 10 or more ingredients. Products may contain vitamins, colours, flavor enhancers or preservatives in addition to basic raw ingredients and spices. While some of them are used in very small amounts, it may be difficult to treat or dose the other part. These two aspects of recipe development, namely the large number of ingredients or the complexity of the recipe and the variety of quantities used, underlie the biggest constant formulation challenges.

The aim of this thesis is to get rid of the traditionally followed repetitive tests in food production. For this purpose, two food products (fruit bar and granola) were selected and the raw materials and contents in the formation of the products were examined. In addition to these, texture properties (hardness, brittleness, stickiness) were taken into account. The problem of determining the raw material mixing ratios at the optimum level is emphasized. For this purpose, two different mathematical models have been developed. With the solution of the developed models, new constraints were added to the literature.

In the model established for food formulation, an overview of the strategy and analysis method that guarantees fast and accurate formulation is presented. Optimization has been made in formulation with food manufacturers' recipe accuracy and product consistency, ideal taste and consistency, minimum cost and number of experiments. As a result, this thesis study has been provided to guide food manufacturers in their product development processes.

1. GİRİŞ

Optimizasyon, organizasyonda mevcut olarak bulunan kaynakların (zaman, yatırım, işgücü, hammaddeler, yardımcı hammadde, kapasite, ekipman vb.) optimum şekilde kullanım hedefleyerek, belirli amaçlara (en az maliyet, en çok kâr, en çok kapasite kullanımı ve en çok verimlilik vb.) ulaşmayı sağlayarak bir yöntem olarak gösterilmiştir (Türkay, 1991). Firmalardan ekonomiye tasarımdan üretime hemen her alanlarda kullanıldığı gözlemlenmektedir. İşletmelerde kar artışı veya maliyetin en aza indirgenmesi, tasarımda en uygun ölçülerde (ergonomik) cihaz üretimi, en az enerji kullanan cihazların tasarımı veya üretimde kullanılan bir parçanın çevreye yaydığı zararlı gazların en aza indirilmesi birer optimizasyon işlemidir (Erdoğan, 2016). Optimizasyonda, model kurma ve çözümleme olmak üzere iki önemli aşama karşımıza çıkmaktadır. Model kurma gerçek hayatta karşılaşılan problemin matematiksel olarak tanımlanması; çözümü ise bu modeldeki kısıtları sağlayacak en iyi çözümün elde edilmesini içermektedir. Optimizasyon konusunun gelişiminde araştırmacılar öncelikli olarak modellenin kurulması üzerine çalışmışlar yapmışlardır. Bu alandaki ilk çalışmalardan birisi de Leontief tarafından ABD'nin dış ticaretini ve ekonomik yapısını düzenlemek ve oluşturmak maksadıyla yapılan çalışmadır (Türkay, 1991). Ardından Rus matematikçisi Kantorovich üretimin planlanması sürecinde, problemi modellemiş çözümünde optimizasyona olan ihtiyacı açığa çıkarmıştır (Kantorovich, 1939). Ama Kantorovich'in bu çalışması bilim insanları tarafından yıllar sonra anca fark edilmiştir. (Kantorovich, 1960) Kantorovich, üretim sistemlerinin performansının verimliliğine ve maksimizasyonuna yönelik dokuz farklı model ve her birinin çözümüne yönelik farklı çözüm algoritmaları geliştirmiştir. Kantorovich ve Gavurin, 1940 yılında ise ulaşım sektöründe verimlilik problemi üzerinde farklı modeller geliştirmeye devam etmişlerdir (Türkay, 1991).

Optimizasyon yöntemi, karar verme aşamasını hızlandırmakta ve karar verimliliğini arttırmakta kullanılarak gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin doğru, etkin, ölçülebilir ve faydalı bir şekilde çözümünde yararlanılmaktadır (Winston, W.L. 2004). Optimizasyon, ekonomik açıdan getirdiği kazançların yanı sıra tüketici, firma sahibi ve çalışanların, tercih ve kısıtlarının karar sürecinde yer almasında ve sistemde

var olan kaynakların kalitesinin arttırılmasın da etkin şekilde başvurulana bir yöntemdir (Türkay, 1991).

1.1. Tezin Kapsamı

Bu tez çalışması, gıda ürünlerinden meyve barı ve granola ürünlerinin üretiminde kullanılan hammadde ve içeriklerin incelenmesi ile başlanmıştır. Üretim aşamasında olmazsa olmaz kısıtlardan enerji besin öğeleri ve tekstür dikkate alınarak optimum hammadde karışım oranları belirlemesini sağlamaktadır. Bir gıda ürün reçetesi, ürünün hammaddelerinin hazırlanması aşamasıdır. Bu proses, bütün bileşen hammaddelerin belirli ölçü ve miktara uygun olarak doğru oranlarda bir araya getirilmesi ile gerçekleştirilir. Reçetede karıştırılan hammaddelerin oranları geliştirme süreçlerinde belirlenmektedir. Bu çalışmada, gıda ürününde istenen özellikleri (tat, renk, raf ömrü vb.) elde etmek için yapılan tekrarlı deneyler yerine matematiksel model kullanılarak yöntem geliştirilmektedir.

1.2. Tezin Amacı

Yeni ürün geliştirme süreci olan AR-GE çalışmaları, yeni bir fikri oluşturmaktan bu fikri üretim sürecine getirilmiş bir ürüne dönüştürmeye kadar uzanan zorlu, çok yönlü araştırma gerektiren aktif bir süreçtir. Booz ve ark. (1982) göre yeni ürün geliştirme süreci yani AR-GE üzerine yapılan araştırma çalışmaları ile kabul gören AR-GE aşamalarını tespit etmeye çalışmışlardır. Bu araştırmaya göre yeni ürün geliştirme birbirini takip eden altı basamaktan oluşmaktadır. Bunlar; fikir oluşturulması, bu fikirlerin gözlemlenmesi, iş analizi, fikirlerin geliştirilmesi, test etme ve ticarileştirmedir. Geleneksel yöntemlerde gıda ürününü test etme sürecinde, sayısız deneme ve yanımların sonucunda elde edilir. Bir ürünün reçetesi belirlenirken en uygun hammadde karışım oranları pekçok “Deneme-Yanılma” sonrasında ancak bulunabilmektedir. Bu da doğal olarak önemli derecede zaman ve maliyet problemini doğurmaktadır.

Bir adımın yanlış olması halinde, durumun düzeltilmesi için diğer içeriklerle ilgili hesaplamaların tekrar yapılması ve bunların tekrar ayarlanması gerekmektedir. Bu hatanın fark edilmemesi durumunda ürünler farklı özelliklere sahip olabilir veya

belirlenmiş özelliklerin dışına çıkabilir; bu da ihtiyaç fazlası malzeme tüketimi, işlerin yeniden yapılmasının yol açtığı masraflara veya gıda endüstrisinde son tüketici açısından sağlık risklerine neden olabilir.

Formülasyonun içerisine eklenen herhangi bir ürünün konsantrasyonunda küçük bir değişiklik yapılması veya önemsiz görünen bir içeriğin eklenmesi ya da çıkarılması, ürünün tat deneyimini tümüyle değiştirebilmektedir.

Bu çalışmada, oluşabilecek risk oranlarını azaltmak, hammadde, sarf malzeme maliyeti ve işgücü maliyetini düşürmek amacıyla ürün geliştirme sürecinde doğrusal ve matematiksel programlama tercih edilmektedir. Çalışmada uygulanacak yöntem ise, ürünün reçetesinin oluşturulmasında geleneksel “Deneme-Yanılma” yaklaşımı yerine, doğrusal ve matematiksel model ile çözüm bulunması amaçlanmıştır.

Öncelikli olarak üretilecek ürünün doğrusal modeli için AHP yöntemiyle SuperDecisions programı kullanılarak amaç fonksiyon ve kısıtlar oluşturulmuştur. Modelin çözümü için ise LINGO yazılımı ile doğrusal modelleme çalışması yapılmıştır. Bu doğrultuda az maliyetli ve kısıtlarımızın tamamının gerçekleştiği en uygun (optimum) hammadde karışım oranları belirlenmiştir. Böylelikle, meyve barı ve granola ürünlerinin içeriğinde gerekli temel besin öğeleri ve yapısal özellikteki tekstürü modellemedeki kısıtlarına göre kullanılmıştır.

1.3. Literatür Araştırması

Rusmevichientong, Jaynes ve Chandler’ın çalışmasına göre üç dışsal karakteristik özellik: fiyat, uygunluk ve sosyal etki; iki içsel karakteristik özellik: tat ve besleyiciliktir. Bu kullanılan beş atıştırma özelliği, seviyeleri Tablo 1.1’de sunulmaktadır.

Tablo 1.1. Atıştırma özelliklerindeki nitelikler (Cargill, 2020).

Öznitelikler	Seviyeler
A. Fiyat	1. \$3 ya da altı
	2. \$3 fazlası
B. Erişim Kolaylığı	1. Sırada beklememe
	2. Sırada bekleme

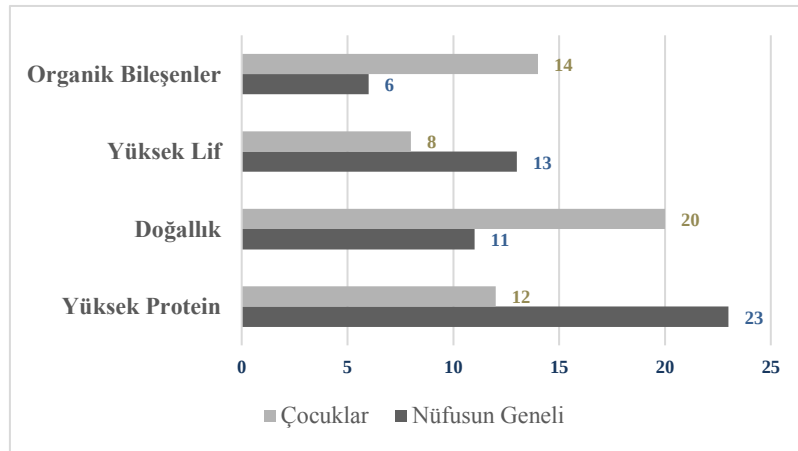
Tablo 1.1.(Devamı) Atıştırmalık özelliklerindeki nitelikler (Cargill, 2020).

Öznitelikler	Seviyeler
A. Fiyat	1. \$3 ya da altı 2. \$3 fazlası
B. Erişim Kolaylığı	1. Sırada beklememe 2. Sırada bekleme
C. Tat	1. Tadı uygun 2. Favori tat
D. Sosyal	1. Aile yiyeceği 2. Arkadaş yiyeceği
E. Besleyicilik	1. Düşük besin 2. Yüksek besin

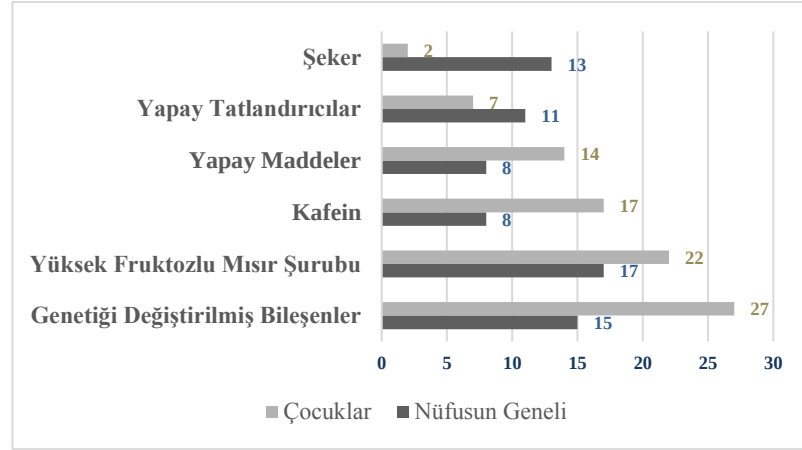
Cargill, (2020) Amerika’da Cargill tarafından yapılan granola barının pazar arayışı ve tüketici fikirleri hakkındaki analizler sonucunda:

- Her üç ebeveynden ikisi, “*tam tahıllı ve lifli*” ürünler tercih etme olasılıklarının son derece/çok yüksek olduğunu söylemektedir.
- Her üç ebeveynden biri, “*doğal*” olduğunu düşündükleri, “*organik*” içeriklerle yapılmış ve “*protein*” oranı yüksek ürünler tercih etme olasılığı son derece yüksektir.

Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de Amerika’da Cargill’in çocuklara ve nüfusun geneline uyguladığı çalışma sonucu granola bar tercihinde aranılan gıda formülasyonları gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Granola tercihinde aranılan önemli özellikler (Cargill, 2020).



Şekil 1.2. Granola barda kaçınılması en muhtemel özellikler (Cargill, 2020).

Hayıt ve Gül (2019) çalışmasında ise glutensiz bisküvi unu formülasyonunun yanıt yüzey yöntemi kullanarak optimizasyonunu çalışmışlardır. Bu çalışmada, Minitab 17 programı ile Box-Behnken dizayn kullanılarak optimum bileşenler belirlenmiştir. Yanıt yüzey yöntemi ile oluşturulan deneme tasarımına göre glutensiz bisküvi unu üretimi için deneme deseninde belirlenmiş olan 15 adet formülasyon kullanılarak ayrı ayrı bisküvi üretimi yapılmıştır ve bu bisküvi örneklerinde fiziksel, tekstürel, duyuşal ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yanıt yüzey yöntemi kullanılarak ANOVA tablosu ve model katsayıları ile önem durumları belirlenmiştir.

Sheibani ve ark. (2017) çalışmalarında doğal afetler ve uluslararası acil durumlarda etkilenen bireylere kaliteli gıda sağlanması üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada, bir DP modeli kurularak WHO yönergelerine dayalı olarak en az maliyetle, yüksek enerjili ve besin açısından yoğun acil durumlar içinde kullanılabilecek gıda ürünleri için ürün reçetesi modeli tasarlanmıştır. Modelde yerel olarak mevcut ürünler kullanılmıştır. Sonrasında ise, belirli kısıtlar altında, beslenme ve duyuşal spesifikasyonların karşılaması maksatlı DP modelleri geliştirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, uyguladıkların DP yaklaşımının, fonksiyonel gıdaların, tedavi edici gıdaların, spor takviyelerinin ve hazır yemeklerin ve askerlerin gıdalarının geliştirilmesinde ve üretilmesinde yaygın olarak kullanılabilir sonucuna varmışlardır.

Tez çalışmamızda ise 2017 yılında Sheibani ve ark. tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi DP modeli kullanılmış olup ek olarak temel besin öğeleri ve tekstür ile

ilgili kısıtlar oluşturulmuştur. İki çalışmanın da hedefi en az maliyetle gıda ürünü üretimidir.

Berezina ve ark. (2017) çalışmalarında protein bileşimini optimize ederek biyolojik değeri artırılmış unlu mamuller için bir un karışımı bileşiminin belirlenmesi konusu üzerinde durmuşlardır. Çavdar ve buğday unu karışımından unlu mamuller için un karışımlarının bileşimini biyolojik değere göre matematiksel model ile optimize etmişlerdir.

Avunduk, (2017) Alejo ve Friedman (1979) tarafından şeker fabrikalarındaki temel işlemlerden kaynatma kazanındaki şurubun diğer işlem merkezlerine ve ara depolama tanklarına dağıtımının, işlem araçlarının ve depolama tanklarının kullanımını minimize etmek amacıyla doğrusal programlama yöntemini kullanmışlardır.

Okubo ve ark. (2015) çalışmalarında, yeterli besin alımı, sağlıklı yaşamın sürdürülebilmesi ve kronik hastalıkların engellenmesi üzerinde durmuşlardır. Beslenmenin değerlendirilmesi ve planlanması için genellikle, tavsiye edilen günlük alınması gereken besin miktarı (DRI) olarak anılan besin temelli tavsiyeler belirlemiştir. Bu gereksinimleri karşılayan DRI modelleri, sağlıklı yiyecek seçimlerini teşvik eden beslenme yönergeleri dikkate alınarak matematiksel model geliştirmişlerdir. Ortaya beslenme açısından en uygun diyet modeli formüle ettiklerini iddia etmişlerdir.

2. YÖNTEMLER

2.1. Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama (DP), optimizasyon problemlerini çözmek tercih edilen önemli araçlardan birisidir. 1947'de George Dantzig, doğrusal programlama sorunlarının çözülmesi adına simpleks algoritmasını geliştirmiştir.

Simpleks algoritmasının geliştirilmesi ile doğrusal programlama modelleri en çok tercih edilen ve kullanılmakta olan optimizasyon modeli olmuştur. Endüstriyel, üretim, karışım ve ekonomik problemlerin modellenmesinde; eğitim, finans, ormancılık ve ulaşım gibi çeşitli sektörlerde optimizasyon problemlerini çözmek için tercih edilmiştir (Türkay, 1991; Winston, 2004).

Bunların başında da karışım, planlama ve karar verme problemleri gelmektedir. İşletmelerde hedeflenen amaç doğrultusunda üretim faaliyetleri için en uygun karışımların bulunması ve bu yönde işletme planlarında yapılması gereken değişikliklerin belirlenmesinde, girdi miktarları için en az masraflı bileşimlerinin tercih edilmesi, ülke nezdinde en uygun kaynak kullanımı ve ürün karışımlarının karar verilmesinde doğrusal programlamadan fazlasıyla yararlanılmaktadır. Her probleme uygulanan bu doğrusal programlama, amacın ölçülebilir (kantitatif) olarak ortaya konduğu bir metottur. Bu en çok kârın elde edilmesi ya da maliyetin en az yapılması problemi olabilir. Doğrusal programlama; bitki ve hayvan ürünleri üretiminde, en uygun üretim planlarının yapılmasında, değişim-rotasyon problemlerinin belirlenmesinde, özet olarak amacın kantitatif olarak ifade edilebildiği pek çok konuda da uygulanma imkânı bulunmaktadır (Bannock, 2005).

Doğrusal programlama yönteminin kullanım ihtiyacı, bilgisayar ile yapılan yazılımlardaki gelişmeler sayesinde daha da belirginleşmiştir. Doğrusal programlama problemlerinin bilgisayar ortamında çözümü için TORA, QSB, LİNDÖ gibi farklı programlar bulunmuştur (Alan ve Yeşilyurt, 2004).

2.1.1. Doğrusal programlama için temel kavramlar

Var olan bir probleme ilişkin genel anlamda karşılaşılan ve cevaplanması istenilen üç temel soru:

- i. Problemde ne belirlenmek istenmektedir?
- ii. Problem hangi koşulları içermektedir?
- iii. Problem için optimum çözüm nedir?

Doğrusal Programlama’da yararlanılan üç temel kavram ile yukarıda yer alan üç problemin yanıtı birbiri ile ilişkilidir. Bu kavramlar aşağıda yer almaktadır:

- i. Karar değişkenleri
- ii. Kısıt fonksiyonları
- iii. Amaç (hedef) fonksiyonu biçimde tanımlıdır.

2.1.1.1. Karar değişkenleri

Karar değişkenleri konusu, doğrusal programlamanın birinci ve temel konularından olup, karar veren kişi vasıtasıyla kontrol edilebilen ve kontrolün devamlılığının sağlanabildiği değişkenlerden oluşmaktadır. Modeli geliştirmek için ilk adım karar değişkenlerinin açıkça ve net olarak tanımlanmasıdır (Taha, 2007). Seçilen değerler ile var olan problemin en az maliyeti ya da çok kârı oluşturulmaktadır. Bütün amaç ve kısıt fonksiyonlarının oluşturulması için karar değişkenlerinin belirlenmesi ve birlikte yazılması gerekmektedir. Bir örnek ile ifade edilirse; fabrikada yapılacak olan ürün miktarı, firmadaki personel, makine operatörü sayısı, makine, hammadde ve yardımcı hammadde sayıları gibi değerler, karar değişkenlerini meydana getirmektedir. Karar değişkenleri $X_j = (j = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ biçiminde gösterilmektedir. Bu gösterilen ‘n’ sayısı problemdeki karar değişkenleri miktarını oluşturmaktadır.

2.1.1.2. Amaç fonksiyonu

Doğrusal programlama modelinden istenilen sonuca ulaşabilmek adına, problemin amacının açık ve ifade edilebilir bir durumda anlaşılması ve matematiksel olarak yansıtılmasıdır. Amaç fonksiyonu, kar için en çok, maliyet için en az problemi olarak ifade edilir (Esin, A. ve Şahin, T. 2012). Doğrusal programlama problemlerinde

özetlemek gerekirse, amaç; maliyet en az veya kâr en çok denklem olarak ifade edilmektedir. Doğrusal programlama modelinin meydana getirilebilmesi adına mutlaka bir amacın olması gerekmektedir. Amaç fonksiyonu, farklı doğrusal programlama problemlerinde (dağıtım, karışım, üretim, finans, ulaşım, diyet vb.) kâr oranını en çok olarak ifade ederken maliyetleri ise en aza indirmek en iyi sonuca ulaşmak adına meydana getirilmiş, hedeflenen sayısal bir değerdir (Arık, 2020).

Amaç fonksiyonu Z , karar değişkenleri X_j ($j = 1, 2, \dots, n$) ve j 'inci değişkene ait amaç fonksiyonu C_j ($j = 1, 2, \dots, n$) ile gösterilirse amaç fonksiyonu Denklem 1 (Esin, A. ve Şahin, T. 2012):

$$Z_{ençok/enaz} = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.1)$$

Bu ifadelerin açıklamaları ise aşağıdaki gibidir:

C_j = Sabit katsayılar

x_j = Karar Değişkenleri

n = Değişken sayılarını ifade etmektedir (Arık, 2020).

2.1.1.3. Kısıt fonksiyonları

İktisada göre kaynaklar sonsuz değildir. Bundan sebep, fabrikada kaynaklar ne kadar miktarı az ise kısıtlanacak noktalarda o kadar çoğalmaktadır. Doğrusal programlama modelinde, değişkenler ve kısıt fonksiyonları çözüme ulaştırılması gereken problemin temel ve kritik noktalarını belirlemektedir. Çünkü bu modeli oluşturan temel unsurlar, değişkenler ve kısıtlardır. Optimum sonucu elde etmek adına çözümlenmesi gereken problemdeki mevcut olan karar değişkenleri veya bu değişkenler ile sabit katsayılar arasındaki gerekli bağlantıların kurulması gerekmektedir. Kurulan modelin etkin bir şekilde devamlılığını sağlayabilmesi adına, teknik boyutlardaki kısıtların yanı sıra, subjektif ve kişisel boyutlardaki kısıtların da doğrusal programlamada etkili bir şekilde bulunması gerekmektedir.

En çok problem için kullanılacak kısıtın kapalı hali kullanılan Denklem 2:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad (2.2)$$

En az problem için kullanılacak kısıtın kapalı hali Denklem 3:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_i \quad (2.3)$$

Bu ifadeler şu şekilde açıklanmaktadır:

a_{ij} = Sınırlı kaynakları (i), üretim için gerekli olan (j)

b_i = Kaynaklar sınırlı kullanılabilir (i) miktarları belirtmektedir (Esin ve Şahin, 2012).

2.2. Analitik hiyerarşi süreci (AHP)

AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, karar etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahmin yöntemi olarak açıklanabilir. AHP bir karar verme hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış karşılaştırma skalası kullanılarak gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler yönünden karar noktaların önem değeri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır (Yaralıoğlu, 2001).

AHP çok amaçlı kararları etkileyecek kriterler kümesini ve bu kriterlerin verilecek karardaki göreceli önemlerini uzmanların değerlendirmelerine dayanarak belirlenmektedir Böylece sistematik bir yaklaşımla sayısal performans ölçümleri, subjektif değerlendirmeler ile birleştirilerek sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir (Tektaş ve Hortaçsu, 2003).

AHP, ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977’de ise Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada AHP'ye ilişkin bazı matematiksel kavramlardan bahsedilmiştir. AHP analitik, hiyerarşi ve proses gibi üç kavramla açıklanır. Analitik, sorunlara temel bilim teori ve yöntemleri altında, matematiksel ve mantıksal yaklaşımlarla yanıt aramak anlamına gelmektedir (İmren, 2011).





3. GIDA ÜRETİMİNDE HAMMADDELER

3.1. Bar Yapımında Kullanılan Hammaddeler

Birinci modelde ürün olarak bar (snacks) tercih edilmiştir. Bar; günlük hayatta ara öğün olarak tercih edilen vitamin, mineral zenginliği sağlayan bir ürün çeşididir.

3.1.1. Hurma

Palmiye'nin bir türü olan hurma ağacı, botanikte Arecaceae familyasından, tropikal iklimlerde görülen bir bitki olarak tanımlanmaktadır. Latince ismi *Phoenix dactylifera*'dır (Edward ve Dennis, 1994).

Hurma meyvesinde %44-88 oranında karbonhidrat bulunmaktadır. Ayrıca, kalsiyum, magnezyum, demir ve bazı vitaminleri (A, B1, B2, niasin, C) içermektedir. Hurmanın yenilebilir kısmında %0,2-0,5 yağ bulunmakta, çekirdeğindeki yağ oranı %7,7-9,7 arasında yer almaktadır. Çekirdeğinde ise 14 çeşit yağ asidi bulunmaktadır. Bunlardan 8'i düşük miktarda yenilebilir kısmında da ihtiva etmektedir. Doymamış yağ asitleri arasında "palmitoleic", "oleic", "linoleic" ve "linolenic" asitleri mevcuttur. Hurma meyvesinde minimum 15 çeşit mineral madde bulunmaktadır. Potasyum, kalsiyum, bakır, flor, demir, magnezyum, fosfor, sodyum, selenyum ve çinko gibi mineraller bunlardan birkaçıdır. Hurmanın içerisinde yer alan protein de kaliteli olup, 23 çeşit aminoasit barındırmaktadır. Aynı zamanda %0,5- 3,9 oranında insan sağlığı açısından önemli bir yeri olan pektini bulundurmaktadır (Al-Shahib ve Marshall, 2003).

3.1.2. Yer fıstığı

Yerfıstığı, baklagiller familyasından olup, Latince ismi *Arachis hypogaea*'dır. İçerdiği yağ, protein, karbonhidrat, vitamin ve mineraller sayesinde sağlık açısından önemli bir yağlı tohumdur (Arıoğlu, 2014).

Bileşiminde, çeşitlerine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, %45-55 yağ, %20-25 protein, %16-18 karbonhidrat, %5 mineral madde bulundurmaktadır (Akkaya ve ark., 2017). Yerfıstığı fosfor ve B vitamini açısından zenginlik göstermekte, aynı zamanda A, C, D ve E vitaminlerini de bünyesinde

barındırmaktadır. Bunun yanı sıra aminoasitlerden "cystine" ihtiva etmektedir. Yerfıstığı vitaminler açısından da çeşitlilik göstermekte ve aynı zamanda bağışıklık sistemine, kalp sağlığına yararlı bir besin olarak görülmektedir.

3.1.3. Yer fıstığı ezmesi

Fıstık ezmesi, fıstık tanelerinin kavrulması, beyazlatılmasıyla ve sonrasında da öğütülmesiyle elde edilen ve karışımında fıstık yağının da içinde bulunduğu bir üründür. Öğütme işlemi sırasında, yer fıstığı çekirdeklerinin hücresel yapısını kırmakta olup, parçalanmış taneciklerin kremi kıvama gelmesi ve yağın da serbest halde ortamda bulunmasına neden olan bir işlemdir (Hepsağ, 2018).

3.1.4. Kakao

Kakao çekirdekleri, kakao ürünlerinin hammaddesidir. Latince ismi *Theobroma cacao* olan ağacın meyvelerinden elde edilmektedir (Afoakwa, 2008). Kakao ağacı çekirdekleri yoğun acılıkta tada sahip olup, lezzet ve aroma gelişimi için fermente edilmeleri gerekmektedir. Fermantasyon sonrasında, çekirdekler kurutulup, temizlenir ve kavrulur. Ardından kakao tanesinin eldesi için kabuğu çıkarılır. Elde edilen kakao taneleri öğütülür ve ham formda (saf çikolata) olan “kakao kitlesi” oluşturulur. Kakao kitlesinden elde edilen “çikolata likörü” ise kakao kitlesi ve kakao yağı olmak üzere iki bileşen halinde işlenebilmektedir (Tokuşoğlu, 2015).

Kakao kullanımının, insan sağlığında ve beslenmesindeki önemi, ihtiva ettiği antioksidanlarla önem kazanırken, kabuğu ayrılmış kakao çekirdeği granülünün protein (%11,5), karbonhidrat (%7), selüloz (%9) ve yağ (%54) açısından da zengin içeriği önem arz etmektedir (Hii, ve ark., 2009).

3.1.5. Çilek

Rosales takımı *Rosaceae* familyası, *Fragaria* cinsi içerisinde yer alan çilek, üzüm sü meyveler grubunda bulunmaktadır (Özbahçeli ve Aslantaş, 2015). Çilek, doğal antioksidanların yanı sıra; vitamin, mineral, antosiyanin, flavonoidler ve fenolik asitler açısından da oldukça zengindir (Erdoğan ve ark., 2013). 100 g taze çilek ise: 32 kalori; 0,3 g yağ; 0,7 g protein; 8 g karbonhidrat; 0 kolesterol; 1,3 g lif; 21 mg kalsiyum; 21 mg fosfor; 1 mg sodyum; 164 mg potasyum; 12 mg magnezyum; 1 mg demir; 60 IU A vitamini; 0,75 mg B vitamini; 4,6 mg folik asit; 77 mg C vitamini ve 0,2 mg E vitamini, besin değerlerini içermektedir (Ebcioğlu, 2003).

3.1.6. Nohut unu

Nohut, *Leguminosae* familyasına ait bir baklagildir. Bu bitki tohumları yüksek protein ihtiva etmekte olup, Latince ismi ise *Cice arietinum L.*'dir (Ulukut, 2010).

Fazla oranlarda azot ve nişasta içermesinin yanında protein ve B vitaminleri ile kalsiyum, demir, fosfor ve fosfat gibi mineraller bakımından oldukça zengindir. Besinler arasında nohut, dünya genelinde en önemli beşinci baklagil olarak nitelendirilmektedir. Nohut, lif, karbonhidrat, vitamin ve mineral kaynağı olmasının yanı sıra iyi bir protein kaynağıdır (Sabanis, ve ark. 2006). Bütün nohut tanesi, ortalama değer olarak; %5,3 yağ, %17 protein, %70 karbonhidrat, %3,9 liften oluşmaktadır. Toplam nişasta oranı %42-45 civarında olup ve nohutun nişastası yaklaşık değer olarak %28,6-34,3 civarında amiloz içermektedir (Singh, 2004c).

3.1.7. İnülin

Polisakkarit grubuna dâhil bir karbonhidrattır. Beyaz tatsız bir maddedir. İnülin; soğan, sarımsak, enginar ve yer elmasında bulunmaktadır (Bilişli, 2012).

Tablo 3.1. Bar yapımında kullanılan malzemelerin besin değeri (Yetim ve Kesmen,2009; Cemeroğlu, 2013).

Ürün	Yağ	Protein	KH	Enerji
Hurma	0,4	2,5	75	281
Yerfıstığı ezmesi	50	25	20	588
Kakao	10,5	22,7	10	224
Çilek	0,3	0,7	8	32
Yer fıstığı	49	26	16	567
Nohut unu	7	22	58	386
İnülin	0	0	8	208

Tablo 3.1'de meyve barı üretiminde kullanılan hammaddelerin yağ, protein, karbonhidrat ve enerji besin değeri olarak ifade edilmiştir.

3.2. Granola Yapımında Kullanılan Hammaddeler

İkinci modelde ürün olarak granola ürünü tercih edilmiştir. Granola fonksiyonel gıdalardan biri olarak kahvaltı veya ara öğünlerde tercih edilmektedir.

3.2.1. Yulaf ezmesi

Latince ismi *Avena sativa L.* olan yulaf, dünyada insan diyetinde ve hayvan besiciliğinde yem alanında tercih edilen bir tahıldır (Dumlupınar, Z. 2010). Son yıllarda, insan sağlığı açısından, beslenmedeki yulafın insanlar tarafından kullanımı, yulafın enerji besin değeri sayesinde yükseliş trendine girmiştir (Food and Drug Administration [FDA], 1997).

Yulaf gelişmiş ülkelerde yulaf kepeği, yulaf ezmesi ve yulaf unu şeklinde tercih edilip, kullanılmaktadır. Yulaftaki proteinin süt, yumurta ve etteki değerler ile eşdeğer olduğunu, özellikle son zamanlarda Dünya Sağlık Örgütü bildirmektedir. Sindirim sistemine yardımcı olması sayesinde lifli yapısı ile diyetlerde sıklıkla tüketilmektedir (Sarı, N. ve Ünay, A. 2013). Halk arasında çölyak olarak bilinen gluten intoleransı olan insanların yulaf tüketimi esnasında düşük oranlarda hassasiyet sağlaması, yulafın fazla miktarda lif içeriği ve besin değerinin kalitesinden dolayı kolesterol ve kan şekerini düşürmesi, önemli antioksidanlar içermesinin yanı sıra protein miktarının yüksek olması nedeniyle önemini bir kez daha arttırmaktadır (Dumlupınar, 2010; Sarı ve Ünay, 2013).

3.2.2. Hurma

Hurma, 3.1.1. maddesinde hammadde açıklaması (tanımı) gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Elma

Latince ismi *Malus domestica L.* olan, *Rosales* takımının *Rosaceae* familyasına, *Pomoidea* alt familyasına ve *Malus* cinsine mensup bir meyve türü olarak tanımlanmaktadır (Bulantekin, Ö., Kuşçu, A. 2016, 4-7, Ekim). Elmanın 25 türü ve 6.000 kadar çeşidi bulunmakta ve dünyada en çok tüketilen meyve olarak anılmaktadır. Yenilebilen kısmı ise tatlı, mayhoş tatlı, ekşi olup, tazeyken tüketilebilmektedir. Aynı zamanda reçel, marmelat, komposto, tatlı ve meyve suyu yapımında kullanılmaktadır. 100 g taze elmanın ise: 58 cal; 0,7 g yağ; 0,7 g protein; 69 g karbonhidrat; 0 kolesterol; 0,6 g lif; 10 mg fosfor; 0,3 mg demir; 7 mg kalsiyum; 100 mg potasyum; 1 mg sodyum; 8 mg magnezyum; 90 IU A vitamini;

0,45 mg B vitamini; 0,5 µg folik asit; 10 mg C vitamini ve 0,7 mg E vitamini, besin içeriği bulunmaktadır (Ebcioğlu, 2003).

Elma beynin, kalbin ve midenin güçlenmesine yardımcı olmaktadır. Eklem ağrısı ve esneklik tedavisinde kullanılır. Kusmayı önleyicidir, nefes darlığına ve karaciğere iyi gelir, kanı toksinlerden arındırır, kalp kasını güçlendirir ve karın protezlerini öldürür. Hücre beslenmesi ve gelişimi, kemik güçlendirme ve nöronal rejenerasyon açısından daha zengin olan, vücuttaki önemli bir detoksifikasyon, virüs, bakteri ve mikrop kaynağıdır.

3.2.4. Üzüm

Üzüm, yaprak döken, asmagiller (Vitaceae) familyasının vitis cinsinden çiçekli bitkinin meyvesidir. Üzümün tanesi, histolojik olarak ekzokarp, mezokarp(endokarp) ve çekirdek olmak üzere üç temel bölümden oluşmaktadır (Kunter, B. ve ark. 2013). 100 g taze üzümün: 69 cal; 0,4 g yağ; 0,6 g protein; 17 g karbonhidrat; 0 kolesterol, 0,6 g lif; 3 mg sodyum; 12 mg fosfor; 16 mg kalsiyum; 0,4 mg demir; 158 mg potasyum; 13 mg magnezyum; 100 IU A vitamini; 0,46 mg B vitamini; 5,6 µg folik asit; 4 mg C vitamini ve 0,7 mg E vitamini, besin değeri bulunmaktadır (Ebcioğlu, 2003).

Üzüm bedensel ve zihinsel çalışmalarda bulunan insanlar açısından değerli bir besin kaynağıdır. Özellikle bebeklerde anne sütünün yetersiz olduğu ve olmadığı durumlarda üzüm suyu tavsiye edilmektedir (Gökçen, İ.S. ve ark. 2017). Dış çürümesini engellemesinin yanı sıra içerdiği bileşenler sayesinde bedenin kansere yakalanma riskini azaltmaktadır (Ebcioğlu, 2003).

3.2.5. Yer fıstığı

Yer fıstığı, 3.1.2 maddesinde detaylı açıklaması yer almaktadır.

3.2.6. Fındık

Latince ismi *Corylus avellana L.* olan, sert kabuklu bir meyve olan fındık zamanında hasat edilen ve Türkiye tarımında önemli bir payı bulunan, yıl boyunca gereksinim duyulan besin ögesidir (Kibar, 2006).

Fındığın genel kimyasal bileşim olarak ortalama %16'sı protein, %14'ü karbonhidrat, %63'ü yağ, %7'si de nem, selüloz ve mineral maddelerdir. Enerji değeri olarak 100 g fındık 650 kilokalori değere sahiptir.

Fındıktaki yağ asitleri bileşiminin %82'sini oleik asit içermektedir. Vücudu kalp ve damar hastalıklarına karşı önemli bir koruyucu özellikli Fındıkta yüksek oranda bulunan, doymamış yağ asidi olan tek çift bağlı oleik asit kan kolesterol düzeyinin düşmesini sağlarken, vücudumuzu kalp ve damar hastalıklarına karşı önemli bir koruyucu özelliğe sahiptir (Öztürk ve ark., 2022).

3.2.7. Badem

Badem, *Rosaceae* familyası *Prunoideae* alt familyasının *Amygdalus* cinsi içerisinde bulunmaktadır (Gök ve ark., 2020).

100 g iç bademin içerdiği besin değerleri: 570 cal; 54,1 g yağ (%87'si doymamış yağ); 18,7 g protein; 3,7 g karbonhidrat; 0 kolesterol; 0,7 g lif; 77 mg magnezyum; 240 mg kalsiyum; 144 mg fosfor; 1,3 mg demir; 780 mg potasyum; 3,2 mg çinko; 1,3 mg B vitamini; iz miktarda C vitamini ve 2,4 mg E vitaminidir (Ebcioglu, 2003).

Badem, insan sağlığı açısından incelendiğinde vitamin ve mineral için iyi bir besin kaynağı olarak tercih edilmekte, çerez, pasta, şekerleme, çikolata ile tüketilmekte. Ayrıca bademyağı olarak kozmetikte ve ilaç endüstrisinde de tercih edilmektedir (Aydoğdu ve Şahin, 2020).

Badem antioksidan bileşikler (polifenoller ve a-tokoferol gibi), sindirilebilirliği yüksek proteinler ve doymamış yağ asitleri kaynağıdır. Kolesterol seviyelerinin düşürülmesi glisemik düzenleme ve bazı antienflamatuvar özellikler ile bağlantılıdır. Bademin ayrıca bağırsak mikroorganizmaları üzerinde kötü kolesterol olarak adlandırılan LDL değerini düşürdüğü iyi kolesterol olarak adlandırılan HDL değerini yükselttiği birçok kanser türünü önlemede yararlı bir etkisi vardır (Gülsoy ve Balta, 2014; Pitando ve ark., 2020).

3.2.8. Zeytinyağı

Zeytinyağı her mevsim yeşil olan *Olea europaea* ağacının meyvesinden, ezme ve presleme yoluyla elde edilen bir üründür. Tam meyvesinde kuru madde üzerinden %35-70 yağ ihtiva etmektedir. Aynı zamanda meyve pulpunda kuru maddede %75'in üzerinde yağ içermektedir. Yağ genellikle kendine has bir koku ve aromaya sahip olup, yeşilimsi-sarı renktedir (Sebahattin ve ark., 2001). Zeytinyağı yaklaşık %98 oranında bulunan trigliseritlerle birlikte %2 oranında da fenolik maddeler, serbest yağ asitleri, steroller, hidrokarbonlar, alifatik ve triterpenik alkoller, uçucu bileşenler ve antioksidanlar gibi 230 ayrı minör bileşenden oluşur (Kayahan ve Tekin, 2006).

Sağlıklı beslenme açısından incelendiğinde yağlar, kalori bakımından değerlendirildiğinde yaşamsal faaliyetler bakımından önemli besin öğeleridir. Yağların hücre yapısında ve hücre içi organellerin aktivitelerini sürdürmesinde mutlaka gerekli olması biyolojik açıdan önem arz etmektedir. Vücut sıcaklığının ve suyunun korunmasında yalıtkan olarak görevi bulunmaktadır (Kayahan ve Tekin, 2006).

3.2.9. Tereyağı

Tereyağı mekanik yolla elde edilen ekşi veya tatlı kremadan ya bakteri kültürüyle ekşitilmiş ya da tatlı kremadan veya peynir altı suyu kremasından elde edilmiş yarı katı bir üründür.

Tereyağı önemli bir enerji kaynağıdır. Vücut sıcaklığında erimesi büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bu da iyi bir hazmı olabilirlik ve vücudun en iyi yararlılara bilirliğini sağlamaktadır. Buna ek olarak tereyağı yağda çözünen önemli vitaminleri (A, D, E, K) ve bilhassa A vitamini içermektedir (Demirci ve Şimşek, 2004).

Tablo 3.2. Granola yapımında kullanılan malzemelerin besin değeri (Yetim ve Kesmen,2009; Cemeroğlu, 2013).

Ürün	Yağ	Protein	Kh	Enerji (kcal)
Yulaf Ezmesi	1,5	2,5	12	71
Hurma Özü	0	2	82	325
Elma Suyu Konsantresi	0,7	0,7	69,1	322
Üzüm	0,4	0,6	17	66
Yer Fıstığı	49	26	16	567
Fındık	61	15	17	628
Badem	54,1	18,7	3,7	570
Zeytinyağı	99,6	0	0,2	884
Tereyağı	81	0,9	0,1	716

Tablo 3.2’de granola üretimindeki kullanılan hammaddelerin yağ, protein, karbonhidrat ve enerji besin değeri olarak ifade edilmiştir.



4. TEMEL BESİN ÖĞELERİ

Besin, yenilenebilen ve yenildiğinde organizma için gerekli organik ve inorganik öğeleri ihtiva eden aynı zamanda yenilebilen bitki ve hayvan dokuları olarak tanımlanmaktadır. Gıda, yiyecek gibi kelimeler ise Türkçe’de besine eş anlamlı kelimeler olarak kullanılmaktadır (Tayar ve ark., 2011).

Besinler, organik madde olarak adlandırılan karbonhidrat, lipid ve protein, mikro ve inorganik olarak da adlandırılan su, mineraller ve vitamin gibi besin öğelerinden oluşmaktadır (Ünsal, 2019).

4.1. Lipidler

Temel yapıtaşları, karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) atomlarından meydana gelen bileşiklerdir. Bazı lipidlerde de fosfor (P), azot (N) ve kükürt (S) atomlarının yer almaktadır. Genellikle suda çözünemeyen, eter ve benzen gibi organik çözücülerde çözünen bileşikler, lipid adı altında toplanmaktadır. Bu kapsam içinde yağ ve yağ benzeri maddeler yer almaktadır. Lipidlerin kimyasal yapıları ve biyolojik işlevleri farklılık göstermektedir. Hücre zarının ve organellerin temel yapı taşları olarak bulunmaktadır.

Gıdalar arasında depo besini olarak yer alan ve enerji sağlayıcılığı ile değerli bir bileşiktir. Lipidlerin 1 gramı 9 kalori vermektedir. Lipidler elektriksel izolasyon maddesi olarak da görev yaparken aynı zamanda yağda çözünen vitaminlerin taşıyıcısıdır.

Yapısına göre lipidler yediye ayrılır:

1. Yağ asitleri
2. Yağlar
3. Mumlar
4. Fosfolipidler (Fosfatitler)
5. Glikolipidler (Serebrositler)
6. Steroller (Sterinler, Steroidler)

7. Terpenler

Yağlar, lipidlerin en yaygın sınıfını oluşturmaktadırlar. Yağ asitlerinin gliserinle esterleşmesinden meydana gelen bileşiklerdir. Yağlarında içinde yer aldığı lipidler, bitki ve hayvanlarda vücut yağının çoğu derialtı dokusunda bulunmaktadır. (Bilişli, 2012; Bilişli, 2012)

Yağlar kimyasal yapılarına göre ikiye ayrılır:

1. Doymuş Yağlar: Hayvansal yağlar olarak nitelendirilip bunlar; tereyağı, kuyruk ve iç yağıdır.
2. Doymamış Yağlar: Çoklu doymamış yağlar olup bunlar; özellikle yeşil yapraklı sebzeler, tercihen yağlı balıklar, sert kabuklu yemiş grubu ve ayçiçek, mısır, tahıl ürünleri ve tekli doymamış yağlar (zeytinyağı) (Ünüvar, 2007).

4.2. Proteinler

Proteinler, bitkisel kaynakların, bütün hayvan dokularının ve hormon ve enzimlerin temel yapıtaşını oluşturup insan vücudunun birçok kritik sürecinde önemli görevler yerine getirmektedir (Galioğlu, 1990). Vücut dokularının ana yapı maddesi olup, hücrenin dokusunu (kemik, kas, deri), büyümeyi, gelişmeyi, onarımı, suyun vücutta tutulmasını (osmotik denge) hormonların, kanın yapılmasını sağlayan, vücut olaylarını düzenleyen ve enerji de veren kompleks organik bileşikler içeren besin öğeleridir (Ünüvar, 2007). Yapısında; C, H ve O elementleri yer alırken karbonhidratlar ve yağlardan farklı olarak azot (N) elementi bulunmaktadır. Yine bazı proteinlerin yapısında P ve S de yer almaktadır (Bilişli, 2012). Proteinler vücudun yapıtaşı olan amino grup asitlerden oluşur. Yenildikleri ve sindirildikleri zaman kendilerini oluşturan aminoasitlere ayrışırlar. Yapı taşları olan aminoasitlerde NH_2 ve $COOH$ grupları bulunmaktadır. İnsan vücudu tarafından kullanılan 20 kadar aminoasit vardır. Bu aminoasitlerden elzem aminoasit dediğimiz 8 tanesi özellikle hayvansal proteinlerden karşılanır. İnsan vücudunda bazı aminoasitler birbirine dönüştürülebilir ve dönüştürülme karaciğerde olmaktadır (Bilişli, 2012; Ünüvar, 2007).

Proteinler kimyasal özelliklerine göre üçe ayrılır:

1. Basit Proteinler: Albuminler, globulinler, glutelinler, prolaminler, albumoidler, histonlar ve protaminler.
2. Bileşik Proteinler: Fosfoproteinler, lipoproteinler, glikoproteinler, metaloproteinler, nükleoproteinler ve kromoproteinler.
3. Türev Proteinler: Proteanlar, metaproteinler, pıhtılaşmış proteinler, proteazlar ve peptonlar.

Beslenmede önemli bir yeri olan vücut yapısının gelişiminin sağlanması, dokuların onarımı için gerekli görülen proteinler bitkisel ve hayvansal membalardan sağlanmaktadır. Kasaplık büyük ve küçükbaş hayvan etleri, kümes hayvan etleri, su canlıları etleri, hayvansal süt ve süt ürünleri ile yumurta önemli hayvansal protein kaynaklarıdır (Bilişli, 2012).

4.3. Karbonhidratlar

Tüm canlıların enerji kaynağı olarak yararlanılan, bitkiler tarafından fotosentez yoluyla üretilen ve yaşamsal önemi olan karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) elementlerinin oluşturduğu organik maddelerdir (Bilişli, 2012). C, H ve O'nin birleşme düzenine göre ve insanların yararlanma şekillerine göre çeşitli yapıda ve adda karbonhidratlar vardır (Ünüvar, 2007). Genel formülü $C_nH_{2n}O_n$ veya $C_n(H_2O)_n$ şeklinde gösterilebilmektedir (Bilişli, 2012).

Karbonhidratlar hem gıdaların doğal bileşiminde bulunmakta hem de gıdalara dışarıdan katılmaktadırlar. Gıdalarda enerji sağlayan bileşikler olmalarının yanında, tat, lezzet ve tekstür başta olmak üzere duysal özellikleri ve genellikle kaliteyi belirlemede büyük önemi bulunmaktadır. Gıda sanayisinde; jel oluşturucu, tatlandırıcı, stabilizatör, kıvam verici, kalori azaltıcı ve yağları ikame edici özelliklerinden yararlanılmaktadır (Bilişli, 2012).

Karbonhidratlar kimyasal özelliklerine göre dörde ayrılır:

1. Monosakkaritler: Triozlar, tetrozlar, pentozlar, heksozlar, heksozların türevleri.
2. Disakkaritler: Laktoz, sakkaroz, maltoz, sellobioz.
3. Oligasakkaritler: Trisakkaritler: Rafinoz, melezitoz.
4. Polisakkaritler: Homopolisakkaritler, heteropolisakkaritler (Bilişli, 2012).

4.4. Enerji

Besin değerleri (enerji) tablosu alınan hazır, işlenmiş veya herhangi bir gıda ambalajının üzerinde yazmaktadır. Her alınan ürün üzerinde etiket bilgisi olarak “Besin Değerleri Tablosu” zorunluluğu bulunmaktadır (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 2017).



5. GIDALARDA TEKSTÜR

Tekstür, besinlerin yapısal, mekanik ve yüzeysel özelliklerinin, dokunma, hissetme, kinestetik, görme ve işitme terimleriyle gıdaların duyuşal karakteristiğinin belirlenmesidir (Aday ve Caner, 2006; Ertaş ve Doğruer, 2010).

Gıdaların tekstürel özellikleri bakımından üç grupta incelenmektedir;

1. Mekanik Karakterler: Besinin şekil deformasyonu ile ilgili özelliklerdir. Besin maddesine uygulanan basınca karşı besinin göstermiş olduğu reaksiyonu ifade ederler. Sertlik, yapışkanlık, viskozite, elastiklik, bağlılık ve konsistens, gevreklik gibi özellikler bunlardan bazılarıdır.
2. Geometrik Karakterler: Besinin düzenin yapısı ile ilgilidir ve besinlerin dış görünüşünü (boyut ve şekil) yansıtmaktadır. Bu karakter dokunma ve oral duyu ile algılanabilir.
3. Diğer Tekstürel Karakterler: Gıdanın bileşimi ile ilgili özellikleri ifade etmektedir. Besinlerin rutubet ve yağ içeriğinin algılanması ile ilgilidir (Bourne, 1978; Ertaş ve Doğruer, 2010; Szczesniak, 1963).

5.1. Sertlik

Besin maddesinin uygulanan herhangi bir etkiye karşı koyma gücüdür. Başka bir deyişle katı besin partiküllerin öğütücü dişler arası ve yarı katı besinlerin damak ve dil arasındaki basınca karşı koyması için gerekli güçtür.

Kalite kriteri olan sertlik dokunma ile belirlenmektedir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

5.2. Yapışkanlık

Besin yüzeyi ile besinlerin ilişkide olduğu dil, diş, damak gibi yüzeylerin arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koymak için gerekli olan güçtür (Ertaş ve Doğruer, 2010).

5.3. Gevreklik

Bir besinin parçalara ayrılabilmesi, kırılabilmesi ve bütünlüğünün bozulabilmesi için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Tüm gıdalarda gözlenen bir parametre değildir (Bourne, 1978; Ertaş ve Doğruer, 2010; Szczesniak, 1963). Gevreklik; sertliğin fazla, bağlılığın az olmasını ifade eder ve çiğneme sırasında ses oluşturur (Ertaş ve Doğruer, 2010).



6. GIDA ÜRETİM PROBLEMİ

Kalabalık bir ürün ve üretim yelpazesine sahip olan gıda endüstrisi, alt basamakları açısından birbirinden değişik özellikleri barındıran sektörler bulunmaktadır. Gıda ürünleri hammadde olarak alınmakta, işlenmekte ve ambalajlandıktan sonra tüketicilerin kullanımına sunulmaktadır. Bu süreçte pek çok kimyasal, biyolojik ve fiziksel işlemler gerçekleştirilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

6.1. Meyve Barı Üretimi

Meyve barı, geleneksel dikdörtgen şekilde daha çok tercih edilmesinin yanı sıra farklı bir üç boyutlu formda, tek porsiyonluk bir boyutta, değişik içerikli meyve bileşenini (meyve parçaları, meyve püresi veya meyve tozu) ifade eder (Orrego ve ark., 2014).



Şekil 6.1. Soğuk şekillendirilmiş bar üretim sürecinin akış şeması (Constantin ve Istrati, 2018).

6.2. Granola Üretimi

Granola; tahıl, kuru meyve, kuruyemiş ve bağlayıcı bir içeriğin (bal, pekmez, yağ vb.) karıştırılması ile elde edilen lif açısından zengin (Souza ve Silva, 2015), genellikle doğal bileşenler içeren, kahvaltılık olarak tüketimi yaygın görülen toplanmış/sıkıştırılmış ve pişmiş atıştırmalık bir üründür. Granolanın işlenmesi, kuru bileşenlerin karıştırılması ve genellikle bal, pekmez, su ve yağ içeren bağlayıcının ilavesi şeklinde olmaktadır. Daha sonra 150–220 °C arasında granül ürün istenen ölçüde kızartılana kadar pişirilir. Granola genellikle yüksek derecede kırılabilirlik gösterir (Pathare ve Byrne, 2011).

Su aktivitesi düşük, kuru tanecikli bir tahıl ürünüdür (Macedo ve ark., 2013). İçerdiği bileşenlerin yapısından dolayı heterojenik özellik gösterir ve bu sayede yüksek miktarda diyet lifi, vitamin, mineral ve enerji kaynağı olabilmektedir (Souza ve Silva, 2015).



Şekil 6.2. Granola üretim sürecinin akış şeması (Dikyokuş, 2022).

7. ÜRETİM VE MATEMATİKSEL MODELLERİ

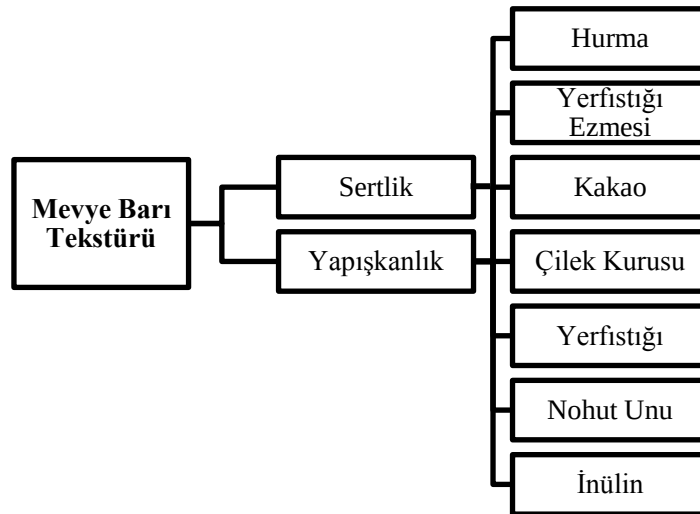
Gıda sektöründe kullanılan iki trend ürünün formülasyonu tercih edilmiştir. Ürünlerden birincisi meyve barı, ikincisi ise granola ürünüdür.

Doğrusal programlama sayesinde maliyetin minimizasyonu amacına uygun olarak oluşturulan modeller çözümlenmiş olup 1. kısıt karbonhidrat, 2. kısıt protein, 3. kısıt yağ, 4. kısıt ise besin enerjisi tercih edilmiştir.

7.1. Meyve Barı Üretimi Matematiksel Modeli

Meyve barı üretiminde kullanılan hammaddelerin miktarları belirlenirken, istenilen temel besin öğelerinin ölçülebilir değerleri kullanılmıştır. Bu değerler LINGO da çözüme ulaştırılmıştır. Aynı zamanda modele sertlik ve yapışkanlık tekstürleri de eklenmiştir. Katsayıları AHP metodu ile elde edilmiştir.

AHP yöntemi karar alıcıya karmaşık sorunları hiyerarşik prosedür olanağı vermektedir. Genellikle hiyerarşi üç düzeye, amaç, kriterler ve seçeneklere, sahiptir. Araştırma konusunda amaç, en uygun gıda formülasyonu seçilmesidir. Kriter örnekleri ise sertlik tekstürü ve yapışkanlık tekstürü etkisi olarak gösterilebilir. Seçeneğimiz meyve barı içeriği olarak hurma, yerfıstığı ezmesi, kakao, çilek kurusu, yerfıstığı, nohut unu ve inülin. Şekil 7.1’de meyve barı AHP hiyerarşisi gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Meyve barı AHP hiyerarşisi.

Tablo 7.1. Meyve barı ürünü hammaddelerinin AHP değeri.

Ürün Adı	Sertlik	Yapışkanlık
Hurma	18	16
Yerfıstığı Ezmesi	11	27
Kakao	9	10
Çilek Kuru	15	13
Yerfıstığı	31	5
Nohut Unu	7	10
İnulin	7	15

Tablo 7.2. Meyve barı ürünü hammaddelerinin karar değişkenleri ve birim fiyatı.

Ürün Adı	Karar Değişkenleri	Birim Fiyatı (TL/kg)
Hurma	X_1	140
Yerfıstığı Ezmesi	X_2	85
Kakao	X_3	200
Çilek Kuru	X_4	325
Yerfıstığı	X_5	60
Nohut Unu	X_6	25
İnulin	X_7	225

Tablo 7.2’de meyve barı üretimindeki ürünlerin LINGO’da kullanılan karar değişkenlerini ifade etmektedir. Aynı zamanda bir kilogramının fiyatı belirtilmiştir.

Amaç fonksiyonu birim fiyata göre seçilmiştir.

$$Z_{enaz} = 140X_1 + 85X_2 + 200X_3 + 325X_4 + 60X_5 + 25X_6 + 225X_7 \quad (7.1)$$

Birinci kısıt olarak seçilen besin ögesi karbonhidrattır.

1. Kısıt:

$$750X_1 + 200X_2 + 100X_3 + 80X_4 + 160X_5 + 580X_6 + 47X_7 \geq 510 \quad (7.2)$$

İkinci kısıt olarak seçilen besin ögesi proteindir.

2. Kısıt:

$$25X_1 + 250X_2 + 227X_3 + 7X_4 + 260X_5 + 220X_6 + 17X_7 \geq 60 \quad (7.3)$$

Üçüncü kısıt olarak seçilen besin ögesi yağdır.

3. Kısıt:

$$4X_1 + 500X_2 + 105X_3 + 3X_4 + 490X_5 + 70X_6 + 3X_7 \geq 85 \quad (7.4)$$

Dördüncü kısıt olarak enerji besin ögesi tercih edilmiştir.

4. Kısıt:

$$2810X_1 + 5880X_2 + 2240X_3 + 320X_4 + 5670X_5 + 3860X_6 + 2080X_7 \geq 3000 \quad (7.5)$$

Beşinci kısıt olarak sertlik tekstürü tercih edilmiştir.

5. Kısıt:

$$18X_1 + 11X_2 + 9X_3 + 15X_4 + 31X_5 + 7X_6 + 7X_7 \geq 40 \quad (7.6)$$

Altıncı kısıt olarak yapışkanlık tekstürü tercih edilmiştir.

6. Kısıt:

$$16X_1 + 27X_2 + 10X_3 + 13X_4 + 5X_5 + 10X_6 + 15X_7 \geq 65 \quad (7.7)$$

Yedinci kısıt olarak toplam miktar belirtilmiştir.

7. Kısıt:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 = 1000 \quad (7.8)$$

Tablo 7.3. Optimal meyve barı hammadde karışım değerleri.

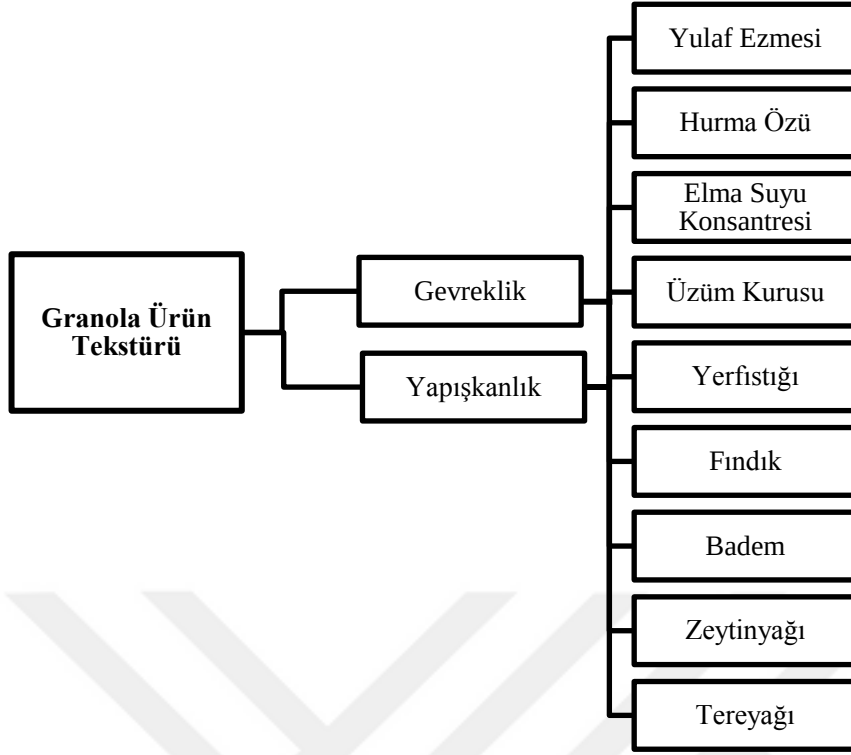
Değişkenler	Değeri (g)
Hurma	500
Yerfıstığı Ezmesi	100
Kakao	50
Çilek Kuru	100
Yerfıstığı	100
Nohut Unu	50
İnulin	100

Tablo 7.2 ve 7.3’de Granola ürünü için LINGO programında çıkan değişken değerleri hurma 500 g; yerfıstığı ezmesi 100 g; kakao 50 g; çilek kuru 100 g; yerfıstığı 100 g; nohut unu 50 g; inulin 100 g olarak ifade edilmiştir.

7.2. Granola Üretimi ve Matematiksel Modeli

Granola üretiminde kullanılan hammaddelerin miktarları belirlenirken istenilen temel besin öğelerinin ölçülebilir değerleri kullanılmıştır. Bu değerler LINGO’da çözüme ulaştırılmıştır. Aynı zamanda modele yapışkanlık ve gevreklik tekstürleri de eklenmiştir. Katsayıları AHP metodu ile elde edilmiştir.

Araştırma konusunda amaç, en uygun gıda formülasyonu seçilmesidir. Kriter örnekleri ise gevreklik ve yapışkanlık tekstürünün etkisi olarak gösterilebilir. Seçeneğimiz granola içeriği olarak yulaf ezmesi, hurma özü, elma suyu konsantresi, üzüm kuru, yerfıstığı, fındık, badem, zeytinyağı ve tereyağıdır.



Şekil 7.2. Granola AHP hiyerarşisi

Tablo 7.4. Granola ürünü hammaddelerinin AHP değeri.

Ürün Adı	Yapışkanlık	Gevreklik
Yulaf Ezmesi	2,1	18
Hurma Özü	30	2,1
Elma Suyu Konsantresi	2,9	2,8
Üzüm Kuru	15	7,6
Yerfıstığı	2,1	21
Fındık	2,1	20
Badem	2,1	23
Zeytinyağı	8,8	2,1
Tereyağı	9	3,2

Tablo 7.5. Granola ürünü hammaddelerinin karar değişkenleri ve birim fiyatı.

Ürün Adı	Karar Değişkenleri	Birim Fiyatı (TL/KG)
Yulaf Ezmesi	X_1	37
Hurma Özü	X_2	78
Elma Suyu Konsantresi	X_3	186
Üzüm Kuru	X_4	70
Yerfıstığı	X_5	60
Fındık	X_6	130
Badem	X_7	160
Zeytinyağı	X_8	92
Tereyağı	X_9	130

Tablo 7.5’de granola üretimindeki ürünlerin LINGO’da kullanılan karar değişkenlerini ifade etmektedir. Aynı zamanda bir kilogramının fiyatı belirtilmiştir.

Amaç fonksiyonu birim fiyata göre seçilmiştir.

$$Z_{enaz} = 37X_1 + 78X_2 + 186X_3 + 70X_4 + 60X_5 + 130X_6 + 160X_7 + 92X_8 + 130X_9 \quad (7.9)$$

Birinci kısıt olarak seçilen besin ögesi karbonhidrattır.

1. Kısıt:

$$120X_1 + 820X_2 + 691X_3 + 170X_4 + 160X_5 + 170X_6 + 37X_7 + 2X_8 + 1X_9 \geq 400 \quad (7.10)$$

İkinci kısıt olarak seçilen besin ögesi proteindir.

2. Kısıt:

$$25X_1 + 20X_2 + 7X_3 + 6X_4 + 260X_5 + 150X_6 + 187X_7 + 0X_8 + 9X_9 \geq 150 \quad (7.11)$$

Üçüncü kısıt olarak seçilen besin ögesi yağdır.

3. Kısıt:

$$15X_1 + 0X_2 + 7X_3 + 4X_4 + 490X_5 + 610X_6 + 541X_7 + 996X_8 + 810X_9 \geq 30 \quad (7.12)$$

Dördüncü kısıt olarak seçilen enerji besin değeridir.

4. Kısıt:

$$710X_1 + 3250X_2 + 3220X_3 + 660X_4 + 5670X_5 + 6280X_6 + 5700X_7 + 8840X_8 + 7160X_9 \geq 4350 \quad (7.13)$$

Beşinci kısıt olarak yapışkanlık tekstürü tercih edilmiştir.

5. Kısıt:

$$2.1X_1 + 30X_2 + 2.9X_3 + 15X_4 + 2.1X_5 + 2.1X_6 + 2.1X_7 + 8.8X_8 + 9X_9 \geq 88 \quad (7.14)$$

Altıncı kısıt olarak gevreklik tekstürü tercih edilmiştir.

6. Kısıt:

$$18X_1 + 2.1X_2 + 2.8X_3 + 7.6X_4 + 21X_5 + 20X_6 + 23X_7 + 2.1X_8 + 3.2X_9 \geq 52 \quad (7.15)$$

Yedinci kısıt olarak toplam miktar belirtilmiştir.

7. Kısıt:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 = 1000 \quad (7.16)$$

Tablo 7.6. Optimal granola hammadde karışım oranları.

Değişkenler	Değeri(g)
Yulaf Ezmesi	500
Hurma Özü	50
Elma Suyu Konsantresi	50
Üzüm Kuru	50
Yerfıstığı	190
Fındık	40
Badem	20
Zeytinyağı	50
Tereyağı	50

Tablo 7.5’de Granola ürünü için LINGO programında çıkan değişken değerleri yulaf ezmesi 500 g; hurma özü 50 g; elma suyu konsantresi 50 g; üzüm kuru 50 g; yerfıstığı 190 g; fındık 40 g; badem 20 g; zeytinyağı 50 g; tereyağı 50 g olarak ifade edilmiştir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz konu başlıklarından gıda söz konusu olduğunda üretim ve tüketim zincirindeki tüm basamaklar kastedilmektedir. Elde edilen hammaddelerin fabrika ortamında üretilmesi ve gıdaların tüketiciye ulaştırılması zincirin ana basamaklarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra günümüz pazar şartlarında AR-GE faaliyetleri gıda sektörü açısından büyük önem arz etmektedir.

Yeni gıda ürünlerine ve ayrı ayrı içeriklere ilişkin gereklilikler giderek daha zorlayıcı hâle gelmektedir. Tüketiciler yenilik beklemekte ve etkin şekilde daha sağlıklı ürünler ve sürdürülebilir tedarik talep etmektedir. İşlevsel gıdaların ve gıda takviyelerinin geliştirilmesi, işlenmiş gıdalarda tuzun azaltılması gibi uygulamalara üreticilerin ayak uydurması gerekmektedir. Bu da tüketicilerin tat ve kalite beklentilerini karşılayan yeni ve ilginç ürünleri tedarik etmeye yönelik ek baskıya neden olmaktadır.

Gıda sektöründe çalışmaların büyük bölümünü ürün çeşitlerini artırma ve mevcut reçeteleri iyileştirme üzerine yoğunlaştırılır. Tat, kıvam, renk, görünüm ve aromayı en üst seviyeye çıkarmayı sağlayabilecek yeni içerikler denenir. Gıda üreticileri bu sırada üretim bütçelerini aşmama, raf ömrünü optimize etme, pazara ulaştırma süresini azaltma ve düzenlemelerin gerekliliklerini yerine getirme konularına da dikkat etmektedir.

Gıda formülasyonu; tüketicilerin tat, kıvam, lezzet, besleyicilik ve daha birçok beklentisini karşılayan gıda ve içecek ürünlerini oluşturma işidir ve sürekli gelişen bir konudur. Gıda ve içecek üretimi için kullanılan formüller, genellikle 10 veya daha fazla bileşenden oluşur. Ürünler, temel ham içeriklere ve baharatlara ek olarak vitamin, renklendirici, lezzet arttırıcı veya koruyucu içerebilir. Bunlardan bir kısmı çok küçük miktarlarda kullanılırken, diğer kısmıyla işlem yapmak veya dozajını belirlemek güç olabilir. Reçete geliştirmenin bu iki yönü, yani çok sayıda içerik bulunması veya reçete karmaşıklığı ile kullanılan miktarların çeşitliliği, formülasyona ilişkin sürekli karşılaşılan en büyük zorlukların temelini oluşturur.

Bu tez çalışmasının amacı gıda üretiminde geleneksel olarak takip edilen tekrarlı testlerden kurtulmasıdır. Bu maksatla, iki gıda ürünü (meyve barı ve granola) seçilmiş olup ürünlerin oluşumundaki hammaddeler ve içerikleri incelenmiştir. Bunlara ilaveten tekstür özellikleri (sertlik, gevreklik, yapışkanlık) dikkate alınmıştır. Hammadde karışım oranlarının optimum düzeyde belirlenmesi problemi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, iki farklı matematiksel modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin çözümü ile literatüre yeni kısıtlar kazandırılmıştır.

Gıda formülasyonu için kurulan modelde, hızlı ve doğru formülasyonu garantileyen strateji ve çözümleme yöntemine ilişkin genel bir görünüm sunulmuştur. Gıda üreticilerinin reçete doğruluğu ve ürün tutarlılığı, ideal tat ve kıvam, minimum maliyet ve deney sayısı ile formülasyonda optimizasyon yapılmıştır. Sonuç olarak bu tez çalışması gıda üreticilerinin ürün geliştirme süreçlerinde yol gösterici olması sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Aday, M., ve Caner, C. (2006). *Gıdalarda tekstür ve etki eden etmenler*. Dergipark Akademik Gıda, 4(6): 28-32. <https://dergipark.org.tr/en/pub/akademik-gida/issue/55839/764856>.
- Afoakwa, E. (2008). *Cocoa and chocolate consumption are there aphrodisiac and other benefits for human health?* South Afr J Clin Nutr, 21(3): 107-113.
- Akkaya, M., Yücel, H., Duman, A., Didin, M., Özer, A., ve Kola, O. (2017). *Yer fıstığı (arachis hypogaea l.)'nda bazı kalite özelliklerinin yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS) ile belirlenmesi*. Derim, 34(1): 37-42.
- Alan, M., ve Yeşilyurt, C. (2004). *Doğrusal programlama problemlerinin excel ile çözümü*. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 5(1): 155.
- Alhahib, W., ve Marshall, R. (2003). *The fruit of the date palm: Its possible use as the best food for the future?*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 54(4): 247-259.
- Al-Shawwa, M. O. (2019). *Classification of apple fruits by deep learning*. International Journal Of Academic Engineering Research, 3(12): 1-6. <http://ijeais.org/wp-content/uploads/2019/12/abs/IJAER191201.html>.
- Arık, E. (2020). *Gıda sektöründe doğrusal programlama tekniği ile üretim planlaması: Sirke üretimi uygulaması*. [Yüksek Lisans Tezi]. Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Arıoğlu, H. (2014). *Yerfıstığı yetiştirme ve ıslahı. Yağ bitkileri ders kitabı*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 220 (A-70) : 74.
- Avunduk, H. (2017). *Gıda sektöründe doğrusal programlama ve un değirmenlerinde örnek bir uygulama*. 32.
- Aydoğdu, M., ve Şahin, Z. (2020). *Türkiye badem üretimi: Son dönemlerdeki değişimlerin genel analizi*. Eurasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences, 7(8): 63-72. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.22>.
- Bannock, G. (2005). *The economics and management of small business: An international perspective*. Routledge. Londra, İngiltere.
- Berezina, N., Nikitin, I., Artemov, A., I.V., Z., ve A.N., R. (2017). *The use of a simplex method with an artificial basis in modeling of flour mixtures for bakery products*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(8):<https://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=8&Issue=12&Code=ijacsa&SerialNo=44>.
- Bilişli, A. (2012). *Gıda biyokimyası* . (1.Baskı). Sidas Medya.
- Bilişli, A. (2012). *Gıda kimyası*. (2.Baskı) Sidas Medya.

- Booz, I., Allen, A., ve Hamilton, E. (1982). *New products management for the 1980s*. Booz, Allen, and Hamilton, New York.
- Bourne, M. (1978). *Texture profile analysis*. Food Technology, 32 (7): 62-72.
- Bulantekin, Ö., ve Kuşçu, A. (2016, 4-7, Ekim). *Elmada bulunan fitokimyasallar ve diğer bileşenlerin insan sağlığına yararları*. VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Isparta. <https://docplayer.biz.tr/28325029-Vii-bahce-urunlerinde>.
- Cargill. (2020). *Snacking solutions: understanding the modern snack-food consumer*. 4. <https://www.cargill.com/doc/1432158211568/snacking-solutions-white-paper.pdf>.
- Cemeroğlu, B. (2013.a). *Meyve ve sebze İşleme teknolojisi, 1.Cilt.* . (2. Baskı). Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.
- Cesarettin, A., ve Fereidoon, C. (2008). *Tree nuts: Composition, phytochemicals, and health effects*. (1.Baskı). CRC Press, Boca Raton, FL.
- Constantin, O. E., ve Istrati, D. I. (2018). *Functional properties of Snack bars, "functional foods"* . Edited by Vasiliki Lagouri, Intech open, 1: 1-15.
- Demirci, M., ve Şimşek, O. (2004). *Süt işleme teknolojisi*. (2.Baskı). Hasad Yayıncılık.
- Dikyokuş, H. (2022). *Arı ürünleri ile zenginleştirilmiş karabuğday granola üretiminin yanıt yüzey yöntemiyle optimizasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi]. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Dumlupınar, Z. (2010). *Türkiye orijinli yerel yulaf genotiplerinin avenin proteinleri ile morfolojik, fenolojik ve agronomik özellikler yönünden karakterizasyonu*. [Doktora Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Ebcioğlu, N. (2003). *Sağlığımızın yapıtaşları sebze ve meyveler tanımları, besin değerleri, yararlı etkileri, üretimleri ve yetiştirilmeleri*. (1.Baskı). Remzi Kitabevi.
- Erdoğan Bayram, S., Özeker, E., ve Elmacı, Ö. (2013). *Fonksiyonel gıdalar ve çilek*. Dergipark Akademik Gıda, 11 (2): 131-137. <https://dergipark.org.tr/en/pub/akademik-gida/issue/55793/763762>.
- Erdoğan, P. (2016). *Doğadan esinlenen optimizasyon algoritmaları ve optimizasyon algoritmalarının optimizasyonu*. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4:, 293-304.
- Ertas, N., ve Doğruer, Y. (2010). *Besinlerde tesktür*. Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi 7(1): 35-42.
- Esin, A., ve Şahin, T. (2012). *Yöneylem araştırmasında yararlanılan karar yöntemleri*. (5.Baskı). Gazi Kitabevi.
- Food and Drug Administration (FDA). (1997). *Food labeling: Health claims; oats and coronary heart disease*. Final Rule. Federal Register, 62: 3583-3601. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1997-01-23/pdf/97-1598.pdf>.
- Galioglu, O. (1990). *Gıda kimyası*. (1.Baskı). İ.T.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Matbaası.

- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2017). *Türk gıda kodeksi gıda etiketleme ve tüketicileri bilgilendirme yönetmeliği*. Resmî Gazete, 29960.
- Gilman, E., ve Watson, D. (1994). *Phoenix roebelenii: Pygmy date palm*. University of florida, institute of food and agricultural sciences. Available.https://hort.ifas.ufl.edu/database/documents/pdf/tree_fact_sheets/phorocea.pdf adresinden 30 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- Gök, S., Aka Kaçar, Y., & Küden, A. B. (2020). Dünya’da ve Türkiye’de badem ıslahı çalışmalarına genel bir bakış. *Çukurova J. Agric. Food Sci.* 35(1): , 67-76. <https://doi.org/10.36846/CJAFS.2020.19>.
- Gökçen, İ., Keskin, N., Kunter, B., Cantürk, S., ve Karadoğan, B. (2017). *Üzüm fitokimyasalları ve Türkiye’de yetiştirilen üzüm çeşitleri üzerindeki araştırmalar*. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1): 93-111. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turkjforsci/issue/28954/285695>.
- Gülsoy, E., ve Balta, F. (2014). *Aydın ili yenipazar, bozdoğan ve karacasu ilçelerinden selekte edilen badem (prunus amygdalus batch) genotiplerinin protein, yağ ve yağ asidi bileşimlerinin belirlenmesi*. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 4(1): 9-14.
- Hayıt, F., ve Gül, H. (2019). *Glutensiz bisküvi unu formülasyonunun yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimizasyonu*. *Akademik Gıda*, 17(2): 185-192.
- Hepsağ, F. (2018). *Osmaniye ilinde üretilen yer fıstığı ezmelerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi*. *Adyütayam Dergisi*, 6(2): 55 – 66. <https://dergipark.org.tr/en/pub/adyutayam/issue/61045/906428>.
- Hii, C., Law, C., Suzannah, S., Miswani, S., ve Cloke, M. (2009). *Polyphenols in cocoa (theobroma cacao l.)*. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(4): 702- 722.
- Hitomi, O., Satoshi, S., Kentaro, M., Tetsuji, Y., Naoko, H., Akiko, N., ve Chigusa, D. (2015). *Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for japanese adults through the use of linear programming optimization models*. *Okubo et al.Nutrition Journal*, 14: 57. <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-015-0047-7>.
- İmren, E. (2011). *Mobilya endüstrisinde analitik hiyerarşi prosesi (ahp) yöntemi ile kuruluş yeri seçimi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın Üniversitesi.
- Kantorovich, L. (1939). *Üretim planlama ve organizasyonun matematiksel yöntemi*. *Yönetim Bilimi*, 6: 363-422.
- Kayahan, M., ve Tekin, A. (2006). *Zeytinyağı üretim teknolojisi*. Ankara: (1.Baskı). TMMOB Gıda Mühendisleri Odası. Filiz Matbacılık.
- Kibar, H. (2006). *Bazı fındık çeşitlerinde ürün nem kapsamı ile depolama etkili ürün şev karakteristikleri arasındaki ilişkiler*. [Yüksek Lisans Tezi]. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Kunter, B., Cantürk, S., ve Keskin, N. (2013). *Üzüm tanesinin histokimyasal yapısı*. *Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 3(2): 17-24.

- Macedo, I., Sousa-Gallagher, M. J., Oliveira, J. C., ve Byrne, E. P. (2013). *Quality by design for packaging of granola breakfast product*. Food Control 29: 438-443. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.045>.
- Metler Toledo. Formülasyon geliştirme ve doğru formülasyonlar üretme: https://www.mt.com/tr/tr/home/applications/Laboratory_weighing/formulation_development.html 21 Ekim 2022 tarihinde adresinden alınmıştır.
- Nas, S., H.Y., G., ve M., Ü. (2001). *Bitkisel yağ teknolojisi*. (3.Baskı). Mühendislik Fakültesi Matbası.
- Orrego, C., Salgado, N., ve Botero, C. (2014). *Developments and trends in fruit bar production and characterization*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54:1 84-97. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.571798>.
- Özbahçeli, G., ve Aslantaş, R. (2015). *Bazı çilek çeşitleri (fragaria x ananasss duch.)'nin erzurum ekolojisindeki performanslarının belirlenmesi*. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 46(2): 75-84. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/278054>.
- Öztürk, Ş., Öztürk, E., ve Uyar, Ö. (2022). *Karadeniz fındık ve mamulleri ihracatçılar birliği uygulamalı fındık rehberi* (1. baskı). Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık.
- Pathare, P. B., ve Byrne, E. P. (2011). *Application of wet granulation processes for granola breakfast cereal production*. Food Eng Reviews, 3: 189–201. <https://doi.org/10.1007/s12393-011-9043-7>.
- Pintado, C., Veloso, A., Maria, Z., Silveira, A., Beato, H., De Andrade, L., ve Delgado, F. (2020). New flavour bars with cherry, almond and honey . Emirates Journal of Food and Agriculture, 32(12): 857-863.
- Rusmevichientong, P., Jaynes, J., ve Chandler, L. (2021). *Understanding influencing attributes of adolescent snack choices: Evidence from a discrete choice experiment*. Food Quality and Preference, 92. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104171>.
- Sabanis, D., Makri, E., ve Doxastakis, G. (2006). *Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagne*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: 1938–1944.
- Sarı, N., ve Ünay, A. (2013). *Bazı yulaf genotiplerinin beta gluklan içeriğinin kümeleme analizi ile değerlendirilmesi*. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 22 (1): 6-12. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/118421>.
- Sheibani, E., Moghaddam, A., Sharifan, A., ve Afshari, Z. (2017). *Linear programming: An alternative approach for developing formulations for emergency food products*. Journal of Food And Agriculture, 98(4): 1444-1452.
- Singh, N., Sandhu, K., ve Kaur, M. (2004c). *Characterization of starches separated from indian chickpea (cicer arietinum l.) cultivars*. Journal of Food Engineering, 63: 441–449.
- Souza, P. L., ve Silva, M. R. (2015). *Quality of granola prepared with dried cajudocerrado (anacardium othonianum rizz) and baru almonds (dipteryx*

- alata vog*). Journal of Food Science and Technology, 52(3): 1712–1717.
<https://doi.org/10.1007/s13197-013-1134>.
- Szczesniak, A. (1963). *Classification of textural characteristics*. Journal of Food Science, 28(4): 385-389.
- Taha, H. (2007). *Yöneylem araştırması*. (4.Baskı). Literatür Yayıncılık.
- Tayar, M., Korkmaz, N., ve Özkeleş, H. (2011). *Beslenme ilkeleri*. (1.Baskı). Dora Basım Yayın.
- Tektaş, A., ve Hortaçsu, A. (2003). *Karar vermede etkinliği artıran yöntem: Analitik hiyerarşi süreci ve mağaza seçiminde uygulanması*. İktisat İşletme ve Finans Dergisi, 18: 52- 61.
- Tokuşoğlu, Ö. (2015). *Kakao, çikolata ve çikolatalı ürünler bilimi ve teknolojisi* (1. baskı). Sidas Medya.
- Türkay, M. (1991). *Optimizasyon modelleri ve çözüm metotları*. [Yüksek Lisans Tezi]. Endüstri Mühendisliği Bölümü, Koç Üniversitesi.
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Dokuz Eylül Üniversitesi. (2019 15 Ekim, 8 Kasım). *Gıda ürünleri ve içecek üretimi sektörel uygulama kılavuzu. Sanayiden kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesi ve azaltılmasına yönelik uygulamanın kolaylaştırılması sağlanması projesi*. Aralık 17, 2022 tarihinde https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/15_gida-urunler--ve-icecek-uret-m--20200103075114.pdf adresinden 17 Aralık 202 tarihinde alınmıştır.
- Ulukut, A. K. (2010). *Çerezlik mısır hamuruna nohut unu, yerfıstığı unu ve kırmızıbiber tohum unu eklenmesi sonucu ısıl ve reolojik özelliklerde meydana gelen değişimin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ünsal, A. (2019). *Beslenmenin önemi ve temel besin öğeleri*. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(3): 1-10.
- Ünüvar, Ş. (2007). *Gıda/ besin teknolojisi*. (1. baskı). Nobel Yayın Dağıtım.
- Winston, W. (2004). *Operations research: Applications and algorithms* (5. baskı). International Thomson Publishing, Belmont, CA.
- Yaralıoğlu, K. (2001). *Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi prosesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 16(1): 129-142.
- Yetim, P. D., & Kesmen, Y. Z. (2009). *Gıda Analizleri* (2. baskı). Kayseri: Erciyes Üniversitesi Yayınları.
- Yılmaz, A. (2019). *Yerfıstığında farklı su düzeyi uygulamalarının verim ve kalite özelliklerine etkilerinin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Sena ÖZCAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Yüksek Lisans** : Devam ediyor, Sakarya Üniversitesi, Endüstri Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Programı
- **Lisans** : 2015, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
- **Lise** : 2010, Geyve Anadolu Lisesi

MESLEKİ DENEYİM:

- 2015 yılından beri Güneş Yamanlar Tic. Ve Gıda San. A.Ş. firmasında Kalite Yönetim Temsilcisi olarak çalışmaktayım.