

Scientific Achievements in Food Science and Engineering

Editor
Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR

BIDGE Publications

Scientific Achievements in Food Science and Engineering

Editor: Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR

ISBN: 978-625-6707-20-7

Page Layout: Gözde YÜCEL

1st Edition:

Publication Date: 25.12.2023

BIDGE Publications,

All rights of this work are reserved. It cannot be reproduced in any way without the written permission of the publisher and editor, except for short excerpts to be made for promotion by citing the source..

Certificate No: 71374

Copyright © BIDGE Publications

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



PREFACE

Food science and technology is the study of food resources using basic science, microbiology, biochemistry, nutrition, biotechnology, and engineering. Food science and technology uses science and technology to develop new foods, enhance food systems, and acclimate staff members to an environment that safeguards the security and integrity of the global food supply chain.

Food science and technology are critical for satisfying consumer demands today. Consumer knowledge and preference for healthier foods are growing. As a result, the food science sector is expanding as the demand for specific recipes and meals, such as low-fat, low-carb, and low-sugar, grows. In terms of health benefits, fermented foods are the most practical way to get a daily dosage of probiotic microorganisms that promote gut health.

This book focuses on recent scientific developments in food science and technology. In this context, novel techniques to ensure food safety, fermented foods and their relationship with microbiome engineering, and the use of transglutaminase enzyme in dairy technology have been addressed. I think curious researchers in the food science and technology field and undergraduate and graduate students will find great value in this book.

Editor

Assistant Prof. Dr. Mukaddes Kılıç Bayraktar

Contents

Contents	4
Food Irradiation: A Promising Technology for Enhancing Food Safety, Quality, and Sustainability.....	6
F. Aysun UĞUR.....	6
Exploring the Intersection of Microbiome Engineering and Fermented Foods: Unraveling the Potential and Challenges	40
Yusuf ESEN	40
Effects of Using Transglutaminase on Physicochemical, Microbiological and Sensorial Properties of Non-Fat Stirred Yoghurt	64
Merve AL	64
Firuze ERGİN ZEREN.....	64
Ahmet KÜÇÜKÇETİN	64

Giresun Yöresinde Bitki Biyoçeşitliliğine Bağlı Beslenme Kültürünün Geleneksel Bilgideki Yeri	79
Cavidan DEMİR GÖKİŞİK	79
Gıdalarda 3- Ve 2- Monokloropropandiol (Mcpd) Ve Esterleri İle Glisidil Yağ Asidi Esterlerinin (Ge) Varlığı Ve Oluşum Mekanizması	102
Özkan ASLAN	102
Halime PEHLİVANOĞLU	102
Murat TAŞAN	102

CHAPTER I

Food Irradiation: A Promising Technology for Enhancing Food Safety, Quality, and Sustainability

F. Aysun UĞUR¹

Introduction:

Food safety and quality are vital concerns in today's world, with the increasing global demand for safe and nutritious food. Food irradiation, a technology that utilizes ionizing radiation to eliminate harmful pathogens, pests, and spoilage microorganisms from food, offers a promising solution to address these challenges. This thesis aims to explore the potential of food irradiation as a safe and effective method for enhancing food safety, quality, and sustainability.

¹prof, Department of Physics, Faculty of Science and Letters, Korkut Ata University, 80010 Osmaniye, Turkey.

1. Food irradiation and its principles:

1.1 Definition and process of food irradiation

Food irradiation is a preservation technique that involves exposing food products to ionizing radiation to enhance food safety, extend shelf life, and reduce spoilage. The process of food irradiation follows a well-defined set of procedures to ensure effective and controlled treatment (Girma Kebede, 2015).

The first step in the food irradiation process is the selection of an appropriate source of ionizing radiation. Common sources include gamma rays emitted by radioactive isotopes, X-rays generated by machines, or electron beams produced by accelerators. Each radiation source has specific characteristics and is chosen based on factors such as the type of food being treated and the desired level of radiation penetration (Mila Arapcheska, 2020).

Once the radiation source is determined, the food to be treated is placed in a chamber or conveyor system that allows it to be exposed to the radiation. The packaging of the food is carefully considered to ensure that it does not hinder the penetration of radiation. For example, certain materials may be used to allow gamma rays or X-rays to pass through without significantly attenuating the radiation dose (Ehlermann, 2016).

During irradiation, the food is exposed to the ionizing radiation for a specified period, referred to as the irradiation time. The duration of irradiation varies depending on factors such as the desired microbial reduction and the radiation sensitivity of the targeted microorganisms. The radiation dose received by the food is measured in units such as grays (Gy) or kilograys (kGy), representing the amount of absorbed radiation energy (Rayna Stefanova, 2010).

After the prescribed irradiation time, the food is removed from the radiation chamber or conveyor system. It is essential to ensure proper handling and storage to prevent recontamination and maintain

the benefits of irradiation. Once irradiated, the food can be packaged, labeled, and distributed for sale or further processing (Chauhan, 2009).

It is worth noting that food irradiation does not make the food radioactive, as the radiation source is external and does not leave any residual radiation in the treated food. The process solely targets and disrupts the DNA or genetic material of microorganisms, pests, and insects, thereby rendering them unable to reproduce or cause harm (Arapcheska, 2020).

Overall, food irradiation is a controlled process that utilizes ionizing radiation to enhance food safety and quality by eliminating or reducing harmful microorganisms. It is an effective tool in minimizing the risk of foodborne illnesses, extending the shelf life of perishable goods, and reducing food waste (Mostafavi, 2012).

1.2 Sources of ionizing radiation used in food irradiation

Food irradiation utilizes various sources of ionizing radiation to effectively treat and preserve food. The most common sources of ionizing radiation used in food irradiation include:

Gamma rays: Gamma rays are high-energy photons emitted by radioactive isotopes such as cobalt-60 and cesium-137. These isotopes are securely contained in sealed containers and emit gamma rays as part of their natural decay process. Gamma rays have excellent penetration capabilities, allowing them to pass through packaging materials and reach the food being treated. Cobalt-60 is the most commonly used isotope for industrial-scale food irradiation (Stalter, 2012).

X-rays: X-rays are electromagnetic radiation produced by X-ray machines. In food irradiation, X-ray generators emit high-energy X-rays that can penetrate food products. X-rays offer greater flexibility in controlling the dose and penetration depth, making them suitable for various food types and packaging formats (Moosekian, 2011).

Electron beams: Electron beams are streams of high-energy electrons generated by electron accelerators. These accelerators use electric fields to accelerate electrons to high speeds before directing them onto the food being treated. Electron beams are particularly effective for surface treatments and can penetrate only a few centimeters into the food, depending on its density (Faure, 2004).

Each source of ionizing radiation has its advantages and considerations. Gamma rays have excellent penetration capabilities but require the handling and disposal of radioactive isotopes. X-rays provide precise dose control and do not involve radioactive materials, making them suitable for continuous processing. Electron beams offer flexibility in dose control and are well-suited for surface treatments but may have limitations in penetrating denser foods (Djezzar, 2018).

Regardless of the source of ionizing radiation used, it is crucial to ensure that the irradiation process follows strict regulatory guidelines and quality control measures to ensure the safety and efficacy of the treated food. Regulatory bodies, such as the United States Food and Drug Administration (FDA) and the International Atomic Energy Agency (IAEA), provide guidelines and standards for the safe implementation of food irradiation using these radiation sources (IAEA, 1996).

1.3 Mechanisms of action: disruption of DNA structure in microorganisms

The primary mechanism of action of food irradiation involves the disruption of DNA structure in microorganisms. When exposed to ionizing radiation, such as gamma rays, X-rays, or electron beams, the energy from the radiation interacts with the DNA molecules present in microorganisms, leading to various types of damage.

Ionizing radiation causes ionization and the formation of free radicals within the microbial cells. These free radicals can react with DNA molecules, resulting in the formation of breaks in the DNA

strands. The breaks can be single-strand breaks or, in more severe cases, double-strand breaks.

Single-strand breaks occur when the DNA backbone is severed at one location. Although these breaks can be repaired by the cell's repair mechanisms, they may still introduce errors during the repair process, leading to mutations or cell death (Jeong, 2018).

Double-strand breaks are more significant and occur when both strands of the DNA molecule are severed at different locations. Repairing double-strand breaks is more challenging for cells, and if left unrepaired, they can lead to cell death or loss of reproductive capability.

In addition to DNA strand breaks, ionizing radiation can cause other types of damage to DNA, such as the formation of DNA adducts, cross-links, and base modifications. These alterations can interfere with DNA replication and gene expression, further compromising the microorganism's viability.

The disruption of DNA structure through these various mechanisms prevents microorganisms from reproducing and carrying out essential cellular functions. Without the ability to multiply and cause infections or spoilage, the microorganisms become inactive or die off, reducing their presence in the irradiated food (Silva, 2021).

It is important to note that while the DNA of microorganisms is the primary target of irradiation, the radiation also interacts with other components of the microbial cells, such as proteins and lipids, causing damage to their structures. These cumulative effects further contribute to the inactivation or elimination of microorganisms.

The extent of DNA damage and its effects on microorganisms depend on factors such as the radiation dose, exposure time, and the inherent radiation sensitivity of the specific microorganism. Through careful control of these parameters, food irradiation can effectively reduce microbial populations, enhance food safety, and extend the shelf life of treated products (Dea Slade, 2011).

1.4 Established radiation dose limits and regulations

Food irradiation is regulated and governed by international bodies and national regulatory agencies to ensure the safety and efficacy of the process. These regulatory frameworks establish radiation dose limits and guidelines that must be adhered to during food irradiation. The following are some of the established radiation dose limits and regulations:

Codex Alimentarius Commission: The Codex Alimentarius Commission, a joint body of the Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Health Organization (WHO), sets international standards for food safety and quality. The Codex General Standard for Irradiated Foods provides guidelines on the application of food irradiation, including dose limits for specific food categories. For instance, the maximum dose limit for most food products is 10 kilograys (kGy), although specific limits may vary depending on the food type.

United States Food and Drug Administration (FDA): The FDA regulates food irradiation in the United States and sets specific dose limits and regulations. The FDA's regulation (21 CFR 179) establishes maximum radiation doses for various food products, ranging from 1 kGy for crustaceans to 50 kGy for fresh iceberg lettuce and fresh spinach. The FDA requires that food labels clearly indicate when a product has been irradiated, along with the international symbol for irradiation, the Radura symbol (Commission, 2019).

European Union (EU): The European Union has established regulations for food irradiation under the European Food Safety Authority (EFSA). The EU regulation (EU 2019/1381) sets dose limits ranging from 0.75 kGy for spices and herbs to 10 kGy for dried aromatic herbs. The regulation also mandates the labeling of irradiated foods with the Radura symbol and specific wording on the packaging (Irradiation, 2021).

International Atomic Energy Agency (IAEA): The IAEA plays a significant role in promoting the safe and responsible use of food irradiation. It provides guidance and recommendations on radiation dose limits and safety aspects of the process. The IAEA's International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources provide a framework for the safe use of ionizing radiation, including food irradiation (IAEA, IAEA Safety Standards, 2014).

These are just a few examples of the established radiation dose limits and regulations for food irradiation. It is important to note that specific regulations and dose limits may vary between countries and regions. Regulatory agencies continuously monitor and evaluate scientific data to ensure the safety and efficacy of food irradiation and update regulations as necessary.

Compliance with these regulations and dose limits is crucial to ensure that the benefits of food irradiation are achieved while maintaining the highest standards of food safety and quality. Regular monitoring, testing, and verification of irradiated food products are conducted to ensure compliance with the established regulations and to provide consumers with safe and accurately labeled food choices.

2. Enhancing food safety through irradiation:

2.1 Elimination of pathogens: reduction of foodborne illnesses

Food irradiation is a powerful tool for reducing the risk of foodborne illnesses by effectively eliminating or significantly reducing pathogens present in food. The process targets various harmful microorganisms, including bacteria, viruses, and parasites, that can cause foodborne infections and diseases.

Some of the key pathogens that can be effectively controlled through food irradiation include:

Salmonella: Salmonella is a common bacteria that can cause salmonellosis, resulting in symptoms such as diarrhea, fever, and

abdominal cramps. Food products such as poultry, eggs, and fresh produce can be sources of *Salmonella* contamination. Food irradiation has been shown to be highly effective in reducing *Salmonella* populations, significantly lowering the risk of *Salmonella*-related foodborne illnesses (Baron, 1996).

Escherichia coli (*E. coli*): Certain strains of *E. coli*, such as *E. coli* O157:H7, can cause severe foodborne illnesses, including bloody diarrhea and, in some cases, kidney failure. Contaminated ground beef, raw vegetables, and unpasteurized juices are common sources of *E. coli* infections. Food irradiation has demonstrated success in reducing *E. coli* populations, helping to prevent outbreaks and safeguard public health (Doyle, 2013).

Listeria monocytogenes: *Listeria monocytogenes* is a bacterium that can cause listeriosis, a serious illness primarily affecting pregnant women, newborns, the elderly, and individuals with weakened immune systems. Contaminated ready-to-eat foods, such as deli meats, soft cheeses, and pre-packaged salads, can be potential sources of *Listeria* contamination. Food irradiation has proven effective in reducing *Listeria* populations, minimizing the risk of listeriosis outbreaks (Xu, 2017).

Campylobacter: *Campylobacter* is a bacterial pathogen commonly associated with poultry products and can cause gastroenteritis, with symptoms including diarrhea, abdominal pain, and fever. Food irradiation has been shown to significantly reduce *Campylobacter* levels in poultry, helping to mitigate the risk of *Campylobacter*-related infections (Yuste, 2010).

Vibrio species: Certain species of *Vibrio* bacteria, such as *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus*, can cause seafood-related illnesses, including gastroenteritis and wound infections. Food irradiation can effectively reduce *Vibrio* populations in seafood, ensuring safer consumption of these products (Ahmad, 2011).

Food irradiation is a proven and reliable method for reducing pathogenic microorganisms in food, contributing to the prevention of foodborne illnesses. Extensive scientific studies and regulatory frameworks support its efficacy and safety when applied within established guidelines. By significantly reducing the microbial load, food irradiation helps protect public health, ensuring that consumers can enjoy safer food products with reduced risks of foodborne infections.

2.2 Inactivation of spoilage microorganisms: extending shelf life and reducing food waste

In addition to eliminating pathogens, food irradiation is effective in inactivating spoilage microorganisms, which play a significant role in food deterioration and contribute to food waste. Spoilage microorganisms, such as bacteria, yeasts, and molds, can cause undesirable changes in food quality, including off-flavors, odors, discoloration, and texture degradation (Mostafavi, The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations, 2014).

By subjecting food products to irradiation, spoilage microorganisms are targeted and their populations reduced, thereby extending the shelf life of treated foods. The process disrupts the DNA and cellular structures of these microorganisms, rendering them unable to reproduce and cause spoilage. This helps to maintain the freshness, appearance, and sensory attributes of food for a longer period (Sevindik, 2021).

Food irradiation can be particularly beneficial for perishable foods that are prone to spoilage, such as fruits, vegetables, meats, seafood, and bakery products. By extending the shelf life of these products, food irradiation can reduce food waste at various stages of the supply chain, including production, distribution, and consumer

storage (Arapcheska, Effect of irradiation on food safety and quality, 2020).

The benefits of using food irradiation to combat spoilage microorganisms and reduce food waste are significant:

Increased shelf life: By controlling spoilage microorganisms, food irradiation can extend the shelf life of perishable products. This allows for longer storage and distribution periods, reducing the likelihood of food becoming unsellable or unsafe for consumption before reaching consumers (Eie, 2007).

Reduced discards: Longer shelf life resulting from irradiation can help retailers and consumers reduce the amount of food that is discarded due to spoilage. This contributes to more efficient utilization of resources and reduces the environmental impact associated with food waste (Farkas, 2011).

Improved product availability: With extended shelf life, irradiated foods can be transported to regions further away from their source of production, increasing the availability of certain products and reducing the need for excessive transportation and associated carbon emissions (Stefanova, 2010).

Enhanced market stability: By reducing spoilage and extending shelf life, food irradiation can contribute to market stability by minimizing fluctuations in food availability, especially for seasonal or perishable products. This can help stabilize prices and ensure a more consistent supply of fresh food throughout the year (Phimolsiripol, 2015).

It is important to note that food irradiation is not a substitute for good manufacturing practices, proper storage, and appropriate handling practices. It is a complementary technology that, when integrated into a comprehensive food safety and quality management system, can help reduce food waste and improve the overall sustainability of the food supply chain.

2.3 Comparative analysis with other food safety interventions

When it comes to food safety interventions, food irradiation offers several advantages and unique characteristics that differentiate it from other methods. Here's a comparative analysis of food irradiation with other common food safety interventions:

Heat treatment (e.g., pasteurization, cooking): Heat treatment is widely used to kill pathogens and reduce microbial load in food. While heat is effective in eliminating many microorganisms, it may alter the sensory properties, nutritional content, and texture of the food. In contrast, food irradiation does not rely on heat and can achieve pathogen reduction without significantly affecting the sensory or nutritional quality of the treated food (Aadil, 2019).

Chemical treatments (e.g., chlorine, ozone, sanitizers): Chemical interventions are often used for surface disinfection or as antimicrobial washes for produce. While they can be effective in reducing pathogens, there may be concerns about chemical residues, potential adverse effects on food quality, and the development of microbial resistance. Food irradiation, on the other hand, does not leave any chemical residues in the treated food, making it a residue-free intervention (Williams, 2009).

Cold storage and refrigeration: Cold storage and refrigeration slow down the growth of microorganisms and help maintain food quality. However, they do not eliminate existing pathogens or spoilage microorganisms. Food irradiation can be used in conjunction with cold storage to further enhance the safety and shelf life of refrigerated products, addressing both existing microbial contamination and future growth (Popa, 2019).

Packaging technologies (e.g., modified atmosphere packaging): Packaging technologies can create a modified atmosphere that inhibits the growth of certain microorganisms. However, they may not be effective against all types of pathogens or spoilage microorganisms. Food irradiation can complement packaging technologies by targeting a broader range of microorganisms, providing a more comprehensive approach to food safety (Mullan, 2011).

Good Agricultural Practices (GAPs) and Good Manufacturing Practices (GMPs): GAPs and GMPs focus on preventive measures and hygienic practices throughout the food production and processing chain. While these practices are crucial for ensuring food safety, they may not completely eliminate pathogens. Food irradiation can be an additional measure to further reduce microbial contamination, providing an extra layer of safety (Dudeja, 2018).

It's important to note that food irradiation is not intended to replace these other interventions, but rather to complement them. Each intervention has its own advantages and limitations, and a multi-pronged approach that combines different strategies can offer enhanced food safety and quality throughout the food system.

Food irradiation is a versatile tool that can be applied at different stages of the food supply chain, providing an additional layer of protection against both pathogens and spoilage microorganisms. Its ability to extend shelf life, reduce food waste, and maintain food quality makes it a valuable and complementary intervention in the broader context of food safety.

3. Preservation of nutritional quality:

3.1 Minimizing nutrient loss: evaluating the impact of irradiation on vitamins, minerals, and macronutrients

The impact of food irradiation on the nutritional content of food, including vitamins, minerals, and macronutrients, is an important consideration when evaluating the overall benefits and

implications of this technology. While irradiation can cause some nutrient loss, the extent of the loss depends on various factors, including the specific food being treated, the radiation dose, and the processing conditions. Here is an analysis of the impact of irradiation on different nutrients:

Vitamins: Some vitamins, particularly those sensitive to heat and light, can undergo degradation or loss during food processing, including irradiation. Vitamin C (ascorbic acid) is known to be sensitive to irradiation, and its levels may decrease. However, the extent of vitamin loss depends on factors such as the initial vitamin content, the radiation dose, and the specific food matrix. Other vitamins, such as thiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), niacin (vitamin B3), and vitamin A, are generally more stable and less affected by irradiation (Tinceva, 2019).

Minerals: Minerals, such as calcium, iron, and zinc, are generally resistant to the effects of irradiation. These essential minerals are relatively stable and not significantly affected by the process. Therefore, the irradiation of food is not expected to cause significant losses or alterations in mineral content (Mayer, 1997).

Macronutrients: Irradiation does not have a substantial impact on macronutrients, including carbohydrates, proteins, and fats. These components are structurally stable and not affected by the radiation process. Therefore, the nutritional composition of macronutrients remains largely unchanged after food irradiation (Arapcheska, Effect of irradiation on food safety and quality, 2020).

It's worth noting that the nutritional impact of irradiation needs to be considered in the context of the overall diet. While there may be some nutrient loss in irradiated foods, it is important to recognize that food irradiation contributes to food safety by reducing the risk of foodborne illnesses and extending shelf life, which can help preserve the nutritional value of food over a longer period. The potential nutrient loss from irradiation needs to be balanced with the benefits gained in terms of food safety, reduced food waste, and improved food availability (Shanmugam, 2022).

Additionally, it is important to maintain a diverse and balanced diet to ensure an adequate intake of essential nutrients. Consuming a variety of fresh fruits, vegetables, whole grains, and other nutrient-rich foods can help compensate for any potential nutrient losses that may occur during food irradiation or other food processing methods.

Overall, while some nutrient loss can occur during food irradiation, it is generally modest and depends on various factors. When considering the overall benefits of food irradiation in terms of food safety and waste reduction, its impact on the nutritional content should be evaluated alongside other factors to make informed decisions about its use.

3.2 Retention of sensory attributes: assessing flavor, texture, and appearance of irradiated food.

One of the important considerations in evaluating the impact of food irradiation is its effect on the sensory attributes of food, including flavor, texture, and appearance. The sensory quality of food plays a crucial role in consumer acceptance and enjoyment. Here's an assessment of the impact of irradiation on these sensory attributes:

Flavor: Food irradiation, when applied within recommended dose ranges, generally has minimal impact on the flavor of treated foods. The process does not introduce new flavors or off-flavors. However, in some cases, there may be slight changes in flavor due to the breakdown of certain volatile compounds, particularly in highly sensitive food products. These changes are typically subtle and may not be detectable by most consumers. Overall, the flavor of irradiated food is often similar to non-irradiated counterparts (Catunescu, 2010).

Texture: In terms of texture, food irradiation typically has limited impact. The process does not significantly alter the texture of most food products. However, in some specific cases, such as fruits and vegetables, irradiation can cause a slight softening effect due to enzyme inactivation. This softening is generally minimal and

may not be noticeable to the average consumer. In other food products, such as meats, the texture remains largely unchanged (Indiarto, 2020).

Appearance: Food irradiation does not cause significant changes in the appearance of most food products. The color, shape, and overall visual appeal of irradiated foods are generally comparable to non-irradiated counterparts. However, in some specific cases, such as the browning of certain fruits and vegetables, there may be slight color changes due to enzymatic reactions being slowed down. These changes are typically minor and do not affect the overall attractiveness of the food (Mostafavi H. A., 2012).

It's important to note that the sensory impact of food irradiation can vary depending on the specific food item, dose applied, and processing conditions. Extensive research and sensory evaluations are conducted to assess the sensory quality of irradiated foods, ensuring that they meet consumer expectations.

Furthermore, it is worth mentioning that the sensory impact of irradiation can be managed through appropriate packaging, handling, and storage practices. Packaging technologies, such as modified atmosphere packaging, can help maintain the quality and freshness of irradiated food, preserving its sensory attributes over an extended shelf life.

Overall, when applied properly, food irradiation has minimal impact on the sensory attributes of food, with changes in flavor, texture, and appearance being generally subtle and often indistinguishable to consumers. The technology allows for the safe treatment of food while maintaining its overall sensory quality, contributing to its acceptance and marketability.

3.3 Consumer acceptance and perception of irradiated food

Consumer acceptance and perception of irradiated food play a crucial role in determining the success and adoption of this technology. While food irradiation has been scientifically proven to

be safe and effective in reducing foodborne pathogens and extending shelf life, consumer attitudes and knowledge about irradiation can vary. Here's an analysis of consumer acceptance and perception of irradiated food:

Knowledge and Awareness: Consumer acceptance of irradiated food is often influenced by their level of knowledge and awareness about the technology. Many consumers may not be familiar with the concept of food irradiation or may have misconceptions about its safety or effects on food. Educating consumers about the science, benefits, and regulatory oversight of irradiation can help improve their understanding and perception (Rozecki, 2018).

Safety Concerns: Consumer concerns about the safety of irradiated food can impact acceptance. Some individuals may associate radiation with potential risks or hazards, despite scientific evidence demonstrating the safety of the process. Providing clear and accurate information about the rigorous safety standards and regulatory controls surrounding food irradiation can help address these concerns (D'Souza, 2021).

Labeling and Transparency: Transparent labeling is important for consumer confidence and choice. Providing clear and easily understandable information about irradiated food, including appropriate labeling, can help consumers make informed decisions. Regulatory authorities often require labeling of irradiated food products, allowing consumers to identify and choose irradiated foods if they wish (Marcotrigiano, 2018).

Taste and Quality Perception: Consumer acceptance of irradiated food can be influenced by their perception of taste and quality. As discussed earlier, irradiation generally has minimal impact on sensory attributes. However, some consumers may have preconceived notions that irradiated food has a different taste or lower quality. Conducting sensory evaluations and consumer taste tests can help demonstrate that irradiated food is comparable in

flavor, texture, and appearance to non-irradiated counterparts (O'mahony, 1991).

Benefits and Communication: Highlighting the benefits of food irradiation, such as improved food safety, extended shelf life, and reduced food waste, can positively influence consumer acceptance. Effective communication campaigns, including public awareness programs, can help emphasize the importance of irradiation in enhancing food safety and ensuring a more sustainable food supply (Mostafavi H. A., *The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations*, 2012).

Cultural and Ethical Considerations: Consumer acceptance of irradiated food can vary across different cultures and ethical perspectives. Understanding cultural preferences, ethical considerations, and consumer values regarding food processing technologies is essential for addressing any specific concerns and tailoring communication strategies accordingly (Sapp, 2007).

Consumer acceptance of irradiated food can be influenced by a variety of factors, including knowledge, safety concerns, labeling, sensory perception, benefits communication, and cultural considerations. Ongoing efforts to educate consumers, provide transparent information, conduct sensory evaluations, and address concerns can help enhance consumer acceptance and pave the way for the broader adoption of this food safety technology.

4. Sustainability implications of food irradiation:

4.1 Reduction of food waste: extending the shelf life of perishable goods

Food waste is a significant global challenge with far-reaching economic, social, and environmental implications. One effective strategy for reducing food waste is through the extension of the shelf life of perishable goods, and food irradiation has demonstrated its ability to achieve this objective. By applying irradiation to perishable food products, their shelf life can be extended, thereby reducing the

likelihood of spoilage and waste. Here's how food irradiation contributes to the reduction of food waste:

Delaying spoilage: Food irradiation helps to inhibit the growth of spoilage microorganisms, such as bacteria, yeasts, and molds, that cause food deterioration. By reducing the microbial load, irradiation slows down the spoilage process and extends the time it takes for food to become unfit for consumption. This delay in spoilage allows for longer storage, distribution, and retail periods, reducing the likelihood of food waste at various stages of the supply chain (Doyle M. E., 2007).

Preservation of quality: Food irradiation selectively targets and inactivates spoilage-causing microorganisms while preserving the quality attributes of the food. Unlike other preservation methods that can impact flavor, texture, and nutritional content, irradiation has minimal effects on these sensory and nutritional aspects when applied within recommended doses. This means that the extended shelf life achieved through irradiation does not compromise the overall quality of the food, contributing to consumer acceptance and reducing the likelihood of food waste due to perceived inferiority (Fung, 2009).

Increased market availability: The extended shelf life of irradiated perishable goods allows for greater flexibility in distribution and marketing. Products can be transported to distant locations, opening up new markets and reducing the need for rapid sales. This can help to reduce the pressure on retailers to sell products quickly before spoilage occurs, thereby minimizing the risk of unsold inventory and subsequent waste (Phimolsiripol, Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products, 2016).

Reduction of overproduction: With the ability to extend shelf life, irradiation can provide a buffer against fluctuations in demand and supply. Food producers and retailers can better manage inventory and production levels, as they have more time to sell and distribute products before they reach the end of their shelf life. This can help reduce the need for excessive production to meet short shelf

life requirements, thereby minimizing food waste resulting from overproduction (Eie T. , 2007).

Value chain efficiency: By extending the shelf life of perishable goods, food irradiation contributes to overall value chain efficiency. It allows for better synchronization of production, distribution, and sales, reducing the occurrence of food waste due to timing mismatches. Additionally, by reducing waste along the value chain, resources such as water, energy, and labor that are invested in producing and handling food can be utilized more efficiently, leading to improved sustainability (Haji, 2020).

Food irradiation's ability to extend the shelf life of perishable goods is a valuable tool in the fight against food waste. By delaying spoilage, preserving quality, increasing market availability, reducing overproduction, and improving value chain efficiency, food irradiation helps to maximize the utilization of food resources and minimize waste. Incorporating irradiation into comprehensive food waste reduction strategies can contribute to a more sustainable and efficient food system.

4.2 Energy efficiency and carbon footprint of irradiation compared to alternative preservation methods

When considering the energy efficiency and carbon footprint of food preservation methods, it's important to assess the entire life cycle of each method, including energy consumption, greenhouse gas emissions, and resource utilization. Here's a comparison of the energy efficiency and carbon footprint of food irradiation compared to alternative preservation methods:

Energy Efficiency: Food irradiation is generally considered to be an energy-efficient preservation method. The actual energy consumption depends on various factors, including the type and capacity of the irradiation facility, the specific food being treated, and the processing conditions. While irradiation does require energy for operating the irradiation equipment, the process itself does not involve the continuous supply of energy once the treatment is

completed. Compared to alternative methods like refrigeration or freezing, which require ongoing energy inputs for storage and maintenance of low temperatures, food irradiation can be more energy-efficient in the long run (Mostafavi H. A., The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations, 2012).

Carbon Footprint: Assessing the carbon footprint of food preservation methods involves considering the greenhouse gas emissions associated with each method. Food irradiation typically has a relatively low carbon footprint. The carbon emissions are primarily associated with the construction and operation of the irradiation facility, transportation of food to and from the facility, and waste management. While there are energy inputs during the irradiation process, the overall emissions are generally lower compared to some alternative methods. For example, freezing and refrigeration methods often require continuous energy inputs for maintaining low temperatures, resulting in higher carbon emissions over time (Pandey, 2011).

Resource Utilization: Food irradiation can be more resource-efficient compared to certain alternative preservation methods. For instance, freezing and refrigeration methods require significant infrastructure, including refrigeration units, cold storage facilities, and transportation systems, which consume materials and resources. Food irradiation, on the other hand, typically requires a smaller footprint for the irradiation facility and does not necessitate the same level of infrastructure as cold storage systems. This can result in a more efficient use of resources and a reduced environmental impact (Arapcheska, Effect of Irridiation on food safety and quality, 2020).

It's important to note that the energy efficiency and carbon footprint of food preservation methods can vary depending on several factors, such as the scale of operation, type of food, geographic location, and efficiency of equipment. Additionally, it's worth considering that combining multiple preservation methods, such as irradiation with cold storage or modified atmosphere

packaging, can offer synergistic effects and further optimize energy efficiency and reduce carbon emissions.

Overall, food irradiation has the potential to be an energy-efficient and low-carbon footprint preservation method when compared to certain alternative methods. Its resource utilization, reduced reliance on continuous energy inputs, and the potential for integrating with other preservation strategies make it a viable option for enhancing sustainability and reducing environmental impact in the food industry. However, a comprehensive assessment considering specific case studies and comparative analyses is essential to gain a more accurate understanding of the energy and environmental implications of each preservation method.

4.3 Contributions to sustainable agriculture and resource management

Food irradiation can make significant contributions to sustainable agriculture and resource management in several ways:

Reduced Food Loss and Waste: Food irradiation extends the shelf life of perishable foods, reducing the likelihood of spoilage and waste. By preventing or slowing down the growth of spoilage-causing microorganisms, irradiation helps to maintain the quality and safety of food products for longer periods. This reduction in food loss and waste translates into better resource utilization, including water, energy, land, and labor, that would have otherwise been invested in producing, processing, and distributing food that goes to waste (Mostafavi H. A., *The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations*, 2012).

Improved Food Safety: Foodborne illnesses pose significant risks to public health and can lead to economic losses. Food irradiation effectively eliminates or reduces the levels of pathogens, such as bacteria, viruses, and parasites, in food. By improving food safety, irradiation helps to minimize the occurrence of foodborne diseases, reducing the burden on healthcare systems and improving the overall well-being of communities. This contributes to

sustainable agriculture by safeguarding human health and preventing the economic losses associated with foodborne illnesses.

Reduced Chemical Usage: In conventional agriculture, the use of chemical pesticides and fumigants is common to control pests and pathogens. However, these chemicals can have adverse environmental impacts and may pose risks to human health. Food irradiation can serve as an alternative or complement to chemical treatments, reducing the reliance on chemical usage. By controlling pests and pathogens through irradiation, farmers can reduce the need for chemical interventions, leading to a more environmentally friendly and sustainable approach to pest management.

Preservation of Nutritional Value: Food irradiation, when applied within recommended doses, minimally affects the nutritional composition of food. By preserving the nutritional value of perishable goods, irradiation helps to ensure that essential nutrients are retained, even during extended storage periods. This is particularly important in regions where access to fresh and nutritious food is limited. By extending the shelf life of food without compromising its nutritional content, irradiation contributes to food security and supports sustainable agriculture.

Expanded Market Access: Food irradiation can facilitate access to new markets and increase export opportunities for agricultural producers. By meeting phytosanitary requirements and ensuring the safety and quality of exported products, irradiation enables producers to comply with international trade standards. This can lead to increased market competitiveness, improved income opportunities for farmers, and enhanced economic sustainability in the agricultural sector.

Reduction of Post-Harvest Losses: Post-harvest losses due to spoilage and pests have a significant impact on agricultural productivity and food security. Food irradiation helps to mitigate post-harvest losses by preventing or reducing the growth of microorganisms, pests, and insects that can lead to spoilage. By protecting harvested crops and preserving their quality, irradiation

contributes to the efficient use of agricultural resources and reduces the economic losses associated with post-harvest waste.

In summary, food irradiation offers several contributions to sustainable agriculture and resource management. It reduces food loss and waste, improves food safety, reduces chemical usage, preserves nutritional value, expands market access, and mitigates post-harvest losses. By enhancing the efficiency and sustainability of the food system, irradiation plays a valuable role in achieving a more resilient and resource-efficient agricultural sector.

5. Safety considerations and regulatory frameworks:

5.1 Comprehensive safety assessments and scientific consensus on food irradiation

Food irradiation has undergone extensive safety assessments and has garnered a strong scientific consensus regarding its safety and effectiveness. Numerous international organizations, scientific bodies, and regulatory agencies have conducted thorough evaluations and reviews of the technology. Here are the key aspects of the comprehensive safety assessments and the scientific consensus on food irradiation:

International Organizations: Prominent international organizations such as the World Health Organization (WHO), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and the International Atomic Energy Agency (IAEA) have endorsed food irradiation as a safe and effective method of food preservation. These organizations have conducted comprehensive evaluations of the technology, considering factors such as microbiological safety, toxicological effects, and nutritional quality.

Regulatory Agencies: Regulatory agencies in many countries have established rigorous standards and guidelines for the use of food irradiation. These agencies include the United States Food and Drug Administration (FDA), the European Food Safety Authority (EFSA), Health Canada, and the Australian Radiation Protection and

Nuclear Safety Agency (ARPANSA), among others. These agencies assess the safety and efficacy of irradiation and establish maximum permitted doses and labeling requirements to ensure consumer protection

Safety Assessments: Safety assessments of food irradiation encompass a range of factors, including microbiological safety, toxicological evaluations, and nutritional impact. Extensive studies have been conducted to evaluate the effects of irradiation on the inactivation of pathogens, reduction of spoilage microorganisms, and overall safety of the treated food. These assessments also consider the potential formation of any harmful byproducts and their levels in irradiated food, ensuring that they remain within acceptable limits.

Scientific Consensus: The scientific consensus supports the safety and efficacy of food irradiation as a method to enhance food safety and extend shelf life. Various scientific bodies and expert panels, including the WHO/FAO Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA), the International Commission on Radiological Protection (ICRP), and the International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI), have reviewed the available scientific data and concluded that food irradiation is a safe and beneficial technology.

Ongoing Monitoring and Research: Continuous monitoring and research contribute to the evolving understanding of food irradiation. Ongoing studies assess new developments, address emerging issues, and further enhance the safety and effectiveness of the technology. These efforts help to ensure that the scientific consensus on food irradiation remains robust and up-to-date.

In summary, comprehensive safety assessments conducted by international organizations, regulatory agencies, and scientific bodies, along with the scientific consensus, affirm the safety and efficacy of food irradiation. The rigorous evaluation of the technology's impact on microbiological safety, toxicological effects, and nutritional quality has led to the conclusion that food irradiation

is a safe and valuable tool in food preservation. Continuous monitoring and research further contribute to the body of knowledge and reinforce the scientific consensus on the safety of food irradiation.

5.2 International organizations and regulatory bodies overseeing food irradiation

Several international organizations and regulatory bodies play a crucial role in overseeing and regulating food irradiation to ensure its safety and appropriate use. Here are some of the key organizations involved:

International Atomic Energy Agency (IAEA): The IAEA is an agency of the United Nations responsible for promoting the peaceful use of nuclear energy. It provides technical guidance and support to member states in the application of food irradiation, including safety standards, training, and capacity building.

World Health Organization (WHO): The WHO, a specialized agency of the United Nations, focuses on global health issues. It evaluates the safety and efficacy of food irradiation and provides scientific advice on its use. The WHO collaborates with the Food and Agriculture Organization (FAO) through the Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) to assess the safety of food additives, including substances used in food irradiation.

Food and Agriculture Organization (FAO): The FAO is a United Nations agency that leads international efforts to eliminate hunger and improve agriculture. It collaborates with the WHO on food safety assessments, including those related to food irradiation. The FAO provides guidance and expertise on the application of food irradiation, including its potential benefits and safety considerations.

Codex Alimentarius Commission (CAC): The CAC, jointly established by the FAO and WHO, develops international food standards, guidelines, and codes of practice. It has established a specific standard for food irradiation, the "General Standard for

Irradiated Foods," which provides guidelines for the application and labeling of irradiated food products.

United States Food and Drug Administration (FDA): The FDA is responsible for ensuring the safety of food and medical products in the United States. It regulates the use of food irradiation in the country, setting standards and guidelines for its application, maximum permitted doses, and labeling requirements.

European Food Safety Authority (EFSA): The EFSA is the agency responsible for providing scientific advice on food safety in the European Union. It assesses the safety of food additives, including those used in food irradiation, and provides recommendations to the European Commission for setting regulations and standards.

Health Canada: Health Canada is the regulatory authority responsible for protecting and promoting the health of Canadians. It assesses the safety and efficacy of food irradiation and establishes regulations and guidelines for its use in Canada.

These organizations, along with national regulatory bodies in different countries, work collaboratively to ensure that food irradiation is implemented safely and in accordance with established standards. They conduct scientific evaluations, provide guidance, set regulations, and monitor compliance to protect public health and ensure the appropriate use of this food preservation technology.

5. 3 Communication and education for consumers and stakeholders

Effective communication and education are crucial for promoting understanding and acceptance of food irradiation among consumers and stakeholders. Here are key strategies for communication and education regarding food irradiation:

Clear and Transparent Information: Providing accurate and clear information about food irradiation is essential. This includes explaining the process, its purpose, and the scientific evidence

supporting its safety and benefits. The information should be readily available through various channels, such as websites, brochures, and fact sheets, to ensure accessibility for consumers and stakeholders.

Engaging Stakeholders: Engaging with stakeholders, including consumer groups, industry representatives, healthcare professionals, and regulators, is important for addressing concerns, answering questions, and fostering dialogue. Organizing workshops, seminars, and public consultations can create opportunities for stakeholders to learn about food irradiation, voice their opinions, and gain a better understanding of its benefits and safety.

Collaboration with Food Industry: Collaborating with the food industry is crucial for effective communication. Working with manufacturers, retailers, and distributors can help ensure accurate labeling of irradiated products and provide information to consumers at the point of sale. Engaging with industry associations and trade organizations can also support the dissemination of accurate and consistent information about food irradiation.

Consumer Awareness Campaigns: Launching targeted consumer awareness campaigns can help dispel misconceptions and provide evidence-based information about food irradiation. These campaigns can include advertisements, social media engagement, and public service announcements to reach a wide audience. Highlighting the benefits of food irradiation, such as improved food safety and reduced food waste, can help build consumer confidence.

Collaboration with Healthcare Professionals: Engaging healthcare professionals, including doctors, nutritionists, and dietitians, is essential for accurate information dissemination. Providing educational materials and resources to healthcare professionals can help them address consumer concerns, promote understanding, and communicate the benefits and safety of irradiated food.

Collaboration with Regulatory Authorities: Collaborating with regulatory authorities and incorporating their guidance into

communication efforts can enhance credibility and reinforce the safety message. Ensuring alignment with regulatory requirements and utilizing their expertise in communicating the regulatory framework can help build trust and confidence among consumers and stakeholders.

Scientific Communication: Engaging scientists and experts in the field of food irradiation to communicate the science behind the technology is crucial. Sharing research findings, publishing articles in scientific journals, and participating in conferences and symposiums can contribute to the scientific discourse and provide evidence-based information to support communication efforts.

Addressing Consumer Concerns: Understanding and addressing consumer concerns about food irradiation is vital for effective communication. This includes addressing misconceptions related to radiation, potential health risks, and the impact on nutritional quality. Providing evidence-based information and addressing concerns in a transparent and empathetic manner can help build trust and credibility.

Continuous Monitoring and Evaluation: Monitoring and evaluating communication efforts are important to assess their effectiveness and make necessary adjustments. Conducting surveys, focus groups, and opinion polls can provide insights into consumer perceptions, knowledge gaps, and areas that require further clarification.

By employing these strategies, effective communication and education about food irradiation can help consumers and stakeholders make informed decisions, foster trust in the technology, and promote its responsible and beneficial use in the food industry.

Conclusion

Food irradiation holds immense potential as a technology for enhancing food safety, quality, and sustainability. Its ability to eliminate pathogens, extend shelf life, and preserve nutritional

quality make it a valuable tool in ensuring a safe and secure food supply. Additionally, considering its positive environmental impact and regulatory support, food irradiation can contribute significantly to addressing global food challenges. Continued research, education, and collaboration among stakeholders are essential for the widespread adoption and acceptance of this technology, leading to a safer, more sustainable, and resilient food system.

References

- 1- Aadil, R. M. (2019). Effect of Heat on Food Properties. L. Melton içinde, *Encyclopedia of Food Chemistry* (s. 70-75). Berkeley USA: Elsevier.
- 2- Ahmad, N. (2011). Prevalence and quantification of *Vibrio* species and *Vibrio parahaemolyticus* in freshwater fish at hypermarket level. *International Food Research Journal* , 689-695.
- 3- Arapcheska, M. (2020). Effect of irradiation on food safety and quality. *Current Trends in Natural Sciences* , 100-106.
- 4- Baron, S. (1996). *Medical Microbiology*. Texas: National Library of Medicine.
- 5- Catunescu, G. M. (2010). Food Irradiation in the EU. *Bulletin USAMV Agriculture* (s. 493). Romania: Prospects for the Third Millennium Agriculture.
- 6- Chauhan, S. K. (2009). Detection Methods for Irradiated Foods—Current Status. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* , 4-16.
- 7- Comission, C. A. (2019). Codex Alimentareus Commission. *Procedural Manuel* , 1-253.
- 8- D’Souza, C. (2021). Consumer acceptance of irradiated food and information disclosure – A retail imperative. *Journal of Retailing and Consumer Services* , 1-10.
- 9- Dea Slade, M. R. (2011). Oxidative Stress Resistance in *Deinococcus radiodurans*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* , 133-191.
- 10- Djezzar, B. (2018). *Ionizing Radiation Effects and Applications*. Sweden: Intech-Open.
- 11- Doyle, M. E. (2007). Microbial Food Spoilage — Losses and Control Strategies. *FRI Brifigs* , 1-16.

11- Doyle, M. (2013). Food Safety: Bacterial Contamination. A. A. Conti içinde, *Biomedical Sciences* (s. 322-330). Vienna: Science Direct.

12- Dudeja, P. (2018). good food manufacturing practices. P. Dudeja içinde, *food safety : Farm to fork implementation* (s. 130-145). New Delhi: Cbs Publishers.

13- Ehlermann, D. A. (2016). The early history of food irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* , 10-12.

14- Eie, T. (2007). New technologies for extending shelf life. *Italian Journal of Food Science* , 127-152.

15- Eie, T. (2007). New technologies for extending shelf life. *Italian Journal of Food Science* , 127-152.

16- Farkas, J. (2011). History and future of food irradiation. *Trends in Food Science & Technology* , 121-126.

17- Faure, J. (2004). A laser-plasma accelerator producing monoenergetic electron beams. *Nature* , 541-544.

18- Fung, D. (2009). Food Spoilage, Preservation and Quality Control. M. Schaechter içinde, *Encyclopedia of Microbiology* (s. 54-79). London: Elsevier.

19- Girma Kebede, A. S. (2015). Review on Radiation as a Means of Food Preservation and its Challenge. *Academic Journal of Nutrition* 4 (2) , 77-83.

20- Haji, M. (2020). Roles of Technology in Improving Perishable Food Supply Chains. *Logistics* , 1-24.

21- IAEA. (2014). *IAEA Safety Standards*. Vienna: IAEA.

22- IAEA. (1996). *Safety Standards No:115*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

23- Indiarto, R. (2020). Food Irradiation Technology: A Review of The Uses and Their Capabilities. *International Journal of Engineering Trends and Technology* , 91-98.

24-Irradiation, F. (2021, 2 23). *Food Irradiation*. 11 29, 2023 tarihinde IFST: <https://www.ifst.org/resources/information-statements/food-irradiation> adresinden alındı

25- Jeong, M.-A. J.-D. (2018). Applications of ionizing radiation for the control of postharvest diseases in fresh produce: recent advances. *Plant Pathology*, (67) , 18-29.

26- Marcotrigiano, V. (2018). Food labelling: Regulations and Public Health implications. *Annali di Igiene: Medicina Preventiva e di Comunità* , 220-228.

27- Mayer, A.-M. B. (1997). Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *British Food Journal* , 207-211.

28- Mila Arapcheska, H. S. (2020). Effect of Irradiation on Food Safety and quality. *Current Trends in Natural Sciences* , 100-106.

29- Moosekian, S. R. (2011). X-Ray Irradiation as a Microbial Intervention Strategy for Food. *Annual Review of Food Science and Technology* , 493-510.

30- Mostafavi, H. A. (2012). Overall, food irradiation is a controlled process that utilizes ionizing radiation to enhance food safety and quality by eliminating or reducing harmful microorganisms. It is an effective tool in minimizing the risk of foodborne illnesses, extending the s. A. Eissa içinde, *Trends in Vital Food and Control Engineering* (s. 43-70). London: Intech-Open.

31- Mostafavi, H. A. (2012). The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. A. H. Eissa içinde, *Trends in Vital Food and Control Engineering* (s. 43-68). Tehran, Iran: Intech.

32- Mostafavi, H. A. (2012). The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. *Trends in Vital Food and Control Engineering* , 43-68.

33- Mostafavi, H. A. (2012). The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. A. H. Eissa içinde, *Trends in Vital Food and Control Engineering* (s. 1-28). Tehran, Iran: Intech Open.

34- Mostafavi, H. A. (2012). The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. A. Eissa içinde, *Trends in Vital Food and Control Engineering* (s. 3-27). London: Intech.

35- Mostafavi, H. A. (2014). The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. S. M. Mirmajlessi içinde, *Trends in Vital Food and Control Engineering* (s. 43-68). Tehran: Intech.

36- Mullan, M. (2011). Modified atmosphere packaging in Food Packaging Technology. M. J. Kirwan içinde, *Food and Beverage Packaging Technology* (s. 263-294). Oxford: Blackwell Publishing.

37- O'mahony, M. (1991). Taste Perception, Food Quality and Consumer Acceptance. *Journal of food quality* , 9-31.

38- Pandey, D. (2011). Carbon Footprint: Current Methods of Estimation. *Environmental Monitoring and Assessment* , 1-26.

39- Phimolsiripol, Y. (2015). Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products. R. Jayabalan içinde, *Reference Module in Food Science* (s. 100-106). Romania: Asociatia Romana de Pteridologie.

40- Phimolsiripol, Y. (2016). Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products. R. Jayabalan içinde, *Reference Module in Food Science* (s. 1-8). New York: Elsevier.

41- Popa, E. E. (2019). Trends in Refrigeration Technologies Used For Food Preservation – A Review. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies* , 205-210.

42- Rayna Stefanova, N. V. (2010). Irradiation of Food, Current Legislation Framework. *Food Analytical Methods* , 225-252.

43- Rozekhi, N. A. (2018). Consumers' Understanding and Awareness of Food Irradiation in UiTM Penang. *Journal of Academia UiTM Negeri Sembilan* , 97-104.

- 44- Sapp, S. G. (2007). Consumer Acceptance of Irradiated Food: A Study of Symbolic Adoption. *International IJC* , 133-145.
- 45- Sevindik, M. (2021). Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. *Food spoilage and Microorganisms* , 1921-1924.
- 46- Shanmugam, S. (2022). *Benefits, Issues and Treatment of Food Irradiation*. Nagapattinam, India: Aqua Tech.
- 47- Silva, M. S. (2021). DNA Double-Strand Breaks: A Double-Edged Sword for Trypanosomatids. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* , 1-9.
- 48- Stalter, R. (2012). Gamma Radiation. R. Stalter içinde, *Gamma Radiation* (s. 43-54). London: Intech.
- 49- Stefanova, R. (2010). Irradiation of Food, Current Legislation Framework, and Detection of Irradiated Foods. *Food Analytical Methods* , 225-252.
- 50- Tincheva, P. A. (2019). The effect of heating on the vitamin C content of selected vegetables. *World Journal of Advanced Research and Reviews* , 27-32.
- 51- Williams, G. J. (2009). Limitations of the Efficacy of Surface Disinfection in the Healthcare Setting. *Infection Control and Hospital Epidemiology* , 570-573.
- 52- Xu, W. (2017). Awareness of Listeria and high-risk food consumption behavior among. *Food Control* , 62-65.
- 53- Yuste, M. M.-M. (2010). Emerging Bacterial Pathogens in Meat and Poultry and overview. *Food Bioprocess Technology* , 24-35.

CHAPTER II

Exploring the Intersection of Microbiome Engineering and Fermented Foods: Unraveling the Potential and Challenges

Yusuf ESEN¹

Introduction

Microbiome engineering has been an emerging area that has brought a change in basic assumptions in the domain of food science. Modern-day innovations and developments have significantly increased our knowledge concerning the complex bondages between human health and the various microorganisms that live both in our bodies and the foods we consume.

Microbiome Engineering in Food Science: A Paradigm Unveiled

¹ PhD, Food Technology Department Vocational School of Technical Sciences Ardahan University

In recent years, groundbreaking studies, such as that by Elechi et al., (2023), have reshaped our comprehension of how gut microbiota interacts with food. This bidirectional relationship underscores how the gut microbial composition significantly influences the nutritional content of food. Moreover, diet plays a primary role in shaping the gut microbiota, marking a significant intersection between human biology and dietary practices.

The advent of microbiome engineering has propelled innovative approaches to understanding and manipulating these microbial ecosystems. It has not only elucidated the primary role of gut microbiota but also opened new vistas in food science. Research endeavors in this field aim to harness and modulate the microbiome to enhance food quality, nutritional value, and health benefits. The burgeoning interest in this transformative field sets the stage for an in-depth exploration of its implications in the realm of fermented foods.

Fermented Foods: Guardians of Culinary Traditions and Health

Fermented foods, long entrenched in global culinary traditions, are more than mere gustatory delights. Studies, such as that by Vinderola et al., (2023), have broadened our perspective, highlighting fermented foods not just as carriers for probiotics but as versatile carriers for an array of bioactive substances beyond probiotics. This expanded role elevates fermented foods into a domain of multifaceted functionality and health benefits. Their historical and contemporary significance, as discussed by Leeuwendaal et al., (2022), outlines their extensive diversity and enduring integration into human diets across civilizations. The intrinsic relationship between fermented foods and gut microbiome health further accentuates their relevance in shaping human health and well-being.

Statement of Purpose for the Chapter

The main purpose of this comprehensive chapter is to explore the complex microbial ecology of fermented foods and to discuss its contribution in the context of human health, nutrition, and overall well-being. However, this chapter is multi-facet as it discusses the microbiome present in fermented foods, which has several impacts such as health and the environment. This chapter seeks to bridge the gap in existing literature by synthesizing and critically analyzing the latest insights into fermented foods' microbial composition. It aims to unravel the complex interplay between diverse microbial communities thriving within these foods. By elucidating the symbiotic relationship between fermented foods and the gut microbiome, the chapter aspires to offer a holistic understanding of their role in human health.

Microbiome Engineering in Food Systems

Understanding Microbiome Engineering: Techniques, Methodologies, and Applications

Microbiome engineering represents a revolutionary paradigm in scientific query, reshaping the landscape of food systems, health, and agriculture. At its core, this field encompasses a spectrum of techniques and methodologies that manipulate microbial communities to address diverse applications across various domains. The burgeoning interest in microbiome engineering is evident from the vast array of studies that elucidate its multifaceted nature and far-reaching implications. In the quest to understand microbiome engineering, researchers have investigated a plethora of techniques and methodologies. Albright et al., (2021) underscore the primary role of microbiome engineering, outlining its applications in tackling challenges in health, agriculture, and climate. This research provides a broad overview, elucidating the multifunctional aspects of microbiome engineering and its diverse applications. Moreover, Elechi et al., (2023) shed light on modern food manufacturing methods and their profound influence on gut health, thereby shaping food and its implications on public health. Their study emphasizes the complex relationship between food manufacturing techniques

and their impact on the gut microbiota, elucidating the interconnectedness between food systems and human health.

Technological advancements have propelled the development of innovative methodologies in microbiome engineering. Olmo et al., (2022) present case studies illustrating the primary role of the microbiome in various food-related aspects, ranging from the production of plant raw materials to feed supplement products. These case studies delineate the methodologies employed in harnessing the potential of microbiome engineering, exemplifying its diverse applications across the food system. The applications of microbiome engineering extend far beyond theoretical frameworks, manifesting in tangible and successful outcomes. Kaul et al., (2021) investigated the realm of engineering the host microbiome for crop improvement, displaying successful applications that enhance crop performance. These applications signify the practical implications of microbiome engineering in agriculture, offering sustainable solutions for crop enhancement.

Overall, these studies contribute to a comprehensive understanding of microbiome engineering. They underscore the complex techniques, methodologies, and diverse applications encapsulated within this developing field. The methodologies range from manipulating microbial communities in food production to enhancing crop performance through microbiome engineering. Moreover, the applications span across sectors, encompassing health, agriculture, and climate challenges. Microbiome engineering, a rapidly developing discipline, is a prime example of scientific innovation and promise. The integration of techniques and methodologies highlights its complex nature, providing innovative approaches to tackle urgent issues in agriculture, health, and food systems. With careful investigation and creative application, microbiome engineering has the potential to transform several fields and open the door to a more sustainable and wholesome future.

Overview of how Microbiome Engineering Shapes Microbial Communities in Food

Microbiome engineering has emerged as a transformative tool in shaping microbial communities within the realm of food science. By leveraging various techniques and methodologies, this discipline manages changes in microbial compositions, contributing to the development, safety, and quality of food products (Albright et al., 2021; Xu et al., 2023). Microbial communities, comprising diverse organisms, are fundamental constituents of various food ecosystems, influencing properties such as taste, shelf life, and nutritional value. It is essential to understand how microbiome engineering affects the microbiota found in food. Albright et al., (2021) draw attention to the growing application of microbiome engineering in addressing health, agricultural, and climate-related issues, highlighting its impact on the formation of microbial communities. The intentional manipulation of microbial populations using designed methods clarifies the subtleties of changing the microbial makeup of food.

Microbiome engineering techniques encompass a spectrum of methodologies aimed at manipulating and controlling microbiota. Lawson et al., (2019) discuss common principles and best practices, emphasizing the shapes and structures of microorganisms as representative of various isolates or communities, elucidating the diverse techniques utilized in engineering microbial compositions. The application of these methodologies affects the dynamics of microbial communities in food processing, preservation, and enhancement. Moreover, Xu et al., (2023) provide a comprehensive summary of bacterial communities in various food processing stages, indicating the significance of microbiome engineering in understanding, and optimizing microbial compositions. This meta-analysis highlights the complex relationship between food processing practices and the microbial communities present, emphasizing the potential for engineering techniques to shape and modulate these communities for desired outcomes.

Microbiome engineering not only influences microbial compositions but also alters their functional attributes. Foo et al., (2017) highlighted the perturbation to microbiomes and their undesirable consequences, stressing the importance of

understanding the functional implications of engineering on microbial communities. Such insights into the functional aspects of microbial communities elucidate the necessity of judiciously employing engineering techniques to optimize food quality and safety. In summary, microbiome engineering stands at the forefront of reshaping microbial communities in food systems. The multidimensional nature of this field emphasizes the significance of employing different methodologies to harness the potential of microbiota for improved food quality and safety.

Examples of Successful Microbiome-Engineered Food Products

Microbiome engineering has revolutionized the food industry, offering innovative ways to enhance food quality, safety, and nutritional value. By harnessing the potential of microbial communities, several successful examples of microbiome-engineered food products have emerged, highlighting the transformative impact of this field (Foo et al., 2017; Leeuwendaal et al., 2022).

1. **Probiotic-enriched Dairy Products:** Probiotics have been extra in dairy products like yogurt and kefir. These engineered products aim to improve gut health and immune function, exemplifying the integration of microbiome engineering in enhancing consumer health (Leeuwendaal et al., 2022).
2. **Plant-Based Fermented Foods:** Fermented foods such as kimchi, sauerkraut, and tempeh have been microbiome-engineered to contain specific microbial strains. These products leverage fermentation to improve flavors, increase shelf life, and deliver potential health benefits by augmenting the gut microbiota (Jarvis et al., 2018).
3. **Nutraceuticals and Functional Foods:** Microbiome-engineered functional foods like fortified cereals, granolas, and energy bars were designed to deliver precise doses of

beneficial microorganisms or prebiotics. These products aim to target specific health concerns, such as immune support, digestive health, or metabolic balance (Olmo et al., 2022).

4. **Symbiotic Beverages:** Symbiotics, a combination of probiotics and prebiotics, are included in beverages like kombucha and specialized fruit juices. These products intend to create a balanced environment for beneficial microorganisms to thrive while providing essential nutrients to support their growth (Foo et al., 2017).
5. **Microbial Crop Enhancements:** While not directly consumed, microbiome engineering has also been applied in agriculture to produce healthier and more resilient crops. For instance, plant raw materials engineered with specific microbiomes aim to improve plant growth, disease resistance, and nutrient uptake (Olmo et al., 2022).

These examples represent the diverse applications of microbiome engineering in food products, demonstrating its potential to revolutionize the food industry. The successful integration of microbial communities in these products highlights how microbiome engineering drives innovation, offering novel solutions for healthier, tastier, and more sustainable food options.

Fermented Foods: A Microbial Ecosystem

Fermented foods and their diverse microbial communities

Fermentation has been an integral part of human culture for centuries, serving as a method to preserve foods and enhance their flavor, texture, and nutritional value. This age-old practice involves the action of diverse microbial communities that shape the characteristics of fermented foods. The process of fermentation, driven by these microbial communities, encompasses various food products like dairy, vegetables, beverages, and more (Albright et al., 2021). Fermented foods are characterized by their diverse microbial compositions, which play a primary role in the fermentation process.

The microbial communities involved in fermentation are complex and comprise bacteria, yeasts, and molds that impart unique flavors, aromas, and textures to these foods. For instance, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, and *Staphylococcus* are among the core microbiota found in various fermented food commodities (Sonnenburg, 2015). These microorganisms engage in complex interactions and biochemical activities, producing enzymes, organic acids, and bioactive compounds during fermentation, thereby influencing the quality and sensory attributes of the final products (Xu et al., 2023).

Moreover, the microbiota presents in fermented foods often contribute to their probiotic potential. Many fermented foods harbor beneficial bacteria, either naturally occurring or added during the fermentation process, which can confer health benefits by modulating the gut microbiota upon consumption (Foo et al., 2017). Research has elucidated the importance of these microbial communities in promoting gut health, bolstering the immune system, and aiding in nutrient absorption (Barratt et al., 2017). Ingredients, processing techniques, ambient temperature, and length of fermentation are some of the variables that impact the make-up and activity of microbial communities in fermented foods. The microbial diversity in the finished product is influenced by how different additives promote the growth of microbial species. Furthermore, the growth of microbial communities and the overall quality of fermented foods are impacted by regulating variables like temperature, pH, and salt concentrations during fermentation (Cuamatzin-garcía et al., 2022). Understanding the complex interactions within microbial communities in fermented foods is crucial for optimizing fermentation processes and ensuring product safety and quality. Advances in microbial ecology and metagenomics have facilitated the in-depth exploration of these complex communities, enabling the identification of key microbial species and their metabolic functions during fermentation. This knowledge contributes to the development of strategies for harnessing the desirable traits of microbial communities to create

innovative fermented food products with enhanced nutritional profiles and extended shelf life (Sonnenburg, 2015; Xu et al., 2023).

Fermentation significantly influences food quality, flavor, and preservation. Utilizing fermentation, the nutritional quality of foods is improved. Microbial activity during fermentation generates bioactive compounds and develops the bioavailability of essential nutrients. Fermented foods, rich in probiotic microorganisms, offer health benefits and improved nutrient profiles. This process contributes to food quality by increasing digestibility and enriching foods with vitamins, amino acids, and antioxidants (Knez et al., 2023). Flavor development is a hallmark of fermentation. Microorganisms present during fermentation create diverse flavors and aromatic compounds, thereby enhancing the sensory appeal of foods. Lactic acid bacteria, yeasts, and molds produce various flavor compounds contributing to the unique taste and aroma of fermented products. Additionally, the breakdown of complex molecules by microbial enzymes releases compounds that influence taste and aroma, transforming raw ingredients into flavorful delicacies (McFeeters, 1988). Moreover, fermentation is an effective preservation method. The production of organic acids, ethanol, and antimicrobial peptides during fermentation inhibits the growth of harmful microorganisms, extending shelf life. This preservation technique not only prevents spoilage but also enhances food safety by suppressing pathogenic bacteria. The acidic environment created by fermentation impedes microbial growth, ensuring the stability and safety of the fermented products (Knez et al., 2023).

Complexity and functionality of microbial interactions in fermented foods

Microbial interactions within fermented foods create a sophisticated network of relationships among various microorganisms, profoundly influencing the quality, flavor, and safety of these products. Studies from reputable sources shed light on the complex nature of these interactions, elucidating their importance in understanding fermented food ecosystems.

1. **Diverse Microbial Community:** Research from diverse sources highlights the multifaceted microbial communities in fermented foods, encompassing bacteria, yeasts, and molds. This diversity underlines the richness and complexity of these environments (Canon et al., 2020; Sieuwerts et al., 2008).
2. **Cooperative and Competitive Interactions:** Scholarly articles emphasize the cooperative relationships among microorganisms, resulting in mutual benefits and enhanced product attributes. For instance, in kefir production, yeasts provide essential nutrients to lactic acid bacteria, illustrating mutualism in action (Canon et al., 2020). Conversely, competitive interactions among species, as discussed in another study (Canon et al., 2020), influence the fermentation process and final product characteristics.
3. **Synergistic Effects:** A study performed by Adesulu-Dahunsi et al., (2020) highlights the synergistic microbial interactions, particularly between lactic acid bacteria, elucidating their combined effects on fermentation kinetics and flavor development. These interactions contribute significantly to the sensory attributes and quality of fermented foods.
4. **Food Safety and Preservation:** Sieuwerts et al., (2008) and other sources emphasize microbial interactions' primary role in preserving foods and ensuring safety. The inhibitory compounds produced by certain microorganisms, including lactic acid bacteria, contribute to food preservation.
5. **Flavor and Aroma Formation:** Ivey et al., (2013) and other reputable sources underscore microbial interactions' influence on flavor and aroma formation. The complex interplay of metabolic pathways and enzymatic activities among various microorganisms leads to the creation of unique and characteristic flavors in fermented foods.

Intersection of Microbiome Engineering and Fermented Foods

Influence of microbiome engineering on fermentation processes

Microbiome engineering, a multidisciplinary field, has emerged as a primary tool in shaping and optimizing fermentation processes, contributing significantly to the advancement of various industries like food, agriculture, and environmental sustainability. Through integrated molecular approaches, research has focused on understanding the complex microbial communities in fermented foods, elucidating their dynamics, and employing this knowledge to engineer fermentation for enhanced product quality, flavor, and preservation (Walsh et al., 2023). This field has explored historical practices, evolving food fermentation processes, and their impact on sensory properties, nutritional content, and food preservation. The review by Manna et al., (2021) discusses how fermentation has been a traditional method utilized across cultures to improve food quality, emphasizing microbiome engineering's role in this evolutionary process. Furthermore, engineered microbial strains, selected, bred, or genetically modified, have been employed to optimize fermentation outcomes, augmenting the taste, appearance, and health benefits of fermented foods (Chen et al., 2023; Graham & Ledesma-Amaro, 2023).

The impact of microbiome engineering extends beyond enhancing human health benefits. It encompasses planetary health through microbial biodiversity in agriculture. Studies like Jahn et al., (2023) highlight the influence of microbial diversity on crop health, yield, and soil quality, reinforcing the role of fermentation in agricultural sustainability. Moreover, the definition and understanding of fermented foods as products made by microbial organisms and enzymatic conversions illustrate the depth of microbiome engineering's connection with food production (Bell et al., 2018).

Studies Integrating Microbiome Engineering in Fermented Food Production

The incorporation of microbiome engineering ideas into fermented food production has resulted in unique breakthroughs, altering old procedures, and improving a lot of aspects of food quality, preservation, and health benefits. The impact of microbiome engineering on fermented food production were studied in a variety of publications.

Mannaa et al., (2021)'s review underscores the evolution of food fermentation processes and their relation to microbiome engineering, emphasizing the historical significance and continuous innovation in fermented food production. Walsh et al., (2023) investigated the integration of molecular approaches, revealing how they elucidate microbial communities associated with fermentation, aiding in optimizing and innovating traditional processes. Graham & Ledesma-Amaro, (2023) highlight the use of specifically selected or manipulated microbial strains to improve several aspects of fermentation, including flavor, appearance, and health advantages of the end products (Chen et al., 2023). Furthermore, another study underlines the possibility of fermented food strains colonizing the stomach and impacting gut microbiota and health (Jahn et al., 2023). Bell et al., (2018) define fermented foods as items produced by microbial organisms and enzymatic conversions, laying the groundwork for understanding the relationship between microbiome engineering and food production. The union of microbiome engineering principles with fermented food production, as evident in these studies, signifies a change in thinking in how fermentation processes are conceptualized and optimized. This integration unlocks the potential for innovative, healthier, and sustainable fermented food production practices.

Challenges and Opportunities

The symbiotic convergence of fermented food production with microbiome engineering encapsulates a compelling realm poised with challenges and promising prospects, as highlighted across recent scholarly insights. Managing this landscape demands a

delicate balance between scientific innovation, regulatory considerations, and ethical contemplations.

Challenges:

1. **Complex Interplay of Microorganisms:** Manipulating and predicting the complex interactions within microbial communities in fermented foods poses a significant challenge, influencing end-product characteristics (Louw et al., 2023).
2. **Precision and Stability:** Attaining consistent and stable modifications within these diverse microbial populations while preserving the desired functional attributes remains a complex endeavor (Mannaa et al., 2021).
3. **Regulatory Hurdles:** Addressing regulatory frameworks concerning genetic manipulations in food-grade microorganisms is crucial, along with ethical considerations surrounding altered microbial communities (Khan et al., 2021).

Opportunities:

1. **Health and Nutritional Advancements:** Microbiome engineering offers avenues to enhance the nutritional profile and health-promoting attributes of fermented foods, aligning with the demand for functional foods (Graham & Ledesma-Amaro, 2023; Leeuwendaal et al., 2022).
2. **Customization and Innovation:** The ability to tailor distinct flavors, textures, and novel products through engineered microbial communities paves the way for innovation in the food industry (Leeuwendaal et al., 2022).
3. **Sustainability:** Microbiome engineering bears the potential to curb food waste and fortify the preservation of perishable commodities, contributing to sustainable food production (Graham & Ledesma-Amaro, 2023).

Impact of Engineered Microbiomes on Traditional Fermentation Practices

Effects of engineered microbial communities on fermentation methods

Traditional fermentation practices have been crucial in food production for centuries, utilizing microbial communities to transform raw ingredients into various food products. Recent advancements in biotechnology have introduced the concept of engineered microbial communities, raising significant interest in their influence on traditional fermentation methods. This examination focuses on understanding how these engineered microbial communities' impact and potentially revolutionize these traditional practices. Engineered microbiota aims to optimize fermentation processes by modifying microorganisms to achieve specific characteristics, enhancing food quality, and reducing environmental impact. These modifications are directed towards improving food safety, and nutrition, and even addressing sustainability concerns by utilizing alternative feedstocks. For instance, certain genetic engineering methods are implemented to alter microorganisms, enabling them to perform desirable functions within the fermentation environment (Ramírez Rojas et al., 2022).

Furthermore, the oral microbiota's role in flavor perception is an essential aspect of how engineered microbial communities influence traditional fermentation. Variations in aroma compound formation due to oral microbiome diversity contribute significantly to taste differences among individuals (Schwartz et al., 2021). Engineered modifications might impact these perceptions, thus potentially altering the flavor profiles of fermented foods. The gut microbiome, affected by fermented foods, plays a vital role in human health. Fermented foods significantly impact the gut microbiome, influencing both short-term and long-term health outcomes. Engineered microbial communities may potentially modulate these effects, leading to broader implications for health and wellness (Leeuwendaal et al., 2022).

By optimizing fermentation processes through genetic modifications and understanding the impact on flavor, safety, and nutrition, these engineered communities open doors for innovative and sustainable food production practices. However, continued research, particularly exploring the interactions between engineered and natural microbial communities, is essential to fully harness the potential of these advancements and their implications in traditional fermentation. The discovery of microbiome engineering presents a significant avenue to address disruptions and enhancements in flavor, safety, and nutrition within food systems. A study on microbial flavor compounds underscores the market's shifting preference toward natural flavors over artificial ingredients, emphasizing the importance of natural components. Herein lies an opportunity for microbiome engineering to contribute by enhancing the natural production of desirable flavors while minimizing reliance on artificial additives (Kumar Verma et al., 2022).

Microbiome engineering can disrupt conventional food manufacturing by offering a more sustainable and health-conscious approach. Leveraging microbial capabilities allows for the creation of tailored flavor profiles and the production of natural compounds that mimic desirable tastes without the side effects often associated with artificial additives. Furthermore, engineered microbial communities in food processing can contribute to enhancing safety by preventing pathogenic contamination. These advancements foster a safer environment by outcompeting harmful microorganisms, thereby increasing food safety. In terms of nutrition, microbiome engineering holds immense potential. Engineered microbial communities can produce essential nutrients, vitamins, and bioactive compounds, enriching food with added nutritional value. This approach aligns with consumer demand for healthier food options and can address nutritional deficiencies on a broader scale. Despite these promising advancements, challenges persist in translating microbiome engineering into practical applications within the food industry. Ensuring stability, scalability, and regulatory compliance of engineered microbiomes remains a hurdle. There is a need for

further research to understand complex microbial interactions and their influence on flavor, safety, and nutrition. Additionally, ethical considerations, consumer acceptance, and regulatory frameworks need careful attention to harness the full potential of microbiome engineering (Kumar Verma et al., 2022).

Gaps of microbiome engineering

Microbiome engineering which is a developing field with vast implications for health, agriculture, and the environment, faces several significant gaps that impede its progress and application. Understanding these gaps is critical to advancing the field and harnessing its full potential. One prominent gap highlighted in the study of Albright et al., (2021) is the need for a deeper understanding of the complex interactions within microbial communities. Unraveling the complex relationships between microorganisms, their hosts, and the environment remains a critical challenge. This knowledge gap restricts the ability to precisely engineer microbiomes for desired outcomes in human health and agriculture.

Furthermore, Arcidiacono et al., (2018) underscores the necessity for identifying and addressing gaps in research. For instance, gaps persist in comprehending the nuances of the gut microbiome's role in various health aspects, hindering targeted therapeutic interventions. The challenges discussed in the research of Afridi et al., (2022) reveal another critical gap. The persistence of engineered microorganisms in soil ecosystems and the transferability of genetic traits among microbial strains remain unclear, posing challenges for long-term sustainable interventions in agriculture. Additionally, Morales Moreira et al., (2023) shed light on gaps related to adapting to rapidly changing climates. It emphasizes the necessity for microbiome engineering strategies that are resilient in the face of environmental variations and are conducive to diverse ecological conditions. Foo et al., (2017) underscores the need for future research directions. This publication suggests exploring novel applications and developing more

advanced engineering tools to overcome the limitations observed in current microbiome engineering practices.

Moreover, Cullen et al., (2020) highlight the broad areas where more research is needed. This includes understanding the fundamental interactions between microorganisms and their hosts, the evolutionary aspects of microorganisms, and ecological considerations, all of which contribute to significant gaps in current understanding. The gaps in microbiome engineering research are multidirectional and diverse, spanning from the complex dynamics of microbial communities to challenges in adaptation to changing environments. Addressing these gaps necessitates interdisciplinary collaboration, technological advancements, and a comprehensive approach to unraveling the complexities of microbiome systems. Bridging these gaps will undoubtedly unlock the immense potential of microbiome engineering in revolutionizing fields such as health, agriculture, and environmental sustainability.

Future Directions and Conclusions

The integration of microbiome engineering into fermented food production holds vast promise, offering avenues to improve traditional practices while posing significant challenges. Leveraging engineered microbial communities could revolutionize fermentation, enhancing flavor profiles, safety, and nutritional qualities. Challenges, however, abound. Manipulating microbiomes for targeted outcomes in fermentation demands a nuanced understanding of how engineered communities interact with traditional methods. Balancing the preservation of authentic flavors with novel enhancements requires careful intervention without compromising the essence of traditional fermentative processes. Moreover, ensuring safety and maintaining the health benefits associated with fermented foods while introducing engineered microorganisms necessitate rigorous assessment and regulatory considerations.

To develop microbiome engineering in fermented food production, future research should emphasize several key areas. Firstly, researching the complex dynamics between engineered microbiomes and traditional fermentative environments is essential. This involves exploring the mechanisms influencing flavor development, safety, and nutritional enhancements. Secondly, investigating novel methods to precisely engineer microbial communities tailored to specific fermentation processes is imperative. Advanced tools and technologies enabling the controlled manipulation of microbial consortia are vital. Additionally, developing comprehensive safety assessments and regulatory frameworks that accommodate engineered microbiomes without compromising consumer health is critical.

In conclusion, the integration of microbiome engineering into traditional fermentation practices presents an exciting frontier with significant potential benefits. It offers avenues to innovate flavor profiles, and enhance safety and nutritional aspects, yet poses challenges in preserving authenticity and ensuring safety. Future research efforts should concentrate on deepening our understanding of engineered microbial communities' interactions within fermentation processes, developing precise engineering tools, and establishing robust safety assessments. Continued investigation in this underexplored domain is primary not only for the advancement of fermented food production but also for fostering a deeper understanding of the intricate relationship between engineered microbiomes and traditional practices. Sustained exploration will unlock the full potential of microbiome engineering, revolutionizing the landscape of fermented food production for the better.

References

Adesulu-Dahunsi, A. T., Dahunsi, S. O., & Olayanju, A. (2020). Synergistic microbial interactions between lactic acid bacteria and yeasts during the production of Nigerian indigenous fermented foods and beverages. *Food Control*, 110, 106963. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106963>

Afridi, M. S., Ali, S., Salam, A., César Terra, W., Hafeez, A., Sumaira, Ali, B., S. AlTami, M., Ameen, F., Ercisli, S., Marc, R. A., Medeiros, F. H. V., & Karunakaran, R. (2022). Plant Microbiome Engineering: Hopes or Hypes. *Biology 2022*, Vol. 11, Page 1782, 11(12), 1782. <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY11121782>

Albright, M. B. N., Louca, S., Winkler, D. E., Feeser, K. L., Haig, S. J., Whiteson, K. L., Emerson, J. B., & Dunbar, J. (2021). Solutions in microbiome engineering: prioritizing barriers to organism establishment. *The ISME Journal 2021* 16:2, 16(2), 331–338. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-01088-5>

Arcidiacono, S., Soares, J. W., Karl, J. P., Chrisey, L., Dancy, C. P. T. B. C. R., Goodson, M., Gregory, F., Hammamieh, R., Loughnane, N. K., Kokoska, R., Riddle, C. A. P. T. M., Whitaker, K., & Racicot, K. (2018). The current state and future direction of DoD gut microbiome research: a summary of the first DoD gut microbiome informational meeting. *Standards in Genomic Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/S40793-018-0308-0>

Barratt, M. J., Lebrilla, C., Shapiro, H. Y., & Gordon, J. I. (2017). The gut microbiota, food science, and human nutrition; a timely marriage. *Cell Host & Microorganism*, 22(2), 134. <https://doi.org/10.1016/J.CHOM.2017.07.006>

Bell, V., Ferrão, J., Pimentel, L., Pintado, M., & Fernandes, T. (2018). One Health, Fermented Foods, and Gut Microbiota. *Foods*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/FOODS7120195>

Canon, F., Nidelet, T., Guédon, E., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2020). Understanding the Mechanisms of Positive Microbial

Interactions That Benefit Lactic Acid Bacteria Co-cultures. *Frontiers in Microbiology*, 11, 561347. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.02088/BIBTEX>

Chen, L., Wang, G., Teng, M., Wang, L., Yang, F., Jin, G., Du, H., & Xu, Y. (2023). Non-gene-editing microbiome engineering of spontaneous food fermentation microbiota—Limitation control, design control, and integration. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(3), 1902–1932. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13135>

Cuamatzin-garcía, L., Rodríguez-rugarcía, P., El-kassis, E. G., Galicia, G., Meza-jiménez, M. de L., Baños-lara, M. D. R., Zaragoza-maldonado, D. S., & Pérez-armendáriz, B. (2022). Traditional Fermented Foods and Beverages from around the World and Their Health Benefits. *Microorganisms* 2022, Vol. 10, Page 1151, 10(6), 1151. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS10061151>

Cullen, C. M., Aneja, K. K., Beyhan, S., Cho, C. E., Woloszynek, S., Convertino, M., McCoy, S. J., Zhang, Y., Anderson, M. Z., Alvarez-Ponce, D., Smirnova, E., Karstens, L., Dorrestein, P. C., Li, H., Sen Gupta, A., Cheung, K., Powers, J. G., Zhao, Z., & Rosen, G. L. (2020). Emerging Priorities for Microbiome Research. *Frontiers in Microbiology*, 11, 491374. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.00136/BIBTEX>

Elechi, J. O. G., Sirianni, R., Conforti, F. L., Cione, E., & Pellegrino, M. (2023). Food System Transformation and Gut Microbiota Transition: Evidence on Advancing Obesity, Cardiovascular Diseases, and Cancers—A Narrative Review. *Foods*, 12(12), 2286. <https://doi.org/10.3390/foods12122286>

Foo, J. L., Ling, H., Lee, Y. S., & Chang, M. W. (2017a). Microbiome engineering: Current applications and its future. *Biotechnology Journal*, 12(3), 1600099. <https://doi.org/10.1002/biot.201600099>

Foo, J. L., Ling, H., Lee, Y. S., & Chang, M. W. (2017b). Microbiome engineering: Current applications and its future. *Biotechnology Journal*, 12(3), 1600099. <https://doi.org/10.1002/BIOT.201600099>

Graham, A. E., & Ledesma-Amaro, R. (2023). The microbial food revolution. *Nature Communications* 2023 14:1, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37891-1>

Ivey, M., Massel, M., & Phister, T. G. (2013). Microbial Interactions in Food Fermentations. *Https://Doi.Org/10.1146/Annurev-Food-022811-101219*, 4(1), 141–162. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-FOOD-022811-101219>

Jahn, L. J., Rekdal, V. M., & Sommer, M. O. A. (2023). Microbial foods for improving human and planetary health. *Cell*, 186(3), 469–478. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2022.12.002>

Jarvis, K. G., Daquigan, N., White, J. R., Morin, P. M., Howard, L. M., Manetas, J. E., Ottesen, A., Ramachandran, P., & Grim, C. J. (2018). Microbiomes associated with foods from plant and animal sources. *Frontiers in Microbiology*, 9(OCT), 398318. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.02540/BIBTEX>

Kaul, S., Choudhary, M., Gupta, S., & Dhar, M. K. (2021). Engineering Host Microbiome for Crop Improvement and Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 12, 635917. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.635917/BIBTEX>

Khan, S., Hauptman, R., & Kelly, L. (2021). Engineering the Microbiome to Prevent Adverse Events: Challenges and Opportunities. *Https://Doi.Org/10.1146/Annurev-Pharmtox-031620-031509*, 61, 159–179. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PHARMTOX-031620-031509>

Knez, E., Kadac-Czapska, K., & Grembecka, M. (2023). Effect of Fermentation on the Nutritional Quality of the Selected

Vegetables and Legumes and Their Health Effects. *Life* 2023, Vol. 13, Page 655, 13(3), 655. <https://doi.org/10.3390/LIFE13030655>

Kumar Verma, D., Thyab Gddoa Al-Sahlany, S., Kareem Niamah, A., Thakur, M., Shah, N., Singh, S., Baranwal, D., Patel, A. R., Lara Utama, G., & Noe Aguilar, C. (2022). Recent trends in microbial flavor Compounds: A review on Chemistry, synthesis mechanism and their application in food. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(3), 1565–1576. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2021.11.010>

Lawson, C. E., Harcombe, W. R., Hatzenpichler, R., Lindemann, S. R., Löffler, F. E., O'Malley, M. A., García Martín, H., Pfleger, B. F., Raskin, L., Venturelli, O. S., Weissbrodt, D. G., Noguera, D. R., & McMahon, K. D. (2019). Common principles and best practices for engineering microbiomes. *Nature Reviews. Microbiology*, 17(12), 725. <https://doi.org/10.1038/S41579-019-0255-9>

Leeuwendaal, N. K., Stanton, C., O'Toole, P. W., & Beresford, T. P. (2022). Fermented Foods, Health and the Gut Microbiome. *Nutrients*, 14(7), 1527. <https://doi.org/10.3390/nu14071527>

Louw, N. L., Lele, K., Ye, R., Edwards, C. B., & Wolfe, B. E. (2023). Microbiome Assembly in Fermented Foods. <https://doi.org/10.1146/Annurev-Micro-032521-041956>, 77, 381–402. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-MICRO-032521-041956>

Mannaa, M., Han, G., Seo, Y. S., & Park, I. (2021). Evolution of Food Fermentation Processes and the Use of Multi-Omics in Deciphering the Roles of the Microbiota. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/FOODS10112861>

McFeeters, R. F. (1988). Effects of Fermentation on the Nutritional Properties of Food. In *Nutritional Evaluation of Food Processing* (pp. 423–446). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-7030-7_16

Morales Moreira, Z. P., Chen, M. Y., Yanez Ortuno, D. L., & Haney, C. H. (2023). Engineering plant microbiomes by integrating eco-evolutionary principles into current strategies. *Current Opinion in Plant Biology*, 71, 102316. <https://doi.org/10.1016/J.PBI.2022.102316>

Olmo, R., Wetzels, S. U., Armanhi, J. S. L., Arruda, P., Berg, G., Cernava, T., Cotter, P. D., Araujo, S. C., de Souza, R. S. C., Ferrocino, I., Frisvad, J. C., Georgalaki, M., Hansen, H. H., Kazou, M., Kiran, G. S., Kostic, T., Krauss-Etschmann, S., Kriaa, A., Lange, L., ... Wagner, M. (2022a). Microbiome Research as an Effective Driver of Success Stories in Agrifood Systems – A Selection of Case Studies. *Frontiers in Microbiology*, 13, 834622. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.834622/BIBTEX>

Olmo, R., Wetzels, S. U., Armanhi, J. S. L., Arruda, P., Berg, G., Cernava, T., Cotter, P. D., Araujo, S. C., de Souza, R. S. C., Ferrocino, I., Frisvad, J. C., Georgalaki, M., Hansen, H. H., Kazou, M., Kiran, G. S., Kostic, T., Krauss-Etschmann, S., Kriaa, A., Lange, L., ... Wagner, M. (2022b). Microbiome Research as an Effective Driver of Success Stories in Agrifood Systems – A Selection of Case Studies. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.834622>

Ramírez Rojas, A. A., Swidah, R., & Schindler, D. (2022). Microorganisms of traditional fermentation processes as synthetic biology chassis to tackle future food challenges. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 982975. <https://doi.org/10.3389/FBIOE.2022.982975/BIBTEX>

Schwartz, M., Canon, F., Feron, G., Neiers, F., & Gamero, A. (2021). Impact of Oral Microbiota on Flavor Perception: From Food Processing to In-Mouth Metabolization. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/FOODS10092006>

Sieuwerds, S., De Bok, F. A. M., Hugenholtz, J., & Van Hylckama Vlieg, J. E. T. (2008). Unraveling microbial interactions in food fermentations: From classical to genomics approaches.

Applied and Environmental Microbiology, 74(16), 4997–5007.
<https://doi.org/10.1128/AEM.00113-08>

Sonnenburg, J. L. (2015). Microbiome Engineering. *Nature* 2015 518:7540, 518(7540), S10–S10.
<https://doi.org/10.1038/518s10a>

Vinderola, G., Cotter, P. D., Freitas, M., Gueimonde, M., Holscher, H. D., Ruas-Madiedo, P., Salminen, S., Swanson, K. S., Sanders, M. E., & Cifelli, C. J. (2023). Fermented foods: a perspective on their role in delivering biotics. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1196239.
<https://doi.org/10.3389/FMICB.2023.1196239/BIBTEX>

Walsh, A. M., Leech, J., Huttenhower, C., Delhomme-Nguyen, H., Crispie, F., Chervaux, C., & Cotter, P. D. (2023). Integrated molecular approaches for fermented food microbiome research. *FEMS Microbiology Reviews*, 47(2).
<https://doi.org/10.1093/FEMSRE/FUAD001>

Xu, Z. S., Ju, T., Yang, X., & Gänzle, M. (2023). A Meta-Analysis of Bacterial Communities in Food Processing Facilities: Driving Forces for Assembly of Core and Accessory Microbiomes across Different Food Commodities. *Microorganisms*, 11(6), 1575.
<https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS11061575/S1>

CHAPTER III

Effects of Using Transglutaminase on Physicochemical, Microbiological and Sensorial Properties of Non-Fat Stirred Yoghurt

Merve AL¹
Firuze ERGİN ZEREN²
Ahmet KÜÇÜKÇETİN³

Introduction

Yoghurt, one of the fermented dairy products, is a widely consumed product due to its proven positive effects on human health (Tavakoli et al., 2019:1). Yoghurt is highly nutritional due to the milk fat, proteins, minerals, and vitamins. However, milk fat can be associated with obesity, high blood pressure, heart diseases, and some cancers Kim et al.,2020:1324). Nevertheless, the decrease in fat content leads to a decrease in water retention capacity, resulting

¹ Doktora öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

² Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

³ Prof., Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

in serum separation and disruption of the stable gel structure (Kim et al., 2020:1325). The textural properties and flavor of low-fat and non-fat yoghurt need to be improved (Zhao et al., 2018). Microbial transglutaminases could be used to change and improve some physicochemical properties of yoghurt (García-Gómez et al., 2018:5479; Tofiq, 2022:170-171). Transglutaminase enzyme (R-glutaminy-peptide:amine γ -glutamyl-transferase, E.C 2.3.2.13) is a transferase that catalyzes the formation of isopeptide bonds by cross-linking of amino acid residues of protein-bound glutamine and lysine. The casein fractions have a protein structure that is non-globular and easily accessible, thus making them suitable substrates for cross-linking (Ilić et al., 2014:13-14). During the fermentation of milk, acid-induced gelation of caseins forms the structure of yoghurt. The enzymatic crosslinking of caseins leads to specific changes in the microstructure of yoghurt, such as a decrease in mesh size and the formation of a more uniform protein network (Tofiq, 2022:170-171). In this study investigated the effect of using transglutaminase at different levels (0.5U/g milk protein, 1U/g milk protein, and 2U/g milk protein) in the production of non-fat stirred yoghurt.

Material and Method

Material

Raw cow's milk used in stirred yoghurt production was purchased from Dairy Processing Unit of the Faculty of Agriculture at Akdeniz University (Antalya, Turkey). Yoghurt starter culture (YO-MIX 883) provided from Türker Industry Technical Machinery and Trade Ltd. Sti. (Istanbul, Turkey). Transglutaminase (ACTIVA MP, Ajinomoto GmbH, Hamburg, Germany) obtained from Technodairy Machinery Energy Production Food Import. Export. Trade. Ltd. Sti. (Bursa, Turkey). Stirred yoghurt production carried out in the laboratories of Akdeniz University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department.

Yogurt Production

Raw cow's milk was skimmed to about 0.1% fat using a cream separator (G140 model, SMS Ltd. Co., Kayseri, Turkey) at 55°C. For the stirred yoghurt production, skim milk powder (Ekso Milk Inc., Antalya, Turkey) was added to the skimmed milk to give final total solid content approximately 15%. The standardized skimmed milk, called yoghurt milk, was heat-treated at 90 °C for 5 minutes and immediately cooled at 42°C. The cooled yoghurt milks were inoculated with 0.04 g/L starter culture and divided into four parts. In the first group as the control group (Control), no transglutaminase enzyme was added to yoghurt milk. In the second, third and fourth groups, transglutaminase enzyme was added to yoghurt milks in amounts of 0.5U/g protein, 1U/g protein, and 2U/g protein, respectively. Then fourth group samples incubated at 42°C until the pH value decreased to 4.6. The obtained yoghurts were rapidly cooled to 20°C and stirred for 30 s using a mechanical mixer (Bosch, Mixxo Quattro MSM 7700, Jesenice, Slovenia). Then stirred yoghurt samples stored for 30 days at 4°C (Figure 1).

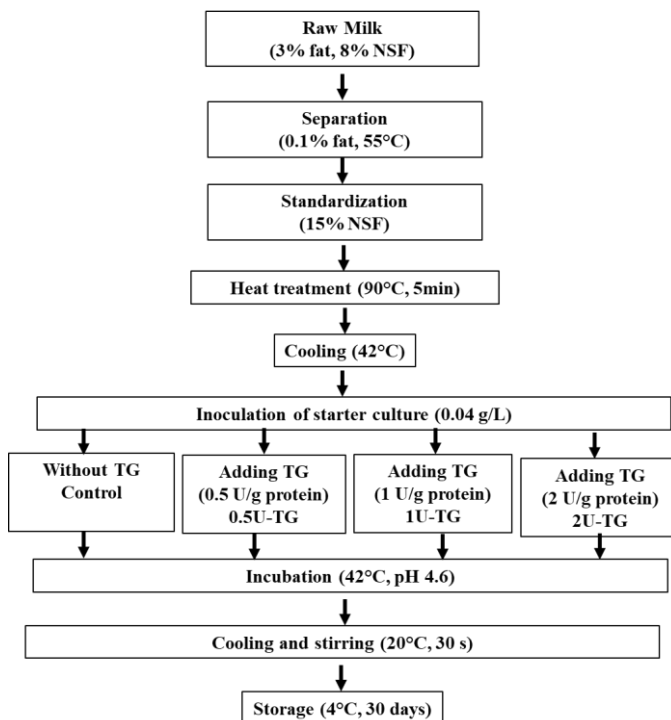


Figure 1. Production of stirred yogurt samples

Methods

Total solids, protein, fat, and ash contents of the raw milk and stirred yoghurt samples were determined according to the Association of Official Analytical Chemist methods by the gravimetric method, Kjeldahl method, Gerber method, and gravimetric method, respectively (AOAC, 2000 a,b,c,d). The percentage of titratable acidity of the stirred yoghurt samples was determined by titration with 0.1 N NaOH (Erkaya et al., 2015:407). Raw milk and stirred yoghurt samples of pH values were performed using a pH meter (Thermo Scientific Orion 2-Star, Bremen, Germany). Serum separation and hardness values of the stirred yoghurt samples were determined by Amatayatkul et al. (2006:42) and Rawson and Marshall (1997:215), respectively. The number and

mean perimeter of grains were measured following the method of Kucukcetin et al. (2009:51), in a day stored stirred yoghurt samples. The rheological parameters of the stirred yoghurts were determined using a Brookfield R/S plus rheometer (Brookfield, Middleboro, MA, USA) according to the method described by K ksoy and Kılıç (2003:836). The microbiological analysis of stirred yoghurt samples was conducted using the pour plate technique. MRS agar (5.2 pH) was used to determine the viable counts of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and the plates were incubated under anaerobic conditions (5% CO₂) at 37 C for 72 h. M17 agar (1% lactose) was used to determine the viable counts of *Streptococcus thermophilus* and the plates were incubated at 37 C for 48 h, aerobically (ISO/IDF, 2003). The sensory properties of the stirred yoghurt on were conducted according to the modified method of Bodyfelt (1988) by a panel of 11 participants (5 females and 6 males from Department of Food Engineering of the Akdeniz University) who were trained on the sensory testing procedure. All stirred yoghurts were presented with a three-digit code. The scale, ranging which ranges from 1 (extremely low) to 15 (extremely high) was used to evaluate the sensory quality. The analyses were repeated in triplicate. The pH, titratable acidity, serum separation, hardness values, rheological, microbiological, and sensorial properties of the stirred yoghurts after 1, 15 and 30 days of storage were conducted. SAS Statistical Software (release for Windows, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was used for the statistical analysis. The results were compared by using analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test.

Result

The mean contents of total solids, protein, and ash in the yoghurt milk were 15.30%, 5.77%, and 1.44%, respectively. The composition of stirred yoghurts is given in Table 1, and there was no significant difference among the stirred yoghurts in term of total solids, fat, protein, and ash contents ($p > 0.05$, data not shown).

Table 1. *The composition of stirred yoghurt samples*

Parameters	Control	0.5U-TG	1U-TG	2U-TG
Total solids (%)	15.59 ± 0.19	15.35 ± 0.22	15.39 ± 0.17	15.54 ± 0.08
Protein (%)	5.67 ± 0.06	5.70 ± 0.10	5.67 ± 0.12	5.65 ± 0.08
Ash (%)	1.46 ± 0.03	1.40 ± 0.07	1.44 ± 0.01	1.43 ± 0.12

The pH and titratable acidity values of the stirred yogurt samples varied from 4.40 to 4.67 and from 0.90% to 1.28%, respectively. Yogurt bacteria convert lactose to lactic acid during the storage period (Picot and Lacroix, 2004:509-510) which causes the pH of the stirred yoghurt samples to decrease and the titratable acidity to increase (Figure 2a-2b).

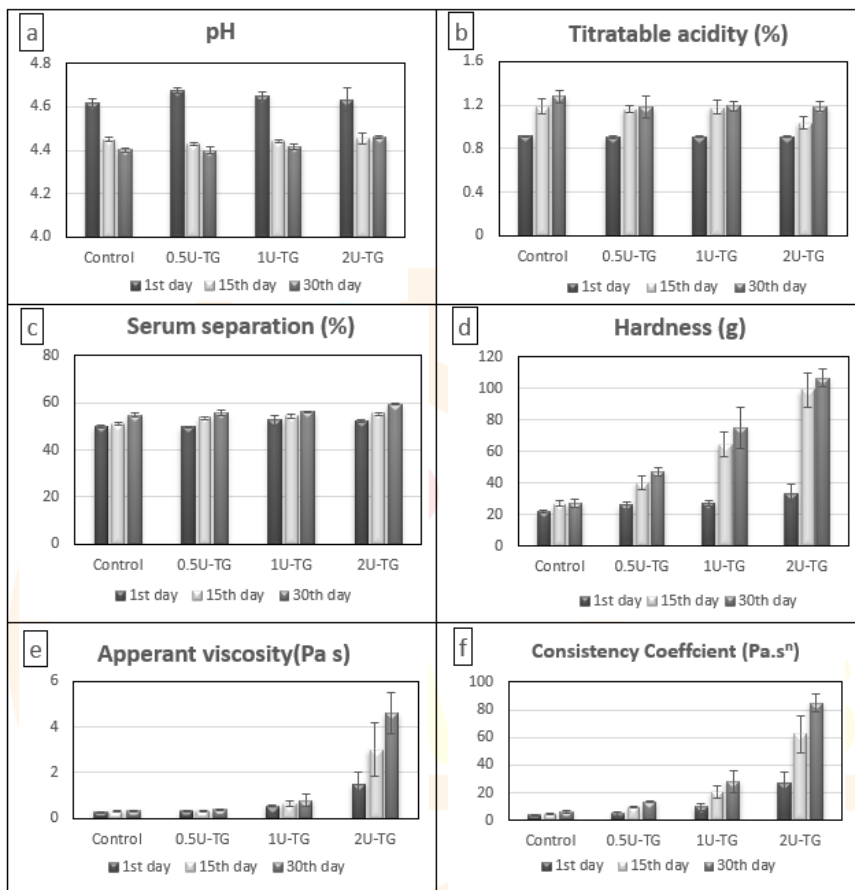


Figure 2. (a) pH values, (b) Titration acidity, (c) serum separation, (d) hardness, (e) apparent viscosity, (f) consistency coefficient values of stirred yoghurts. The bars represent mean values, and the error bars represent standard error of the mean.

As seen in Figure 2c, serum separation values of yogurt samples ranged between 49.75 and 59.25%. The serum separation of the samples was affected by the addition of transglutaminase and by the storage period ($p < 0.001$) (Table 2). When transglutaminase is added to milk, a new protein structure with smaller pores is formed. Water was held in these pores, which reduced the serum separation

of yoghurts (Marhons et al., 2023:1-2). The hardness, apparent viscosity and consistency coefficient values of the stirred yoghurts are given in Figure 2d-2e-2f. These values of stirred yoghurts tend to increase due to the increase in the amount of transglutaminase enzyme used in yoghurt production and the prolongation of storage time (Table 2). Gauche et al. (2009:241-243) also reported that the hardness and rheological parameters of yoghurt samples improved with the use of transglutaminase enzyme that leads to cross-linking of milk protein.

Table 2. *The effect of transglutaminase, and storage time period on the pH, titratable acidity, serum separation, hardness, apparent viscosity, consistency constant values and counts of yoghurt bacteria in stirred yoghurts*

	pH	Titratable acidity (%)	Serum separation (%)	Hardness (g)	Apparent viscosity (Pa s)	Consistency coefficient (Pa sn)	S. thermophilus (cfu/g)	L. delbrueckii subsp. bulgaricus (cfu/g)
Sampl es (S)								
Contr ol	4.49±0.09b	1.10±0.17a	51.78±2.19c	25.26±3.14d	0.32±0.03b	5.07±1.22c	8.38±0.28a	6.94±0.40b
0.5 U-TG	4.50±0.12ba	1.12±0.16a	52.96±2.59b	37.76±9.93c	0.38±0.04b	9.37±3.60c	8.36±0.46a	6.95±0.49b
1 U-TG	4.50±0.11ba	1.07±0.13a	54.73±1.94a	55.52±22.31b	0.65±0.20b	19.42±9.31b	8.24±0.59b	7.05±0.36a
2 U-TG	4.52±0.09a	1.06±0.14a	55.31±2.91a	79.66±33.63a	3.04±1.55a	58.17±25.7a	8.02±0.22c	6.99±0.47ba
Storag e time (ST)								
1st day	4.64±0.04a	0.91±0.01a	51.17±1.76c	27.11±5.24a	0.68±0.55c	11.36±10.27c	8.68±0.32a	7.39±0.13a
15th day	4.45±0.02b	1.14±0.09b	53.45±1.69b	54.51±28.27b	1.09±1.21b	24.49±23.04b	8.31±0.13b	7.13±0.11b
30th day	4.42±0.03c	1.22±0.08c	56.47±1.91a	64.03±30.72c	1.52±1.89a	33.19±31.81a	7.76±0.18c	6.41±0.15c
ANO VA								
S	Ns	Ns	***	***	***	***	***	Ns
ST	***	***	***	***	**	***	***	***
SxST	**	Ns	**	***	***	***	***	***

Values are the means ± standard error (n = 3); different letters for each parameter in a column show significant differences using

Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). NS; non-significant. ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

S. thermophilus and *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* counts in stirred yoghurts determined as 7.52-8.96 log cfu/g and 6.27-7.16 log cfu/g, respectively. Although amount of transglutaminase had a significant effect (Table 2), the difference in *S. thermophilus* count in stirred yoghurts was less than 0.5 log cfu/g. In addition, longer storage time caused a decrease in the survival of yoghurt bacteria.

The content of whey protein and fat in milk, the addition of polysaccharides, the kind of starter culture, mixing of the product after fermentation, and other factors all affect the presence of graininess and roughness in dairy products (Küçükçetin et al., 2011:175-176). In present study, the number and the mean perimeter of grains of the stirred yoghurts varied from 45.75 to 236.00 in 3 g of the sample and from 3.52 to 3.99 mm, respectively (Table 3). The number and the mean perimeter of grains of the stirred yoghurts increase depending on the increase in the amount of transglutaminase enzyme. Similar to our results, Chen et al. (2018:67-69) reported that when casein micelles are treated with transglutaminase, intercross-linking aggregates them to form much larger particles.

Table 3. The number and the mean perimeter of grains of the stirred yoghurts

Samples	Number of grains in 3 g yoghurt	Mean perimeter of grains (mm)
Control	45.75±11.30c	3.54±0.20b
0.5 U-TG	59.00±8.46c	3.52±0.18b
1 U-TG	114.50±17.78b	3.02±0.62ba
2 U-TG	236.00±27.18a	3.99±0.31a

The colour scores of stirred yoghurts ranged between 6.44 and 8.20 during storage period (Table 4). The consistence scores in the stirred yoghurts produced with the transglutaminase enzyme were higher than the control group stirred yoghurts on all storage days. The particle scores in sensory analysis exhibited similar trends to the

values of the number and the mean perimeter of grains of the stirred yoghurts. The highest particle scores were determined in stirred yoghurts produced using milk treated with 2.0 U/g protein transglutaminase. The use of transglutaminase above 0.5 U/g protein in stirred yoghurt production decreased overall liking scores.

Using transglutaminase enzyme above 0.5 U/g protein in the production of yoghurt improved serum separation, hardness values and rheological properties of stirred yoghurts, whereas graininess and sensory properties were negatively affected. The use of 0.5 U/ g protein transglutaminase could be recommended because stirred yoghurts produced using milk treated with 0.5 U/ g protein had good sensory properties.

Table 4. *The sensory properties of stirred yoghurts*

	1st day			
Parameters/Samples	Control	0.5U-TG	1U-TG	2U-TG
Colour	6.44±2.11	6.63±2.27	7.13±1.05	7.38±3.01
Consistence	6.13±1.88	7.25±1.12	7.38±1.22	8.63±3.43
Particle	4.06±1.70	3.94±2.04	9.19±1.06	13.94±0.95
Serum separation	6.50±1.32	6.06±2.10	7.44±1.93	9.69±2.33
Fermented smell	6.50±2.51	6.06±2.10	7.44±2.84	9.69± 3.52
Smell of cheese	5.06±2.47	5.94±2.22	6.56±2.90	7.94±4.10
Taste/consistency	2.75±1.78	3.00±1.85	3.88±2.26	5.44±5.34
Cheese taste	7.69±2.76	7.69±2.16	8.19±3.90	7.63±3.57
Sourness	5.13±3.04	4.06±3.57	6.44±2.03	8.63±3.08
Bitterness	8.00±4.97	6.50±4.31	3.88±3.19	3.81±4.45
Oiliness	4.38±2.59	4.13±2.13	4.75±2.32	5.31±4.30
Overall liking	8.56±4.28	9.06±4.38	7.75±3.83	2.81±3.16
	15th day			
Parameters/Samples	Control	0.5U-TG	1U-TG	2U-TG
Colour	7.19±2.00	7.88±1.83	7.50±1.12	7.44±1.65
Consistence	6.75±1.62	9.06±1.59	10.63±2.18	9.63±3.12
Particle	3.63±2.39	6.13±3.79	10.75±2.99	13.75±1.20
Serum separation	6.25±2.55	7.25±2.28	8.00±1.87	9.81±0.61
Fermented smell	5.44±2.36	8.75±2.73	9.50±1.50	7.19±4.69
Smell of cheese	6.13±2.52	10.13±1.96	11.00±2.74	9.69±4.42
Taste/consistency	8.50±2.73	10.81±2.24	11.25±2.49	6.44±3.33
Cheese taste	4.88±2.42	9.44±1.36	9.50±1.68	12.25±1.71
Sourness	8.69±3.44	12.94±0.88	11.38±1.87	5.38±2.25
Bitterness	5.06±3.47	10.88±2.32	12.13±0.60	9.50±2.84
Oiliness	9.75±2.06	7.88±1.83	7.19±2.26	5.13±3.69
Overall liking	10.19±1.77	9.06±1.59	2.94±0.81	2.06±1.18
	30th day			
Parameters/Samples	Control	0.5U-TG	1U-TG	2U-TG
Colour	8.20±2.93	7.80±2.32	7.40±1.36	7.60±2.65
Consistence	9.10±1.72	9.30±1.94	10.80±2.71	9.80±4.49
Particle	6.60±3.50	8.40±3.01	10.00±3.52	13.80±1.17
Serum separation	8.60±3.98	6.00±2.00	7.40±2.06	7.80±1.47
Fermented smell	10.00±3.03	9.80±2.93	9.80±1.72	10.80±1.94
Smell of cheese	8.80±1.83	10.00±2.28	10.40±3.26	11.80±4.96
Taste/consistency	10.90±2.42	11.30±2.64	10.60±2.94	12.00±4.15
Cheese taste	10.50±2.05	10.10±1.28	9.20±1.96	11.00±4.05
Sourness	13.40±1.02	13.30±0.87	11.60±2.24	10.20±2.71
Bitterness	10.40±2.42	12.40±1.50	12.00±0.63	9.80±3.66
Oiliness	6.70±0.87	7.30±0.75	6.90±2.80	6.20±1.60
Overall liking	4.00±1.67	3.60±1.41	2.90±0.80	3.40±2.58

References

Amatayakul, T., Halmos, A. L., Sherkat, F., & Shah, N. P. (2006). Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 16, 40–51. DOI: 10.1016/j.idairyj.2005.01.004

AOAC. (2000a). Solids (total) in milk, method no. 925.23. In W. Horowitz (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International*, 17th edn. AOAC International, Maryland, USA.

AOAC. (2000b). Protein nitrogen content of milk, method no. 991.22. In W. Horowitz (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International*, 17th edn. AOAC International, Maryland, USA.

AOAC. (2000c). Fat content of raw and pasteurized whole milk, method no. 2000c.18. In W. Horowitz (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International*, 17th edn. AOAC International, Maryland, USA.

AOAC. (2000d). Ash of milk, method no. 945.46. In W. Horowitz (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International*, 17th edn. AOAC International, Maryland, USA.

Bodyfelt, F.W., TOBIAS, J. and TROUT, G.M. 1988. *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Van Nostrand Reinhold, 598 pp, New York, USA.

Chen, L., Li, Y., Han, J., Yuan, D., Lu, Z., & Zhang, L. (2018). Influence of transglutaminase-induced modification of milk protein concentrate (MPC) on yoghurt texture. *International Dairy Journal*, 78, 65-72. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.10.001

Erkaya, T., Başlar, M., Şengül, M., & Ertugay, M. F. (2015). Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 406-412. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2014.08.009

García-Gómez, B., Romero-Rodríguez, Á., Vázquez-Odériz, L., Muñoz-Ferreiro, N., & Vázquez, M. (2018). Physicochemical evaluation of low-fat yoghurt produced with microbial transglutaminase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(14), 5479-5485. DOI: 10.1002/jsfa.9092

Gauche, C., Tomazi, T., Barreto, P., Ogliari, P., & Bordignon-Luiz, M. (2009). Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 239-243. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.05.023

Gharibzahedi, S. M. T., & Chronakis, I. S. (2018). Crosslinking of milk proteins by microbial transglutaminase: Utilization in functional yogurt products. *Food Chemistry*, 245, 620-632. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.138

Iličić, M. D., Milanović, S. D., Carić, M. Đ., Dokić, L. P., & Kanurić, K. G. (2014). Effect of transglutaminase on texture and flow properties of stirred probiotic yoghurt during storage. *Journal of Texture Studies*, 45(1), 13-19. DOI: 10.1111/jtxs.12038

Kim, S. Y., Hyeonbin, O., Lee, P., & Kim, Y.-S. (2020). The quality characteristics, antioxidant activity, and sensory evaluation of reduced-fat yogurt and nonfat yogurt supplemented with basil seed gum as a fat substitute. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1324-1336. DOI: 10.3168/jds.2019-17117

Köksoy, A. and Kılıç, M. 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13 (10): 835-839. DOI: 10.1016/S0958-6946(03)00103-1

Küçükçetin, A. Weidendorfer, K., & Hinrichs, J. (2009). Graininess and roughness of stirred yoghurt as influenced by processing. *International Dairy Journal*, 19(1), 50-55. DOI: 10.1016/j.idairyj.2008.07.006

Küçükçetin, A., Demir, M., Aşci, A., & Comak, E. (2011). Graininess and roughness of stirred yoghurt made with goat's, cow's

or a mixture of goat's and cow's milk. *Small Ruminant Research*, 96(2-3), 173-177. DOI: 10.1016/j.idairyj.2008.07.006

Marhons, Š., Hyršlová, I., Stetsenko, V., Jablonská, E., Veselý, M., Míchová, H., Štětina, J. (2023). Properties of yoghurt treated with microbial transglutaminase and exopolysaccharides. *International Dairy Journal*, 144, 105701. DOI: 10.1016/j.idairyj.2023.105701

ISO/IDF. (2003). Yogurt identification of characteristic microorganisms (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*). Brussels, Belgium: International Dairy Federation.

Picot, A., & Lacroix, C. (2004). Encapsulation of bifidobacteria in whey protein-based microcapsules and survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Dairy Journal*, 14, 505–515. DOI: 10.1016/j.idairyj.2003.10.008

Rawson, H. L., & Marshall, V. M. (1997). Effect of 'ropy' strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yogurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 32(3), 213-220. DOI: 10.1046/j.1365-2621.1997.00395.x

Tavakoli, M., Najafi, M. B. H., & Mohebbi, M. (2019). Effect of the milk fat content and starter culture selection on proteolysis and antioxidant activity of probiotic yogurt. *Heliyon*, 5(2). DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01204.

Tofiq, K. (2022). Physicochemical and Sensory Properties of Buffalo's Milk Yogurt Treated with Microbial Transglutaminase (mTGase) Enzyme. *ProEnvironment Promediu*, 15(50).

Zhao, L., Feng, R., Ren, F., & Mao, X. (2018). Addition of buttermilk improves the flavor and volatile compound profiles of low-fat yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 98:917. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.08.029

Ziarno, M., & Zaręba, D. (2020). The effect of the addition of microbial transglutaminase before the fermentation process on the quality characteristics of three types of yogurt. *Food Science and Biotechnology*, 29(1), 109-119. DOI:10.1007/s10068-019-00640-6

CHAPTER IV

Giresun Yöresinde Bitki Biyoçeşitliliğine Bağlı Beslenme Kültürünün Geleneksel Bilgideki Yeri

Cavidan DEMİR GÖKİŞİK¹

Giriş

Biyolojik çeşitliliğe dayalı geleneksel kullanımlar; biyolojik çeşitliliği oluşturan unsurların, insanların herhangi bir ihtiyacının karşılanmasına yönelik kullanımlarını içermektedir. Geleneksel kullanımlar genel olarak topluluk içinde geliştirilen, devam ettirilen ve nesilden nesile aktarılan tüm bilgi, ustalık, beceri ve uygulamaları kapsamaktadır (Baytop, 1999). Yabani bitkiler ile beslenme ve tedavi şekilleri insanlığın varoluşuyla başlar. Bu bitkiler, Tanrı'nın insana verdiği en değerli armağandır.(Kendir ve Güvenç, 2010: 49). İnsanlık tarihi boyunca deneme yanılma yoluyla geleneksel kullanım şekilleri oluşturulmuştur.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Doğu Karadeniz Bölgesinin sebze ve ot ağırlıklı mutfak kültürü ile meşhur ili Giresun, coğrafik yapısı ve iklim özellikleri ile doğal bitki çeşitliliği çok zengin bir ilimizdir. Denize paralel dağları, akarsuları, bol yağışlı ve nemli iklimi ile her mevsim yeşil olmasını sağlamaktadır. Bütün bu özellikler, Bölge'nin biyoçeşitliliğine büyük katkı sağlamakta ve bitki türü olarak zenginlik katmaktadır. Giresun ilinde mutfak kültürü genel olarak sebze ağırlıklıdır. Sebzelerin çoğunu yörede yetişen yabancı bitkiler ve mantarlar oluşturur. Mevsimi boyunca doğadan toplanıp taze olarak tüketilirken, kurutma, tuzlama, turşu şeklinde ve dondurucuda saklanarak kış mevsimi boyunca tüketilmeye devam edilir. Yöre halkının uzun ve sağlıklı yaşama sırları, beslenme kültürleri ve geleneksel bilgide saklıdır. Nesilden nesile aktarılan bilgiler ile yöre halkı biyoçeşitliliğe ve kendi ürettikleri ile sağlıklı beslenme ihtiyaçlarını karşılama yeteneğine sahiptir. Yabancı bitkiler besin ve sağlık amaçlı tüketiminin yanında, köyde yaşayan halk için ekonomik gelir de sağlamaktadır. Yöre halkı doğadan topladığı yabancı sebzeleri halk pazarlarında taze, kurutulmuş ve turşu şeklinde satışa sunarak maddi gelir sağlamaktadır. Giresun'da yabancı bitkiler özellikle ilkbahar aylarında, karların erimesi ile ortaya çıkmaya başlar. Mart ayı ile beraber, yabancı bitkiler halk pazarlarında görünmeye başlar. Önce sakarca, ısırgan, kaldirik, mendek, melocan ve mantarlar ilkbahar, yaz ve sonbahar boyunca doğal ortamında yetişir. Bu bitkiler haşlanıp dondurucuya konularak, kurutularak ve turşusu yapılarak kışın da tüketilmektedir. Günümüzde bu durum, hızlı kentleşme ve gıda sanayisinin gelişmesi köyde yaşam şeklini ve beslenme kültürünü de değiştirmiştir. 25-30 yıl önce, köyden kente getirilen besinler, bugün kentten köye getirilerek beslenmeye çalışılmaktadır. Yenilebilen ve içilebilen her bir yabancı bitkinin yeri, zamanı ve farklı şekillerde tüketimi olup, bu bilgiler kentleşme ve modernleşmeye bağlı olarak unutulmak üzeredir.

Giresun ili, doğal bitki çeşitliliği bakımından oldukça zengindir. Dağların Karadeniz'e bakan, kuzey kesimleri ile güneye bakan kesimleri arasında bitki çeşitliliği ve tür olarak farklılıklar oluşur. Hem kültür hem de doğal çeşitlilik olarak, Giresun kültürü

daha çok dağların Karadeniz'e bakan kesimlerini kapsar. Bitki örtüsü sahilden dağlara doğru, artarak ya da azalarak devam eder. Giresun'da doğal bitkilere; fındık bahçelerinde, orman altlarında, dere kenarlarında, yaylalarda her yerde rastlanır. Aynı doğal bitkiler ilkbaharın ilk aylarında sahilde, yaz aylarında 2000 metreye kadar olan orman altlarında ve yaylalarda yetişir. Kış hariç her mevsim taze olarak doğal bitki yetişir. 25- 30 yıl öncesinde, hayvancılık ve yaylacılık kültürü yaygın olduğu zamanlarda doğal bitkiler yaylalardan toplanarak kurutulur veya turşusu yapılarak kışın tüketilirdi. Bugün yaylacılık kültürü çok az olduğu için yaylalar da yetişen doğal bitkiler, orman köylüleri hariç, çok az tüketilebilmektedir. Tüketilen doğal bitkiler daha çok denize yakın yerleşim yerlerinden toplanılmaktadır. Giresun ilinin % 25'i tarım arazisi geri kalan % 75 arazi çayır, mera, ormanlık ve tarım dışı araziden oluşmaktadır (Bekdemir, 2015). Yabani bitkiler ve mantarlar tarım yapılan ve yapılmayan arazinin tümünde yetişir. Genellikle fındık bahçelerini altında bol miktarda bitki ve mantar yetişir. Ancak son yıllarda, tarım ilaçları yüzünden fındık bahçeleri altındaki bitki ve mantarlar yok olmaya başlamıştır.

Dünyanın her yerinde olduğu gibi ülkemizde de doğal bitkiler ile beslenme daha güvenilir ve daha sağlıklı olduğu bilinmektedir. Sebze olarak tüketilen yabani bitkilerin besin içerikleri birçok kültür bitkisine oranla yüksek olması yabani bitkilere olan talebin artırmasını sağlamıştır (Lyimo vd., 2003; Civelek, 2011; Kibar ve Temel, 2015). Ülkemizde doğadan toplanarak tüketilen yabani otların sebze, çay, baharat ve hatta geleneksel olarak tedavi amaçlı olarak kullanılması her bölgede yaygın olup, bu bitkilerin mevsimine göre yöre halkı tarafından pazarlarda satılmasını sağlamaktadır (Baytop, 1999). Yenilebilen ve içilebilen yabani otlar ile ilgili geleneksel bilgilerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için, her yörede bilgiler kayıt altına alınmaktadır. 2020-2021 yıllarını kapsayan çalışma ile Giresun İlının Biolojik Çeşitliliğe Dayalı Geleneksel Bilginin Kayıt Altına Alınması projesi ile unutulmaya yüz tutmuş birçok yabani bitki kullanımı ve geleneksel bilgi kayıt altına alınmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, son yıllarda

yenilebilir yabancı bitkilerin özellikle Türk mutfak uygulamalarında kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Türkiye'de yabancı bitkilerin özellikle kırsal kesimde yaşayan insanlar tarafından gıda olarak tercih edildiği bilinmektedir (Ertuğ, 2014; Tan vd., 2017).

Gıda olarak en ucuz ve en sağlıklı kaynak doğal bitkiler olup; savaş, salgın ve doğal felaket zamanlarında geçmişte olduğu gibi gelecekte de açlığa tek çare olacağı için korunması zorunludur. Dünyada insanoğlunun varoluşunda yabancı otlar vardı, yabancı ot denilen bitkiler insanlık tarihi ile birlikte var olmuş, insanın ve hayvanın tüketimine sunulmuş ilahi besinlerdir. Kültürel bitkilerden önce yenilebilir yabancı bitkiler besin kaynağı olmuştur. Günümüzde de işlem görmemiş zararsız ve sağlığa faydalı olan besinler doğanın bize sunduğu mevsiminde yenilmesi gereken bitkilerdir. Yabancı bitkilerin, biyoaktif özellikleri ve besinsel içerikleri nedeniyle insan sağlığında önemli rol oynadıkları bilinmektedir (Huang vd., 2010). Besin olarak tüketilebilen yabancı bitkilerin fonksiyonel özellikleri ve besin bileşenlerinin, kültür bitkilerinden fazla olması ve sağlığa faydalarının önemi 1960' lardan beri bilimsel olarak çalışılmakta ve bilinmektedir. Avrupalı ve Amerikalılarda olan kronik hastalıkların Afrikalılarda görülmemesi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda anlaşılmıştır ki Avrupalıların daha çok market ürünleri ve hazır gıda ile protein ağırlıklı, Afrikalıların ise doğal otlar ile beslenmesi kronik hastalıkların bulunma oranında büyük rol oynadığı anlaşılmıştır. Bundan sonra hastalıkların tedavisinden çok hasta olmamak için sağlıklı besinler konusunda bilimsel çalışmalar hız kazanmıştır. Günümüzde besin olmanın yanında sağlığa faydası olan yenilebilir ve içilebilir gıdalara fonksiyonel gıdalar denilmiştir. Fonksiyonel gıda terimi ilk olarak 1984 yılında Japonya da tanımlanmış ve 1986 yılında Japonya da Fonksiyonel Gıda Komitesi kurulmuş ve fonksiyonel gıdalar ile ilgili her şeyi FOSHU (Food for Specific Health Use) başlığı altında açıklamıştır. Japonya'da üretimi ve satışı yapılan ilk fonksiyonel gıda, lifli gıdalar ve lifli içecekler olmuştur. Lifli gıdalar mide- bağırsak düzenleyicisi olarak üretilmiştir (Ferry, 1997; Sheey ve Morrissey, 1998). Bundan sonra tüm dünyada fonksiyonel gıdalara ilgi artmıştır. Ülkeler kendi yönetmeliklerini

yapmışlardır. Bizim ülkemizde henüz fonksiyonel gıdalar ile ilgili tam bir düzenleme yoktur. Ancak fonksiyonel gıda olarak birçok ürün marketlerde (probiyotik, diyet lifli, prebiyotik, vitaminli, mineralli) satışa sunulmaktadır.

Yabani bitkiler üzerinde yapılan bilimsel araştırmalar ile bu bitkilerin sağlığa faydaları bilindikçe besin bileşenleri merak edilmekte ve son yıllarda yabani bitkiler bilimsel olarak çokça çalışma konusu olmaktadır. Kültür bitkilerine sağlığa zararları bakımından şüphe ile bakılması, genetiğinin değiştirilmesi ve pestisit kalıntıları gibi, yabani bitki tüketiminde talep artmasını sağlamıştır. İnsanoğlu sağlıklı ve uzun yaşama çarelerini, eski çağlarda olduğu gibi, doğal insan eli değmemiş bitkilerde aramaktadır. Özellikle pandemi sonrası yabani bitkilere talep çok fazla artmıştır. Araştırmamıza konu olan yabani sebzeler: Melocan (*Smilax excelsa* L.), Kaldirik (*Trachystemon orientalis* L.), Sakarca (*Ornithogalum umbellatum*), Mendek (*Aegopodium podagraria* L.), Isırgan (*Urtica dioica*) ve yabani mantarlar, Giresun yöre halkının hem besin hem de sağlığa faydaları için en çok tükettiği yabani sebzelerdir. Bu yabani sebzeler, yöre halkı arasında geleneksel bilgiye dayalı, hastalıklarda halk ilacı olarak kullanılmaktadır. Bu araştırmada, Giresun ve ilçelerinde, köyde doğup büyümüş ve halen yaşayan 70 yaş ve üstü, geleneksel bilgide doğal tedavi uygulamalarını bilen 36 kişi ile görüşmeler sonucunda, unutulmuş geleneksel bilgiler kayıt altına alınmıştır. Bu bitkiler, Giresun yöresinde kullanıldığı gibi, Dünyanın birçok yöresinde tarih boyunca halk sağlığında kullanılmış, bugün ise eczacılıkta kullanılan çok değerli bitkilerdir. Bu çalışmanın amacı, yörenin biyoçeşitliliğine bağlı yaygın olan yenilebilir bitki ve mantarların tüketim şekilleri ve geleneksel bilgide şifa amaçlı kullanımlarını kayıt altına almaktır. Bir diğer önemli amaç, savaş ve pandemi gibi gıda kıtlığı zamanlarında beslenmeyi ve sağlıklı olmayı sürdürebilmek için bu bilgileri gelecek nesillere aktarmaktır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Giresun yöresinde doğal olarak yetişen ve yöre halkı tarafından gıda olarak en çok tüketilen; kaldirik, ısırgan, sakarca, melocan, mendek ve mantarlar olarak belirlenmiştir. Bu ürünlerin kullanım sıklığı doğada bulunma sıklığına da bağlı olmuştur.

Yöntem olarak Giresun merkez ve ilçelerine bağlı 66 köyde 70 yaş ve üstünde olan 200 ü aşkın kişi ile görüşmeler yapılarak bilgiler kayıt edilmiştir. Bu görüşmeler sonucunda geleneksel bilgiye sahip, şifacı olarak bilinen 36 kişi kaynak olarak seçilmiştir. Diğer kişiler daha çok gıda ve sağlıklı olduğu için tükettiğini ifade etmiştir. Bu bitkilerin ve mantarların şifa amaçlı kullanımında ortak olan bilgi bağırsak hastalıkları ve kanserine iyi geldiği bilgisine dayalı olarak diyet lifi miktarları da belirlenmiştir. Giresun yöresinde yetişen ve yöre halkı tarafından en çok tüketilen bitkilerden ilk sırada kaldirik gelmektedir.

Bilimsel adı: *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don

Yöresel adı: Kaldirik

Karadeniz Bölgesinin tamamında yetişen *Trachystemon orientalis* (*T. orientalis*) endemik bir bitki değildir. Doğu Bulgaristan ve Batı Kafkasya'da dağılım göstermektedir (Baytop, 1999). Kaldirik 40-60 cm uzunluğunda, rizomlu kök yapısına sahip, tüylü geniş yaprakları, mavi-mor renkli çiçekli, rizomlu kök yapıları ile çoğalan çok yıllık otsu bir bitkidir (Akçin ve ark., 2004). İnsanlarda idrar artırıcı, kan temizleyici, ateş düşürücü etkilere sahiptir. *T. orientalis* tanen, uçucu yağ, nitrat tuzları, müsilaj, saponin ve rezin taşımaktadır (Köse vd., 2010) *T. orientalis* bitkisinin potasyum, fosfor, sodyum, kalsiyum, magnezyum element içeriğinin zengin ve yüksek olarak bulmuşlardır. Mineral tuzları bakımından zengin olan bitki diyetlere çok uygundur. Yöre halkı tarafından kabızlık giderici, kan temizleyici, idrar söktürücü, mide-bağırsak yumuşatıcı ve ter söktürücü, mide ve bağırsak gazı giderici olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1999; Ceylan ve Yücel, 2015).

Savaşlarda askerlere cesaret verici olarak yedirilmiştir (Yeşilada vd., 1999).

Karadeniz illerindeki farklı orman ağaçları altında, genellikle su kenarları ve kuzeye bakan nemli kuytularda doğal olarak yetişmektedir. *T. orientalis*, yörede çoğunlukla Kaldirik olarak bilinir ancak, galdirik, hodan otu gibi farklı adları da bilinmektedir. Giresun yöresinde fındık bahçeleri, kestane ormanları ve geniş yapraklı ağaçların altında, deniz kenarından yaylalara kadar sulak ve gölgelik her yerde yetişir. Birçok yararları olan Kaldirik bitkisinden çok çeşitli tariflerde yemeği yapılmaktadır. İçeriğinde yüksek miktarda mineral tuzları olduğundan tuzsuz perhiz yapanlar için, karbonhidrat ve yağ oranı çok düşük olduğu için zayıflama diyetlerinde ve diyabet hastalarının menüsünde olması gereken sağlıklı bir besindir. Giresun yöresinde Şubat sonu çiçek sapsları görünmeye başlar. Mart ayında çiçekli sapsları, Nisan ve Mayıs aylarında ise uzun sapslı yaprakları çıkar.

Yöresel besin olarak tüketimi: Giresun yöresinde en çok yetişen ve yöre halkı tarafından en sık tüketilen yabani bitkidir. Karadeniz yöresinde sebze ve ilaç olarak tüketilmektedir. Mor ve uzun yaprak sapsı ve çiçeği ile birlikte çiçek sapsları kullanılır. Toprak üstü kısımları, kökü çıkarmadan toprak mesafesinden elle koparılarak çıkarılır, yaprakları koparılıp atılır, kalan sapslar temizlenir, doğranır, haşlanır, süzölür, kalan suyu elle sıkıldıktan sonra kullanılır. Çeşitli pişirme şekilleri vardır; en sık tercih edilen pişirme yöntemleri soğanlı veya yumurtalı, tereyağı ile kavurmasıdır. Kaldirik sert tüylü bir yapıya sahip olduğu için çiğ olarak tüketilemez, haşlanarak tüketilir. Yaprakları tüylü ve batıcı olduğu için kullanımı çok tercih edilmez. Mevsimi çabuk geçtiği için en çok turşusu yapılarak uzun süre tüketimi sağlanır. Yörede besin olarak en çok tüketim şekli turşusudur, soğanla kavrularak tüketilir. Yumurtalı kaygana yapılarak da sevilerek kahvaltı ve öğünlerde yenir. Kışlık için haşlanıp kurutulur, tüketim için tekrar haşlanır ve kavrularak yenilir.

Geleneksel bilgede sağlık amaçlı kullanımı: Yöre halkının geleneksel bilgisi olarak en çok mide- bağırsak sağlığını ve mide bağırsak kanserini önlemek için veya bağırsak kanser hastalığında tedavi amaçlı tüketilir. Ödem giderici, idrar söktürücü, balgam söktürücü, yara iyileştirici, uykusuzluk ve stres giderici, sakinleştirici, kan temizleyici, bağırsak çalıştırıcı olarak birçok sağlığa faydaları bilinmektedir. Özellikle ilk çıkan çiçekli saplar çiçeği ile birlikte genel sağlık amaçlı ve kanser önleyici olarak tüketilmektedir. Yaprak sapsarı ise daha çok şeker hastalığında şeker düşürücü ve mide-bağırsak rahatsızlıklarında rahatlatıcı olarak tüketilen şifalı bir bitkidir.

Yan etkisi: Kaldirik bitkisinin yöre halkı tarafından bilinen herhangi bir yan etkisi yoktur. Tüketimi sınırlı değildir.

Bilimsel adı: *Ornithogalum umbellatum* L.

Yöresel adı: Sakarca

Giresun yöresinde yetişen ve yöre halkı tarafından en çok tüketilen bitkilerden bir diğeri *Ornithogalum umbellatum* (*O. umbellatum*)' dur. *O. umbellatum*, soğan köklü, uzun ince yapraklı, gövde üzerinde tek beyaz çiçekli ve çok yıllık bir bitkidir. Çiçekler gövdenin ucunda olup 8-20 adedi bir arada bulunmaktadır. *O. umbellatum* Avrasya, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'nun kır çiçeğidir. Park ve bahçeleri süsleyen, bakımı kolay, yayılımcı süs bitkisi olarak yetiştirilir. İlkbahar mevsiminde, 6 yapraklı beyaz çiçekler açar. Karadeniz'de karların erimesi ile çiçekler gözükmeye başlar. En çok çiçekli zamanda tüketilir. -20 dereceye kadar dayanıklıdır. Tek tek çiçekler kısa ömürlü olabilir, ancak birkaç hafta boyunca çiçek açar. Çiçekleri Haziran ve Temmuz aylarında siyah tohumlar içeren üç loblu kapsüller takip eder (Baytop, 1999; Heves, 2008). Giresun yöresinde Sakarca adı ile bilinen bitkinin, Akyıldız, çiğdem, tükürükotu, çim zambağı gibi farklı isimler ile bilinir. Nemli ve güneşli alanlarda yetişir. Fındık bahçelerinin altında, mısır tarlalarında, orman kenarlarında yaygın olarak gelişir. Zambakgiller ailesinden olan *O. umbellatum* genel olarak soğuğa dayanıklıdır. Dünyanın pek çok yerinde yaygındır ve süs bitkisi olarak kullanılır,

baharın gelişinin habercisidir. Soğanlı kökleri ile çok çabuk yayılım gösteren *O. umbellatum*, Karadeniz Bölgesinde’de bir ile ait bir ot değildir. Gıda olarak tüketimi Karadeniz Bölgesi halkı arasında yaygın, özellikle Giresun ve Ordu illerinde çok yaygın olan bir bitkidir (Yılmaz vd., 2004).

Sakarcanın birçok türü bulunmaktadır. Yöre halkı geleneksel olarak yenilebilen türü tanımaktadır. Bazı türleri zehirleyici olduğu için kullanmadan önce mutlaka bir bilenden yardım alınmalıdır. Temas halinde bazı hassas insanlarda dermatite neden olabilir. Soğanı çiğ olarak zehirlidir, pişirilerek tüketilebilir. Soğanından homeopatik ilacı elde edilir. Bazı kanser türlerinin tedavisinde yararlıdır. Homeopati: Bir hastalığın, hastalık belirtilerini sağlam bir insanda ortaya çıkarabilecek maddelerin çok düşük dozlarda hastaya verilmesiyle tedavi edilebileceği inancına dayanan bir alternatif tıp yöntemidir. Sakarca otunun çiçek tomurcukları ve yapraklarından elde edilen ekstraktların antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır (Plancic vd., 2015).

Yöresel besin olarak tüketimi: Bitki bütün olarak (soğan, yaprak ve çiçek) toplanır, temizlenir, yıkanır haşlandıktan sonra süzülür, suyu iyice sıkılır, bütün ya da doğranarak soğanla kavru olarak veya yumurta ve mısır unu ile börek gibi kızartması (kaygana) yapılır. Kahvaltı ve öğünlerde yenir. Yöre halkı arasında geleneksel olarak şifa amaçlı, yılda en az bir kez yenmesi gerektiğine inanılır. Bir porsiyondan fazla tüketilmemelidir. Fazla tüketimi yan etkisi olabilir.

Geleneksel bilgide sağlık amaçlı kullanımı: Yılda en az bir kez şifa amaçlı tüketilmesi gerektiğine inanılır. Bağışıklık sistemini güçlendirici ve kanser önleyici olarak bilinir. Zehirlenmelerde kusturucu olarak soğan kökleri çiğ olarak tüketilir. Sivilce ve iltihablı yaraların tedavisinde çiğ olarak yara üzerine sürülerek veya sarılarak kullanılır.

Yan etkisi: Sakarca bitkisi çiğ olarak tüketilemez, mutlaka haşlanarak tüketilmelidir. Günde bir porsiyondan fazlası rahatsızlık yapabilir. Çiğ olarak zehirlenme gibi kusma belirtileri yapar.

Zehirlenmelere neden olduğu için bir adı da çökelce otudur. Deri ile fazla temas halinde alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Bitkinin pişmiş fazla tüketilmemelidir. Azı faydalı, fazlası zehirleyici olabilir. Sakarcanın birçok türü bulunmaktadır. Yöre halkı geleneksel olarak yenilebilen türü tanımaktadır. Bazı türleri zehirleyici olduğu için kullanmadan önce mutlaka bir bilenden yardım alınmalıdır. Temas halinde bazı hassas insanlarda dermatite neden olabilir. Soğanı çiğ olarak zehirlidir, pişirilerek tüketilebilir. Sakarca bitkisinin birçok türü vardır. Bazı türleri toksik etki yapar, zehirlidir. Yöre halkı yenebilen türünün tanımaktadır. Sakarca bitkisi mutlaka bilen kişi tarafından toplanmalıdır.

Bilimsel adı: *Smilax excelsa* L.

Yöresel adı: Melocan, diken ucu

Smilacaceae (Dikenucugiller) familyasından olan Melocanın şimdiye kadar bilinen 350 kadar türü vardır. Bu türlerin 24 tanesi Hindistan, 29 tanesi Amerika, 76 sı Çin kökenli türlerdir. Türkiye’de *Smilax* cinsi *Smilax excelsa* (*S. excelsa*) ve *S. aspera* olarak iki tür görülür. *S. excelsa* Türkiye’de Kuzey Anadolu’da daha çok Karadeniz Bölgesi’nde yayılımcı olarak yetişir (Tanker vd., 1998). Melocan (*Smilax excelsa* L.), kimyasal ilaçların olmadığı eski zamanlarda geleneksel halk ilacı olarak kullanılmıştır. Günümüzde de bilen kişiler tarafından tedavi edici olarak kullanımı mevcuttur. Melocan bitkisi üzerinde yapılan bilimsel çalışmalar antimikrobiyal, antioksidan, antitümör, antikanserijen ve antiviral özellikleri olduğunu göstermiştir. Türkiye’de, genel olarak Karadeniz Bölgesi’nde yetişir, genç sürgünleri ve sürgün yaprakları gıda olarak tüketilmektedir. Kökleri ve genç meyveleri kanser tedavisinde, genç filizleri sindirim sistemi hastalıklarında kullanılır. *S. excelsa* köklerinde saponozit türleri içerdiğinden kökleri eczacılıkta kullanılır (Tanker vd., 1998).

Giresun yöresinde genelde kullanılan adı melocan olup; kırçan, diken ucu, öz diken, gıcır gibi yöresel adları da mevcuttur. Smilacaceae (Dikenucugiller) familyasından olan melocan, çok yıllık, odunsu, 15-20 metre tırmanıcı olarak uzuyabilen, vücut kısmı

göl gibi dikenli, genelde orman altlarında yetişerek ağaçlara sarmaşık gibi sarılarak büyür. Sarılacak bir ağaç yoksa düz şekilde büyüeyebilen, yayılımcı bir bitkidir (Baytop, 1984). Geleneksel tıpta kanser tedavisi, mide ağrısında kullanılır. Yörede bitkinin yenilebilen kısmı genç sürgünleridir. Haşlanıp, çeşitli şekillerde kavrularak yenir. Halk arasında terletici, kanı temizleyen, kanser tedavisinde, cilt hastalıklarında ve frengide kullanılır (Yeşilada vd., 1999). Özbucak vd., 2007). Daha önce yapılan bilimsel çalışmalar, Smilax cinsi bitkinin kök, meyve, sap ve yapraklarından elde edilen ekstraktların kanser tedavisinde, yaşlanma karşıtı ve yara iyileştirici olarak etkili olduğunu göstermiştir (Özsoy, 2008). Melocanın Çin’de yetişen türünün (*Smilax china*) deri hastalıkları (ekzama), çeşitli kanser türleri (özellikle cilt kanseri), ülser, bağırsak hastalıkları, dizanteri, idrar yolu enfeksiyonu ve frengi tedavisinde etkili olduğu bildirilmiştir (Shao vd., 2007; Shu vd., 2006; Khan vd., 2009). Ülkemizde Karadeniz Bölgesinde yetişen melocan halk arasında frengi tedavisinde, kanser tedavisinde, hormonal düzensizlikte, zehirlenmelerde, sıtma ateşinde, mide ve bağırsak hastalıklarında kullanılmaktadır ((Baytop, 1984; Yeşilada vd., 1999).

Yöresel besin olarak tüketimi: Melocan bitkisinin genç ve taze sürgünleri sebze olarak, kökleri ve yaprakları çay olarak kullanılır. Meyveleri taze iken yenilebilir. Genç sürgünler yağrağı ile beraber toplanır, haşlanır, doğranır, soğanla kavrularak veya yumurta ile tavası yapılarak yenilir. Kökleri kurutulur. Öğütölür ve kaynar su ile 15-20 dk demlenerek içilir. Yaprakları toplanır, yaş ve yeşil olarak (her daim yeşildir) kaynar su ile demlenerek çayı içilir.

Geleneksel bilgide sağlık amaçlı kullanımı: Frengi gibi cinsel hastalıklarda köklerinden yapılan çayı içilir. Genç sürgünleri ateşli hastalıklarda terleyerek ateşi düşürmek için, mide-bağırsak hastalıklarında özellikle kabızlıkta, hastalık durumunda iyileşmek için, kan yağlarını düşürmek için, cilt hastalıklarında cilde sürölür, kökünden çay yapılarak böbrek hastalıklarında ve saç dökölmesinde içilir. Çiğ olarak kanı temizlemek için tüketilir. Bağırsıklık sistemini güçlendirir.

Yan etkisi: Yöre halkı tarafından bitkinin bilinen bir yan etkisi yoktur, kullanımı sınırsızdır.

Bilimsel adı: *Aegopodium podagraria* L.

Yöresel adı: Mendek, hoşgıran

Maydanozgiller (Umbelliferae) familyasından olan *Aegopodium podagraria* (*A. podagraria*) sulak, nemli ve gölgelik olan hemen her yerde yetişmektedir. Üçlü yaprakları keçi ayağına benzediği için ya da sağlığa faydaları çok olduğu için bazı yörelerde keçi ayağı denir. (Anonim, 2016). *A. podagraria* çok yıllık ve otsu formda bir bitkidir. Endemik değildir; Japonya, Rusya, Kazakistan, Kırgızistan, Türkiye, Avrupa ülkeleri gibi geniş bir yayılımı vardır. Gut ve eklem rahatsızlıklarında kullanılmaktadır. Gut ve artrite karşı yapraklar kaynatılarak harici olarak uygulanır (Duke vd., 2002). Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'da doğal olarak yetişen bitki gut otu olarak bilinir. Bu ülkelerde halk hekimliğinde yaprakları gut hastalığında, böbreklerde ve mesanede iltihaplanma durumlarını tedavi etmek ve yara iyileşmesini kolaylaştırmak için kullanılmıştır. Gut otundan (mendek) elde edilen preparatlar, anti-inflamatuar ve antimikrobiyal özelliklere sahiptir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, gut otunun ve tip 2 diyabet dahil metabolik hastalıkların tedavisinde gut otundan tentür ve ekstraktların kullanılma imkanlarını göstermiştir (Jakubczyk vd., 2019). Yöresel olarak halk arasında yaprakların diüretik ve sakinleştirici ve müshil etkisi olduğu bilinir. Bitkinin tamamı antiromatizmal ve yara iyileştiricidir. Harici olarak yanık, böcek sokması, yaralar ve ağrılı eklemlere uygulanır. Yaprakları ıspanak gibi tüketilebilir. Gut ve artrit gibi diğer romatizmal hastalıklar ve bazı bağırsak bozuklukları için tıbbi olarak kullanılmıştır. Giresun yöresinde, daha çok hoşgıran ve mendek adı ile bilinen bitkiye başka bölgelerde keçi ayağı da denmektedir. Giresun yöresi bol yağışlı ve nemli iklim özelliklerine sahip olduğu için hemen her yerde her mevsim yetişir. Yetiştirdiği bölgelerde, Antik dönemde ve Orta Çağ boyunca ıspanağın kullanıldığı kadar bir bahar yaprağı sebzesi olarak kullanılmıştır. Çorba için yaygın olarak kullanılır. En iyi görüldüğü zamandan (İngiltere'de Şubat ayı

başından itibaren) çiçeklenmeden hemen önce (Mayıs'tan Haziran'a) yaprakları toplanır. Bu noktadan sonra toplanırsa, keskin bir tad alır ve müshil etkisi vardır (Elder, 2011). Bitkinin gut ve artriti tedavi etmek, hem yaprakları hem de kökleri birlikte kaynatıldıktan sonra harici olarak sıcak sargı olarak hastalıklı bölgeye uygulanır. Yaprakları sebze olarak yenildiğinde idrar söktürücü bir etkiye sahiptir ve hafif bir sakinleştirici görevi görür. Tıbbi bir bitki olarak kullanımı modern çağda büyük ölçüde azalmıştır. Bitkinin Büyük Britanya'ya Romalılar tarafından bir gıda bitkisi olarak ve Kuzey Avrupa'ya rahipler tarafından tıbbi bir bitki olarak getirildiği söylenmektedir. Kullanımı Hildegard von Bingen tarafından Physica'da olduğu gibi manastır yazıları arasında bulunmuştur (Ageev ve ark.,2010). Manastır yazılarında gut ve birçok hastalığı tedavi ettiği yazılı olduğu için Avrupa'da yaygın olarak piskoposun gut otu, piskopos otu, yaşlı otu, gut otu, dağ karı (Broda, 1996; Rutkowski, 2006; Sircelj, 2013; Chirumbolo, 2015) isimleri ile bilinmektedir.

Yöresel besin olarak tüketimi: Bitkinin kullanılan kısımları özellikle genç yapraklarıdır, yaprak eskidikçe acı ve keskin bir tat alır. İlkbaharda genç yapraklar kısa bir yaprak sapı ile beraber toplanır, yöresel meşhur mendek çorbası yapılır. Yapraklar haşlanarak, ıspanak gibi çeşitli şekillerde yemeği yapılır. En çok soğanlı kavurması yapılır. Karalahana ile beraber hem çorbası hemde diblesi yapılır. Yöresel karalahana yemeklerine aromatik, hoş ve yumuşak bir lezzet verir, böreklere katılır. Fazla tüketimi durumunda ishal ve karın ağrısı yapabilir.

Geleneksel bilgide sağlık amaçlı kullanımı: Bağışıklık sistemi güçlendirici, mide-bağırsak ağrılarında, kabızlık sorununda ve genel olarak sağlığı koruduğuna inanılıyor. Bu yüzden sağlıkta ve hastalıkta, özellikle halsizlik, vücut kırgınlığı ve üşütme gibi durumlarda mutlaka mendek çorbası içilir. Eklem ödemleri, romatizma ve , hafif haşlanarak bölgeye sarılır. Gıda ve ilaç olarak kullanır. Geleneksel olarak, kabızlık ve şişkinlikte besin olarak tüketilir.

Yan etkisi: Bazı türleri zehirlidir, türler birbirine çok benzediği için karıştırılabilir, yenilebilen türünü iyi tanımak gerekir. Bir porsiyondan fazla tüketimi ve kart yaprak kullanımı ishal yapabilir.

Bilimsel adı: *Urtica dioica* L.

Yöresel adı: Isırgan otu

Urtica dioica L. (*U. dioica*), Urticaceae familyasına ve *Urtica* cinsine ait çok yıllık, çiçekli bir bitkidir. Urticaceae familyası içinde 48 cins ve 1050 türü içermektedir. Madagaskar ve Güney Afrika hariç Dünya genelinde yayılışa sahiptir. Her bölgede yetişen türler farklılık gösterir ancak tedavi edici olarak aynı özelliklere sahiptir (Esposito vd., 2019). Anadolu'da *U. urens*, *U. pilulifera* ve *U. dioica* türleri bulunmaktadır. Bunlardan *U. urens* ve *U. pilulifera* tek yıllık, *U. dioica* ise çok yıllık özelliktedir. *U. dioica* Karadeniz Bölgesinde yaygın olan türdür (Baytop, 1999). Dünya genelinde şifalı bitkilerin başında gelen ısırgan otu, Antik Yunan zamanından beri tıbbi bir bitki, gıda ve lif kaynağı olarak kullanılmaktadır (Ayan vd., 2006). Isırgan otunun sağlığa faydaları konusunda çok fazla çalışma yapılmıştır. Dünya çapında en çok araştırılan bitkilerden biridir ve çeşitli sağlık sorunlarıyla dolu uzun bir geçmişe sahiptir. Birçok çalışma *U. dioica*'nın antiviral, antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, antiaging, analjezik, antiinflamatuvar, antidiyabetik, immünomodülatör, antimutajenik, antikanser (servikal, meme, epidermoid, kolon, gastrik, prostat ve akciğer kanseri) aktivitesi ve nefroprotektiftir (Taheri vd., 2022). *U. dioica*'nın bu özelliklerinin, fenolik bileşikler (flavonoidler, tanenler, kumarinler ve lignanlar dahil), steroller, izolektinler gibi bitkilerin çeşitli kısımlarında bulunan çok çeşitli biyoaktif doğal bileşiklerden kaynaklandığı varsayılmaktadır (Esposito vd., 2019). Daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, ısırgan otu birçok sağlık sorununa; mikrobiyal ve paraziter enfeksiyonlar, kanser, sarılık, mide hastalıkları, yılan ısırıkları, şeker hastalığı, karaciğer ve böbrek sorunları, yaralar, idrar söktürücü, libido, akciğer hastalıkları, kalp-damar hastalıkları, hipotansif, kan temizleme, ürtiker, alerjik rinit,

prostat bozuklukları, hemoroid, gut, romatoit artrit ve bağışlık geliştirici olarak bitkisel bir ilaç olarak rapor etmişlerdir (Testai vd., 2002; Dhouibi vd., 2020).

Yöresel besin olarak tüketimi: 3-5 yaprak olacak şekilde genç yapraklar sapı ile beraber toplanır. Yöresel olarak çorba, kavurma, börek ve ezmesi gibi çeşitli yöntemler ile yemekleri yapılır. Her mevsim genç yaprakları çıkar. Özellikle ilkbaharda çıkan yapraklar besin olarak tüketilir.

Geleneksel bilgide sağlık amaçlı kullanımı: Özellikle ilkbaharda ilk çıkan yaprakların kanser önleyici olarak tüketilir. Kanser hastalığında tedavi edici olarak her gün tüketilir. Isırgan otu yörede birçok şekilde sağlık amaçlı kullanılır. En önemli yöresel kullanım romatizma, eklem ağrısı, eklem ödemleri ve düşme sonucu oluşan ezilmelerde, suda çok az haşlama yapılarak haricen kullanılır. Akciğer ve karaciğer hastalıklarında, böbrek hastalıklarında taze yaprakları çeşitli pişirme yöntemleri ile özellikle orbası ve ezmesi yapılarak tüketilir. Kolesterol ve yağ düşürücü olarak tohumları çay yapılarak tüketilir. Kök ve tohumları kaynatılarak sa dökölmesini önlemede kullanılır. Toprak üstü kısımları haşlandıktan sonra ezilmelerde ezilen bölgeye sarılarak kullanılır. Kulak delme işleminde uyuşturuu olarak kullanılır. Liflerinden orap ve içlik örölür ağarların geçirdiğine inanılır. Ezilme ilthablı yaralanmalarda bölgeye sarılır ve iyileşmeye yardımcı olur. Soğuk algnlığında ısırgan orbası iyileşmeyi hızlandırır. Kırıklara ve çıkıklarda kaynatılarak sıcakken bölgeye sarılır. İlkbaharın ilk çıkan taze yaprakları her derde deva kaynağı bir ilaç olarak tüketilir. Çocuklarda parazit düşürücü olarak kullanılır.

Yan etkisi: Yöre halkı tarafından bilinen bir yan etkisi yoktur. Bazı insanlarda karın ağrısı ve ishal yapabilir. Günlük olarak fazla tüketildiğinde ishal yapabilir.

Mantarlar

Giresun yöresinde çok çeşitli cins ve türde yenilebilir doğal mantarlar yetişmektedir. Giresun ilinde 18 familyaya ait en az 45 yenilebilen mantar türünün yetiştiği ve tüketildiği bilinmektedir (Karakayalı vd., 2022: 593). Giresun yöresinde Mayıs ayından Ekim ayına kadar birçok tür mantar doğal ortamından toplanarak gıda ve sağlık amaçlı tüketilmesinin yanında yöre halkı için maddi gelir kaynağıdır. Kırsalda yaşayan yöre halkı, doğadan topladığı mantarları satarak maddi gelir sağlamaktadır. Giresun yöresinde çok çeşitli cins ve türde yenilebilir doğal mantarlar yetişmektedir. Giresun yöresinde yaygın olarak yetişen ve sık tüketilen mantarlar; fındık mantarı (*Lactarius pyrogalus*), kuzugöbeği (*Morchella* spp.), çayır mantarı (*Agaricus campestris*), tavuk mantarı (*Cantharellus cibarius*), çörek mantarı (*Boletus reticulatus*, *edulis*), ağaç mantarı, kükkürt mantarı (*Laetiporus sulphureus*), geyik mantarı, sütlüce (*Lactarius volemus*), acı mantar, doruk mantarı (*Lactarius piperatus vellereus*), aladana (*Sarcodon imbricatus*), kanlıca (*Lactarius deliciosus*), pürpürüm, saçaklı mantar (*Sparassis crispa*), evelek (*Macrolepiota procera*) (Pekşen vd., 2016). Yabani mantarların besin değerinin yüksek olmasının yanında, onlara farklı düzeylerde sağlığa faydalı etkiler gösterme yeteneği veren çeşitli biyoaktif bileşikler içerirler (Wasser, 2014). Biyoaktif özellikleri arasında immünomodülatör, antitümör, antihiperkolesterolemi, antibakteriyel, antifungal, antiinflamatuvar, antiviral, anti-diyabetik ve kardiyovasküler sağlığı teşvik edici etkiler bulunur. (Vaz vd., 2010; Pereira ve ark., 2012; Badalyan, 2019). Günümüzde mantar özleri, esas olarak antitümör aktivitesi ve bağışıklık fonksiyonunun arttırılması amacıyla besin takviyesi olarak işlenmektedir (Wasser, 2017). Son yıllarda gıda ve ilaç geliştirme amaçlı çok kullanılan bir kaynak olmuştur (Prasad vd., 2015; Alonso vd., 2018). Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi Anadolu halkı da tarih boyunca yabani mantarları geleneksel bilgide sağlık amaçlı kullanmışlardır. Yabani mantarlar ucuz ve lezzetli gıda kaynağı olarak tüketilmektedir. Günümüzde sağlığa faydaları bilindikçe sağlık amaçlı tüketimi de artmıştır. Yabani mantarların geleneksel bir besin

olarak kullanımından tıbbi amaçlı kullanımına kadar geniş bir tüketim amacı bulunmaktadır. Giresun yöresinde mantarların çoğu yöre halkı tarafından yaylalardan toplanır ve halk pazarlarında satışa sunulur.

Yöresel besin olarak tüketimi: Mantar türüne göre çeşitli toplama şekilleri vardır. Genel olarak şapka kısmı besin olarak kullanılır. Yörede ençok soğanlı kavurması yapılır. Odun ateşinde közleme ve fırında içine tereyağı konularak pişirme şekilleri de vardır.

Geleneksel bilgide sağlık amaçlı kullanımı: Yörede mantar genel şifa kaynağı olarak bilinir. Sağlıklı olmak için ve özellikle kanser önleyici olarak tüketilir. Kanser hastalığında tedavi edici olarak, kansızlıkta ve bağışıklık güçlendirici olarak bilinir. Sağlığı korumada ve hastalıkta mantarın iyi geleceği bilinir ve tüketilir.

Yan etkileri: Yabani mantarları tanımak uzmanlık gerektirir. Yörede yaşayan ve yenilebilen mantarları bilen kişiler tarafından toplanmalıdır. Yenilebilir mantarların yanında çok zehirli mantarlarda benzer görünümde bulunabilir. Zehirli mantarlar çok tehlikelidir.

Kaynaklar

Ageev V.A., Senkova A.V., Khanina M.A., Ageeva T.A. 2010. Pathomorphological changes in mice liver and their correction by *Aegopodium podagraria* extract during the polychemotherapy. Siberian medical review., 2010; 4: 52–55.

Akcin, O.E., N. Kandemir and Y. Akcin, 2004. Amorphological and anatomical study on a medicinal and edible plant *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don (Boraginaceae) in the Black Sea Region. Turk. J.Bot., 28: 435-442

Alonso EN, Ferronato MJ, Fermento ME et al (2018) Antitumoral and antimetastatic activity of Maitake D-Fraction in triple-negative breast cancer cells. Oncotarget 9(34):23396–23412.

Ayan, AK., Çalışkan, Ö., Çırak, C. (2006). Isirganotu (*Urtica* Spp.)'nın Ekonomik Önemi ve Tarımı. J. of Fac. of Agric., OMU, 21(3): 357-363.

Badalyan, S.M., Barkhudaryan, A., Rapior, S. (2019). Recent Progress in Research on the Pharmacological Potential of Mushrooms and Prospects for Their Clinical Application. In: Agrawal, D., Dhanasekaran, M. (eds) Medicinal Mushrooms. Springer, Singapore.

Baytop, T. (1999). Türkiye'de bitkiler ile tedavi (geçmişte ve bugün) [Therapy with medicinal plants in Turkey, past and present (2nd ed.). Nobel Tıp Kitabevleri. İstanbul.

Baytop, T. 1984. Türkiye'de bitkiler ile tedavi (geçmişte ve bugün). İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 3255, İstanbul, Türkiye, 161s.

Bekdemir, Ü., Sezer, İ. 2015. Giresun ilinin turizm potansiyeli. 1. Basım, No; 21, ISBN: 978-605-9663-20-5.

Broda B., Mowszonowicz J.: Guide to the determination of medicinal plants, poisonous and use, the fifth edition. PZWL, Warszawa 1996 (in Polish)

Bekdemir, Ü ve

Civelek, C. (2011). Bafra Ovası'nda sebze olarak kullanılan yabani bitkilerin toplanması, bazı besin içeriklerinin saptanması ve ıslah amaçlı olarak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun

Dhouibi, R., Affes, H., Salem, BM., Hammami, S., Sahnoun, Z., Zeghal, MK., Ksouda, K. 2020. Screening of pharmacological uses of *Urtica dioica* and others benefits. Progress in Biophysics and Molecular Biology, 150; 67-77.

Duke, J. A., Bogenschutz-Godwin, M. J., du Cellier, J., Duke, P. A. K., (2002). Handbook of medicinal herbs (2nd ed.). Florida: CRC Press LLC.

Esposito, S., Bianco, A.; Russo, R., Di Maro, A., Isernia, C., Pedone, P.V. (2019). Therapeutic Perspectives of Molecules from *Urtica dioica* Extracts for Cancer Treatment. Molecules, 24, 2753.

Farr, D.R. 1997. Functional Foods, Cancer Letters, 114: 59-63.

Huang, W.Y., Cai, Y.Z., Corke, H., Sun, M., 2010. Survey of antioxidant capacity and nutritio nal quality of selected edible and medicinal fruit plants in Hong Kong, Journal of Food Composition and Analysis, 23, 510-517.

Karagöz, A., Cevahir, G., Özcan, T., Sadıkoğlu, N., Yentür, S., Kuru, A., 2004. Bazı yüksek bitkilerden hazırlanan sulu ekstraktların antiviral aktivite potansiyellerinin değerlendirilmesi. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler. 29-31 Mayıs 2002. Eskişehir.

Karakayalı, Z., Enes, K., Bayram K. 2022. Gastronomic Value of Naturally Grown Edible Mushrooms in Giresun. ODÜSOBİAD 12 (2), 593-618 , Doi: 10.48146/odusobiad.1121396.

Kendir, G. & Güvenç, A. (2010). Etnobotanik ve Türkiye'de yapılmış etnobotanik çalışmalara genel bir bakış. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 30(3): 49-80.

Khan, I., M. Nisar, F. Ebad, S. Nadeem, M. Saeed, H. Khan, F. Khuda, N. Karim, Z. Ahmad, 2009. Anti-Inflammatory Activities of Sieboldogenin From *Smilax China* Linn.: Experimental and Computational Studies, *Journal of Ethnopharmacology*, 121 (2009) 175-177.

Kibar, B. ve Temel, S. (2015). Evaluation of Mineral Composition of Some Wild Edible Plants Growing in the Eastern Anatolia Region Grasslands of Turkey and Consumed as Vegetable. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 56–66.

Lyimo, M., Temu, R. P. C. and Mugula, J. K. (2003). Identification and nutrient composition of Indigenous vegetables of Tanzania. *Plant Foods Human Nutrition*, 58, 82-92.

Ozbucak, T.B., O.E. Akcin and S. Yalcin, 2007. Nutrition contents of the some wild edible plants in central Black Sea Region of Turkey. *Int. J. Nat. Engin. Sci.*, 1: 11-13.

Ozen T., Antioxidant Activity of Wild Edible Plants in the Black Sea Region of Turkey, *Grasas Y Aceites*, 61 (2010) 86-94.

Ozsoy N, A. Can, R. Yanardag, N. Akev, 2008. Antioxidant Activity of *Smilax excelsa* L. Leaf Extracts, *Food Chemistry*, 110 571-583.

Pekşen, A., Bulam, S., Üstün, Ş. 2016. Edible wild mushrooms sold in Giresun local markets. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016) Çukurova University, Congress Center, October 26-28, 2016, Adana / TURKEY Pages: 3508-3512, Paper ID:931.

Pereira E., Barros, L., Martins, A., Ferraira, I. 2012. Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry* Volume 130, Issue 2, 15 January 2012, Pages 394-403.

Plančić M, Božin B, Kladar N, Rat M, Srđenović B, 2015. Phytochemical profile and biological activities of the genus *Ornithogalum* L. (Hyacinthaceae). *Biologia Serbica*, 36(1-2).

Prasad S, Rathore H, Sharma S et al (2015) Medicinal mushrooms as a source of novel functional food. *Int J Food Sci Nutr Diet* 04(5):221–225.

Shao B, H. Guo, Y. Cui, M. Ye, J. Han, D. Guo, 2007. Steroidal Saponins From *Smilax china* and Their Anti-Inflammatory Activities, *Phytochemistry*, 68 (2007) 623630.

Sheey, T., Morrissey, P.A. 1998. Functional Foods-Prospect and Perspectives, Henry, C. J.K. and Heppel, N. J. (Eds.), *Nutritional Aspects of Food Processing and Ingredients*, Aspen Publishers, Gaithersburg.

Shu, X.S., Z.H. Gao, X.L. Yang, 2006. Anti-Inflammatory and Anti-Nociceptive Activities of *Smilax China* L. Aqueous Extract, *Journal of Ethnopharmacology*, 103 (2006) 327-332.

Taheri, Y., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., SharifiRad, J., Ezzat, S. M., Merghany, R. M., Shaheen, S., Azmi, L., Prakash Mishra, A., Sener, B., Kılıç, M., Sen, S., Acharya, K., Nasiri, A., Cruz-Martins, N., Tsouh Fokou, P. V., Ydyrys, A., Bassygarayev, Z., Daştan, S. D., Alshehri, M. M., Cho, W. C. (2022). *Urtica dioica*-Derived Phytochemicals for Pharmacological and Therapeutic Applications. Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM, 2022, 4024331.

Testai, L., Chericoni, S., Calderone, V., Nencioni, G., Nieri, P., Morelli, I., Martinotti, E., 2002. Cardiovascular effects of *Urtica dioica* L. (*Urticaceae*) roots extracts: in vitro and in vivo pharmacological studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 81: 105-109.

Wasser SP (2014) Medicinal mushroom science: current perspectives, advances, evidences, and challenges. *Biom J* 37(6):345–356

Wasser SP (2017) Medicinal mushrooms in human clinical studies. Part I. Anticancer, oncoimmunological, and

immunomodulatory activities: a review. *Int J Med Mushrooms* 19(4):279–317.

Yeşilada, E., Sezik, E., Hond, G., Yoshihisa, T., Takeda, Y., Tanaka, T., 1999. Traditional Medicine in Turkey IX: Folk Medicine in North-West Anatolia”, *Journal of Ethnopharmacology*, 64, 195–210.

Vaz, JA., Heleno, SA., Martins, A., Almeida., GM. 2010. Wild mushrooms *Clitocybe alexandri* and *Lepista inversa*: In vitro antioxidant activity and growth inhibition of human tumour cell lines. *Food and Chemical Toxicology* Volume 48, Issue 10, October 2010, Pages 2881-2884

Kaynak kişiler

Selime DEMİR, 85 yaş, Piraziz Gökçeali Köyü.

Muradiye DEMİR, 97 yaş, Piraziz Gökçeali Köyü.

Emine AYDIN, 88 yaş, Piraziz, Şıflı Köyü

Huriye Yılmaz, 96 yaş, Piraziz, N.Piraziz Köyü

Bekir EROL, 90 yaş, Merkez, Lapa Köyü

Abdullah KILIÇASLAN, 80 yaş, Merkez, Yayalacık Köyü

Niyazi KARAKILIÇ, 70 yaş, Bulancak, Aydındere Köyü

Ayşe SARI, 95 yaş, Bulancak, İncecek Köyü

Ali TORAMAN, 84 yaş, Piraziz, Bozatlı Beldesi

Ahmet PEKDEMİR, 68 yaş, Piraziz, Bozat Beldesi

Nebile PEKDEMİR, 85 yaş, Piraziz Bozat Beldesi

Fatma KARAMAN, 76 yaş, Piraziz, Güneyköy

Makbule BİÇER, 88 yaş, Dereli, Kulakkaya Köyü

Sengiz BATAN, Dereli, Yazuzkema Köyü

Gülsüm AYHAN, 72 yaş, Dereli, Kızıltaş Köyü

Zenisan KAÇMAZ, 72 yaş, Keşap, Çamlıca Köyü
Ayşe KAYA; 78 yaş, Yağlıdere, Üçtepeler Köyü
Ayşe YILMAZ, 71 yaş, Yağlıdere, Tekke Köyü
Kıymet YILMAZ, 70 yaş, Yağlıdere, Teke Köyü
Havva ARPACIK, 86 yaş, Espiye, Arpacık Köyü
Ayşe GÜRBÜZ, 68 yaş, Güce, İlit Köyü
Hasan AMCA, 84 yaş, Güce, İlit Köyü
Ayşe ORMANCI, 93 yaş, Alucra, Doludere Köyü
Hanife ÇAKMAKÇI, 70 yaş, Alucra, Doludere Köyü
Meliha ÜNALDI, 88 yaş, Şebinkarahisar, Kınık Köyü
Nurettin ÜNALDI, 92 yaş, Şebinkarahisar, Kınık Köyü
Havva BAYRAKTAR, 76 yaş, Şebinkarahisar, Aslancık Köyü
Suzan SILAY, 60 yaş, Şebinkarahisar, Tamzara Beldesi
Dudu AYRIÇ, 78 yaş, Alucra, Çakrak Köyü
Seher KÖZLEMECİ, 73 yaş, Alucra, Çakrak Köyü
Hatem KÖPRÜBAŞI, 70 yaş, Çamoluk, Taşpınar Köyü
Mehmet AYAŞLI, 72 yaş, Çamoluk, Yenice Köyü
Fadime ASLAN, 92 yaş, Doğankent, Sütölce Köyü
Kadir ORTAÇ, 80 yaş, Çamoluk, Yenice Köyü
Lütfiye KARAHAN, 78 yaş, Doğankent, Çatak Köyü
Hüseyin DURDU, 65 yaş, Görele, Kırıklı Köyü
Selime BALCI, 82 yaş, Eynesil, Ören Köyü
Elmas KÖLAH, 95 yaş, Eynesil, Ören Köyü

CHAPTER V

Gıdalarda 3- Ve 2- Monokloropropandiol (Mcpd) Ve Esterleri İle Glisidil Yağ Asidi Esterlerinin (Ge) Varlığı Ve Oluşum Mekanizması

Özkan ASLAN¹
Halime PEHLİVANOĞLU²
Murat TAŞAN³

Giriş

Gıda güvenliği, literatürde birçok tanımı bulunan “esnek bir kavramdır”. Birleşmiş Milletler Dünya Gıda Güvenliği Komitesi (UNCFS) gıda güvenliğini, tüm insanların hayatları boyunca aktif ve

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, TEKİRDAĞ

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, TEKİRDAĞ

³ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, TEKİRDAĞ

Bu çalışma Özkan Aslan’ın Yüksek Lisans tezinin bir bölümünden düzenlenmiştir.

sağlıklı bir beslenme için beslenme ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılayan güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel, sosyal ve ekonomik erişime sahip olma koşulu olarak tanımlamaktadır (IFRPI, 2021). Gıda kaynaklı hastalıklar, önlenabilir bir halk sağlığı sorunudur. Günümüzde herkesin gıda kaynaklı bir hastalığa yakalanma ihtimali yüksek olsa da bebekler, çocuklar ve yaşlılar gibi bazı gruplar daha büyük risk altındadır. Bu bağlamda, gıdanın işlenmesi sırasında oluşan kusurları veya kontaminantları belirleyecek yöntemleri bulmak, bu kontaminantların toksikolojik etkilerini belirlemek ve bunları azaltmak önemlidir (Garballo-Rubio & ark., 2017).

Son zamanlarda gıdalarda keşfedilen işlem kirleticilerinin çoğu, geleneksel yiyecek ve bileşenlerin hazırlanması sırasındaki ısıtma aşamasında oluşmaktadır. Gıdanın ısıya maruz kalması, mikrobiyal tehlikeleri azaltmak veya ortadan kaldırmak aynı zamanda yiyecekleri lezzetli hale getirmek gibi sayısız yararlarının yanı sıra, işlem uygun şekilde kontrol edilmezse (örneğin aşırı pişirme) bazı riskler de taşır.

Bitkisel yağlar ve hayvansal yağların da içinde bulunduğu yemeklik yağlar, gıdanın işlenmesindeki özel avantajları nedeniyle evlerde, restoranlarda ve gıda endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Cao & ark., 2017). Yenilebilir yağların; uçucu kirleticileri, kokuları ve renklerinin tüketici kabulüne uygun hale getirmek ve raf stabilitesini sağlamak amacıyla endüstriyel olarak işlenmektedir. Bununla birlikte endüstriyel süreç istenmeyen kirleticiler maddelerin üretimine de yol açabilir (MacMahon, 2016). Katı ve sıvı yağlar, uzun süreli depolama veya derin yağda kızartma işlemi sırasında yağ ürünlerinin lezzetini, dokusunu, işlevsel ve besleyici kalitesini önemli ölçüde etkileyen yüksek sıcaklık, nem ve metal iyonları ile bozulma gösterirler. Bu proseslerde termooksidasyon, hidroliz, siklizasyon, polimerizasyon ve izomerizasyon reaksiyonları gibi birçok kimyasal reaksiyonlar yer alır ve bu da çok sayıda zararlı ürünün ortaya çıkmasına neden olur. Hidroperoksitler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), aldehytler, 3-monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD) esterler ve glisidil esterler de

dahil olmak üzere bu bozulma kimyasalları insanlar üzerinde olumsuz sağlık etkileri oluşturur (Cao & ark., 2017).

Yenilebilir yağlar, yüksek sıcaklık ve/veya oksijen gerektiren işlemlere tabi tutulduklarında, toksisiteye sahip bileşiklerin üretilmesiyle kolaylıkla yapısal bozunma veya dönüşüme uğrarlar. Yemeklik yağlar ve gıda ürünlerinden kaynaklanan toksik kirleticiler, kaynaklarına göre genel olarak iki gruba ayrılır;

1- Termooksidatif strese tepki olarak yalnızca yağın ana veya küçük bileşenlerinin yapısal ayrışmasından veya dönüşümünden kaynaklanan;

2- yağdan ve yemeklik yağlarda işlenen gıdalardan kaynaklanan bileşenleri içeren, ağırlıklı şekilde termooksidatif olarak indüklenen reaksiyonlar/etkileşimler tarafından oluşanlar (Aladedunye, 2016).

Isıl işlem, işleme veya koruma amacıyla gıdalara uygulanır. Maillard reaksiyonu da dahil olmak üzere birçok kimyasal reaksiyon, termal proses sırasında ilerler ve birkaç bileşiğin oluşumu ile sonuçlanır. Bu bileşikler gıdalara istenilen birçok özelliği kazandırmakla birlikte insan sağlığı üzerinde kanserojen ve mutajenik etkiler de gösterebilirler. Bu nedenle bu bileşiklere “termal proses kirleticileri” adı verilir (Lineback & Stadler, 2009). Bununla beraber yağlı tohumların veya hazırlanmış yağ ürününün uygunsuz depolanması da toksik yan ürünlerin oluşumuna neden olabilir (MacMahon, 2016).

Geçtiğimiz yirmi yılda, gıdalarda akrilamid ve furan gibi bir dizi kimyasal kirletici keşfedildi. Bu kimyasallardan biri de 3-Monokloropropan-1,2- diol (3-MCPD) ve glisidil esterdir (GE). 3-MCPD ve GE serbest veya esterleşmiş formlarda bulunabilen ısıl işlem kaynaklı gıda bulaşanlarıdır. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) GE'lerin insanlarda muhtemel genotoksik ve kanserojen (2A Grubu) etkisine sahip olduğunu belirtirken, 3-MCPD'nin genotoksik olmayan olası kanserojen (2B Grup) etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. 3-MCPD rafine bitkisel yağlar, patates

ürünleri, kızarmış yiyecekler, bebek mamaları, kahvaltılık gevrekler, et ürünleri, süt ürünleri, tahıl ve unlu mamuller, bisküviler, çorbalar, soslar ve kavrulmuş kahvede gıda gıdalarda tespit edilmiştir. Bu çalışmalar içerisinde en dikkat çekici olanı yenilebilir rafine bitkisel sıvı ve katı yağlardaki yüksek seviyelerde bulunan 3-MCPD esterleridir. EFSA, 3-MCPD ve esterleri için günlük tolere edilebilir alımı 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak bildirmiştir. Günümüzde gıdalarda bulunan MCPD ve GE'nin tespiti için ağırlıklı olarak kullanılan 3 dolaylı yöntem bulunmaktadır ve 2014 yılında Avrupa Komisyonu tarafından bu yöntemlerin kullanılması tavsiye edilmiştir. Bu yöntemler; AOCS Resmi Yöntemi Cd 29a-13 (Unilever yöntemi), AOCS Resmi Yöntemi Cd 29b-13 (3- in-1), AOCS Resmi Yöntemi Cd 29c-13 (DGF C-VI 18 (10)).

Proses Kirleticileri

İşlemden kaynaklanan gıda zehirleri olarak adlandırılan kirleticilere termal proses kirleticileri adı verilir. Gıda işleme veya gıda hazırlama sırasında oluşan ve insanlarda potansiyel olarak olumsuz sağlık etkileri oluşturduğu düşünülen kimyasal maddeler olarak da tanımlanır. Bu tür bileşikler, insanlığın yemek pişirme, fermentasyon veya başka yollarla yiyecekleri işlemeye başlamasından bu yana diyetimizin bir parçası olmuştur. Bununla birlikte, gıdalardaki toksik maddelerin tespiti, son yıllarda analitik tespit teknolojilerindeki büyük ilerlemeler nedeniyle artmaya başlamıştır. Çoğu durumda istenmeyen bileşiklere yol açan işleme uygulamaları kızartma, fırınlama, kavurma, ızgara ve mikrodalgada pişirme gibi ısıtmayı içeren uygulamalardır.

Bilinen Termal Proses Kirleticiler

Heterosiklik Aromatik Aminler

Heterosiklik aromatik aminler (HAA'lar), kloropropanoller ve akrilamid, termal proses kirleticilerinin önemli örnekleridir. Bunlara ek olarak, Maillard reaksiyonlarının sonraki aşamalarında oluşan bileşikler olan ileri glikasyon son ürünlerinin (AGE'ler) birikimi,

çeşitli dejeneratif hastalıklarla bağlantılıdır. AGE'ler için yaygın örnekler karboksimetillisin (CML), pirlalin ve pentosidindir. A-Dikarbonil bileşikler, AGE'lerin oluşumundan sorumlu öncülerdir ve ayrıca sitotoksik etkiler gösterdikleri için proses kirleticileri olarak da adlandırılırlar (Gensberger, Mittelman, Glomb ve Pischetsrieder, 2012). Bu kirleticilere ek olarak 3-monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD) esterler ve glisidil esterler de son zamanlarda araştırılan önemli termal proses kirleticilerden biridir.

5-Hidroksimetil-2-furfural (HMF), işlenmiş gıdaların ısıtılması ve/veya depolanması sırasında oluşan proses kirleticilerinden biridir. Lipid açısından zengin gıdaların ısıtılması, farklı aldehitlerin oluşumuyla sonuçlanan lipidlerin oksidasyonuna yol açar. Malondialdehit (MDA), 4-hidroksi-2-nonenal (4-HNE) ve 4-hidroksi-2-heksanal (4-HHE), insan sağlığına zararlı etkileri olduğu bilinen lipid oksidasyon ürünleridir. HMF, gıdalarda Maillard reaksiyonu ile ısıtılma sırasında asidik koşullar altında heksoz şekerlerin dehidrasyonundan oluşur. Gastrointestinal sistemde hızla emilir ve HMF konsantrasyonu yüksek olduğunda taşınması hızlanır. İnsan sağlığı üzerindeki doğrudan toksisitesi hakkında netleşmiş bir kanıt yoktur, ancak gıdalardaki seviyelerini düşürmek için çalışmalar yapılmaktadır. (Hamzalıoğlu & Gökmen, 2020).

Heterosiklik aromatik aminler (HAA) ise ilk olarak 1970'lerde Japonya'daki Ulusal Kanseri Merkezi Araştırma Enstitüsünde Sugimura grubu tarafından tanımlanmıştır. Protein açısından zengin gıdalarda amino asitlerin yoğun sıcaklıklarda (200–250 ° C) ısıtılması sırasında veya karbonhidratlardan, amino asitlerden ve kreatinden Maillard reaksiyonunun bir parçası olarak oluşurlar. Literatürde bahsedilen 30 bileşiğin 10'unun kemirgenlerde kanserojen olduğu bilinmektedir (Murkovic & ark., 2018). Son zamanlarda, HAA'lar IARC tarafından olası bir kanserojen olarak kabul edilmektedir (IARC, 2018).

Akrilamid

Akrilamid, asparagin ile bir karbonil bileşigi arasında gerçekleşen pişirilme (fırınlanma, kızartılma, ızgarada pişirilme, kavrulma) işlemi ile Maillard reaksiyonunun bir sonucu olarak oluşur ve farklı gıda ürünlerinde bulunur. Reaksiyon sürecinde birçok farklı molekül oluşur ve bunların bazıları arzu edilmektedir çünkü bunlar gıdanın dokusunu, lezzetini ve aroma profilini iyileştirmektedir. Bu nedenle asıl zorluk, akrilamid gibi maddelerin oluşumunu önlemektir ancak aynı zamanda ısıtılmış gıdaların önemli organoleptik özelliklerini de korumak gerekir (Stadler & Theurillat, 2017).

Gıdalarda akrilamidin keşfedilmesinden kısa bir süre sonra çok sayıda araştırma grubu, akrilamid oluşturan temel öncülleri ve mekanik yolları belirlemek için bir dizi araştırma ortaya koymuştur (Mottram, Wedzicha & Dodson, 2002). Gıdalardaki akrilamidin varlığının dış kaynaklardan (çevre, ambalaj malzemeleri) değil, ısıtılma sırasında Maillard reaksiyonu yoluyla işlem koşullarının bir sonucu olduğu raporlanmıştır. Düşük nem koşullarında (fırınlama, kızartma, ızgara) 120°C' den yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında belirli yiyeceklerde indirgen şeker varlığında ağırlıklı olarak asparagin oluşur. Belirtilen öncülleri önemli oranda içeren hammaddeler tahıllar, patatesler, yeşil kahve, çeşitli sebze ve meyvelerdir. Bu hammaddelerden ısıtılma işlemiyle hazırlanan gıda maddeleri, ticari veya evde hazırlanmasından bağımsız olarak yüksek akrilamid içeriği oluşturabilir (Murkovic & ark., 2018).

Kemirgenlerde yapılan deneylerde, akrilamidin birçok organa etki eden bir kanserojen olduğu, üreme ve gelişimsel toksisite belirtileri gösterdiği, iskelet varyasyonlarının artması, hafif bozulmuş vücut ağırlığı artışı, merkezi sinir sistemindeki histolojik değişiklikler ve nörodavranışsal etkilerinin bulunduğu raporlanmıştır (EFSA, 2015). Ayrıca hayvan çalışmalarına dayanarak, Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC), yeterli hayvan ve sınırlı insan kanıtı temelinde akrilamidi grup 2A (muhtemelen insanlar için kanserojen) olarak sınıflandırmıştır.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), gıdalardaki akrilamidin tüm yaş gruplarındaki tüketiciler için kanser geliştirme riskini potansiyel olarak artırdığını doğrulamıştır (Stadler & Theurillat, 2017).bazı gıda maddelerindeki akrilamid seviyeleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bazı gıda maddelerindeki ortalama akrilamid seviyeleri(Stadler ve Seefelder, 2016)

Gıda maddesi	Ortalama akrilamid seviyeleri (µg/kg) ^a	Gösterge değeri (µg/kg)	Yetişkinlerde akrilamid maruziyetinin toplam besin gruplarına yüzdesi (%) ^b (ergenlerde)
Taze patates ve patates hamurundan elde edilen patates cipsi; patatesli krakerler	389	1000	0,7-6,7 (1,7-11)
Tüketime hazır patates kızartması	308	600	9,7-49 (10-51)
Ekmek			
Buğday bazlı	42	80	9,9-22 (0,1-23)
Buğday bazlı olanlar hariç	57	150	0,9-10 (1,5-12)
Buğday ve çavdar bazlı ürünler	170	300	0,9-9,8 (<0,05-17)
Mısır, yulaf, kılçıksız buğday, arpa ve pirinç bazlı ürünler	102	200	0-7,5 (0-7,5)
Bisküvi, (gofret) ^c , kraker	265	-	2,4-17 (2,2-24)

gevrek ekmek ve benzeri			
Patates esaslı kraker hariç kraker	231	500	0-7,5 (0-7,5)
Zencefilli çörek	407	1000	0-6 (0-6,2)
Patates, tahıl ve kakaoya dayalı diğer ürünler	97	TED	18-36 (20-72)
Kavrulmuş kahve ^d	249	450	0,7-20 (<0,05-2)
Hızlı kahve ^d	710	900	0,1-7,2 (0-1,4)

TED: Tespit edilmeyen değer, a: Ortalama sınır seviyeleri. B: Akrilamid alt sınırı maruziyetine yüzde olarak ifadesi, besin gruplarının minimum ve maksimum katkısı (aksi belirtilmedikçe yetişkinler için). C. AB Tavsiyesi 2013/647/EU'da bisküvilere dahil olan gofretler. D. Kuru maddeye dayalıdır. E.Bebek grubu için.

Günlük akrilamid alımına ilişkin tahminler, ortalama maruziyet için 0,4 ile 1,9 µg/kg vücut ağırlığı arasında değişmektedir. Çocuklar vücut ağırlığı bazında en çok maruz kalan yaş grubudur. Epidemiyolojik çalışmalarda akrilamid alımı, yaygın kanser riskinde artışla ilişkilendirilmemiştir ancak kanıtlar sınırlı ve tutarsızdır (Murkovic & ark., 2018).

α, β-doymamış Aldehit

Yemekleri kızartmak için yemeklik yağların yüksek sıcaklıklara ısıtılması dünya çapında yaygın bir uygulamadır. Bununla birlikte, yağlar, özellikle uzun süre yüksek sıcaklıklarda tutulduğunda termal bozulmaya uğrar. Gıda güvenliği açısından bir diğer endişe, toksik α, β-doymamış aldehitlerin üretimidir ve bunlar; akrolein, krotonaldehit ve 4-HNE'yi kapsamaktadır. Bu bileşikler

kronik enflamasyon, nörodejeneratif hastalıklar, yetişkin solunum güçlüğü sendromu, ateroskleroz, diyabet ve farklı kanser türleri dahil olmak üzere bir dizi hastalık için potansiyel nedensel ajanlar olarak kabul edilir. Bu oksidasyon ürünlerinin serbest radikal işlemiyle üretildiği ve ısıtma ile hızının arttığı bilinmektedir (Guillen & Goicoechea, 2008).

Yapılan bir çalışmada, toplam 76 bitkisel yağ örneği (mısır yağı, ayçiçek yağı, kanola yağı, yerfıstığı yağı, soya fasulyesi yağı ve sızma zeytinyağı) analiz edilmiş ve numunelerin 19'unda maksimum 185 µg/kg (ppb) miktarlarda 4-HNE içerdiği tespit edilmiştir (Papastergiadis & ark., 2014).

Lang & ark., (1985), iki Ayçiçek yağı örneğinin sırasıyla 12 ve 234 µg/kg (ppb) içerdiği ve iki zeytinyağı örneğinin sırasıyla 61 ve 1139 µg/kg (ppb) olduğunu,

Surh & Kwon. (2005), Zeytinyağı numunelerinin 2666 ± 722 µg/kg (ppb), mısır yağının 130 ± 110 µg / kg (ppb), soya fasulyesi yağının 499 ± 144 µg / kg (ppb), susam yağının 277 ± 147 µg/kg (ppb), kızartma yağının ise 197–344 µg / kg (ppb) değerine sahip olduğunu bildirmiştir.

Furan

Furan (C₄H₄O), yüksek uçuculuğa (kaynama noktası: 31°C) ve lipofilikliğe sahip organik bir bileşiktir. Çok çeşitli ısı ile işlenmiş gıdalarda (0-6000 mg/kg) furan varlığı, “insanlar için olası kanserojen bir bileşik” olarak kabul edilmektedir. Gıdalarda furan oluşumunda birden fazla yol vardır. Şekerlerin ve amino asitlerin termal bozunması ve yeniden düzenlenmesi ile çoklu doymamış yağ asitlerinin ve askorbik asidin termo-oksidasyonu, gıdalardaki oluşumundan sorumlu olarak gösterilmektedir. Yüksek uçuculuğuna rağmen furan, patates cipsi, kraker, gevrek ve kızarmış ekmek gibi açık kaplarda işlenen düşük nemli yiyeceklerde de tespit edilmiştir (Murkovic & ark., 2018).

Gıdalardaki furan seviyelerinin 1 µg/kg ile 7000 µg/kg arasında değiştiği bildirilmektedir. En yüksek furan konsantrasyonları kavrulmuş ve hazır kahvede bulunurken, bunu maksimum düzeyi 200 µg/kg'den biraz daha yüksek olan bebek mamaları ve çorbalar izlemektedir. FDA özellikle konserve grubu (cam kavanozlar dahil) yiyecekler ile tahmini furan alımının bebeklerde günde <0,03 ile 3,5 mg/kg vücut ağırlığı, yetişkinler de ise 1,1 ile 23 mg olarak ayrıca kahveden günlük alım miktarının 2,4 ila 120 mg olarak raporlamıştır (Murkovic & ark., 2018).

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), yapılarında iki veya daha fazla aromatik halka ile kimyasal olarak tanınan çeşitli organik bileşikler grubudur. PAH'lar genellikle yüzlerce bileşikten oluşabilen karmaşık karışımlar halinde ortaya çıkar. PAH'ların çoğu için kanserojen ve genotoksik potansiyelleri bulunan tehlike ve risk karakterizasyonları faktörü bulunan olarak kabul edilmektedir (Murkovic & ark., 2018). PAH'ların akut toksisitesi düşüktür. Bununla birlikte, diolepoksitler, radikal katyonlar veya o-kinonlar oluşturmak için hem mutasyonları hem de kanseri başlatabilecek kararlı DNA eklentilerinin oluşumuna yol açabilmektedir (Xue & Warshawsky, 2005).

PAH'lara üç ana yoldan maruz kalma gerçekleşir. Bunlar; soluma, cilt teması ve gıdalar. PAH'lara maruz kalma doğum öncesi dönemden başlayarak gerçekleşir, hava ve anne sütünden alım yoluyla doğum sonrası da devam eder (Perera & ark., 2005). PAH'lara çevresel maruziyet, büyük şehirlerde ve yüksek düzeyde sanayileşmiş bölgelerde, kırsal alanlara göre daha yüksektir (Zhang & Chen, 2017). Ancak hem JECFA hem de EFSA, insanların PAH'lara maruz kalmasının ana kaynağının gıdalar olduğu sonucuna varmıştır (European Food Safety Authority, 2008). Gıdalardaki PAH seviyeleri; gıdanın işlenme süresi ve sıcaklığı (daha yüksek sıcaklık ve daha uzun süre PAH miktarını artırır), ısı kaynağına olan mesafe (mesafe ne kadar fazla ise gıdalardaki kontaminasyon o kadar düşük gerçekleşir), işlem türü (ızgara,

kavurma, tütsüleme, kurutma), kullanılan yakıt türü (rneğin, karbonun yanması, odundan daha az PAH üretir) ve işlenmiş gıdadaki yağ miktarına göre değişmektedir (Purcaro, Moret & Conte, 2013).

IARC, AB listesindeki 12 PAH'ı insanlar için kanserojen (grup 1), büyük bir olasılıkla kanserojen (grup 2A) ve insanlar için potansiyel kanserojenler (grup 2B) olarak tanımlamıştır. (WHO, 2016). Yiyecekler; havada, toprakta, suda bulunan veya gıda işleme ve pişirme sırasında oluşan PAH'lar tarafından kontamine olabilir. PAH'ların diyet ile alımında en fazla karşılaşılan gıdalar; baharatlar, katı ve sıvı yağlar, kurutulmuş meyveler (yanma ürünlerinin doğrudan gıda ile temas etmesine izin verildiğinde), tütsülenmiş et ve balık ürünlerinde bulunur. Gıda gruplarına göre en yüksek toplam PAH seviyeleri et ve et ürünlerinde (26 µg/kg), sıvı ve katı yağlarda (23 µg/kg) ve tahıllarda (20 µg/kg) tespit edilmiştir. (Murkovic & ark., 2018).

İleri Glikasyon Son rnleri (AGE)

Gıda işlemede, Maillard reaksiyonu genellikle farklı türdeki gıdalara lezzet ve renk sağlamak için kullanılır (Poulsen & ark., 2013). Bununla birlikte, bu sürece genellikle bazı potansiyel kimyasal tehlikeler de eşlik eder. Bu tehlikeler arasında, gelişmiş glikasyon son rnleri (AGE'ler), Maillard reaksiyonu sırasında bir dizi reaksiyon sonucu üretilen zararlı bileşikler sınıfıdır (Luevano-Contreras, 2010). AGE'lerin oluşum seviyeleri proteinlerin, yağların ve karbonhidratların türleri ve içerikleri, nem seviyeleri ve mineral elementler gibi birçok faktörden etkilenir (Delgado-Andrade & ark., 2010). Bununla birlikte gerçekleşen reaksiyonun süresi, işleme sıcaklığı, reaktan konsantrasyonu, su mevcudiyeti ve pH, Maillard reaksiyonunda önemli roller oynadıkları için AGE'lerinin oluşumunu etkilemektedir (Goldberg & ark., 2004).

AGE'lerin miktarı gıdalardaki protein, yağ, şeker ve diğer maddelerle ilişkilidir. Goldberg & ark., (2004) protein ve yağ seviyelerinin gıdalardaki AGE'lerin seviyesi ile pozitif bir şekilde

ilişkili olduğunu kanıtlamıştır. Fang & ark., (2014) elma ve hamur gibi yüksek nem seviyesine sahip yiyeceklerin nispeten düşük AGE içeriğine sahip olduğunu, süt, süt tozu ve kızarmış tavuk gibi yüksek protein içeriğine sahip yiyeceklerin ise nispeten yüksek AGE içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Sun & ark., (2015) sığır eti, domuz eti ve tavuktaki AGE miktarlarının farklı protein, yağ ve nem içerikleri nedeniyle farklı seviyede olduğunu bulmuştur. Bununla birlikte lipid peroksidasyonu, Maillard reaksiyonuna yol açan ve ardından AGE'leri oluşturan dikarbonil bileşikler üretenlerdir. Lipid peroksidasyonu genellikle et gibi yüksek yağlı gıdalarda bulunmakta, katı ve sıvı yağlar bu nedenle gıdalarda AGE'lerin oluşumunu teşvik etmektedir (Hidalgo & Zamora, 2010).

Yapılan çalışmalarda; pastörize sütte 10,4 mg/kg protein, sütte 354 KU / L, Izgara dana etinde (232°C) 21,8 µg/g, Izgara somonda (232°C) 12,23 µg/g, fırın somonda (177°C) 8,59 µg/g, haşlanmış dana etinde 27,3 mg/kg protein, ekmek ve kurabiyede 178 mg/kg protein, mısır gevreğinde 281 mg/kg protein, elmada 45 KU/100 g, muz 9 KU/100 g, kahvede 84,1 mg/kg protein AGE tespit edilmiştir (Assar & ark., 2009; Goldberg & ark., 2004; Chen & Smith, 2015; Hull & ark., 2012; Uribarri & ark., 2010). Ayrıca Cengiz & ark., (2020) yapmış oldukları bir çalışmada glioksal ve metilglioksal miktarını cipslerde 94 ile 1464 ile 123–661 µg/100 g arasında, krakerlerde 338 ile 1936 ile 727–1397 µg/100 g arasında ve 8 ile 1575 ile 111–1201 µg/100 g arasında tespit etmişlerdir.

Gıda işlemedeki potansiyel kimyasal tehlikeler ile insan vücudundaki birçok kronik hastalık arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Son araştırmalar, AGE'lerin in vivo birikiminin insan vücudunda oksidatif stres tepkisine veya çeşitli hastalıklara yol açabilen sinir hücresi hasarına neden olabileceğini bulmuştur. Bununla birlikte nörodejeneratif hastalıklar, inflamatuvar reaksiyonlar, böbrek hastalığı, kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıklara ve kansere neden olabilmektedir (Wang & ark., 2012).

3-Kloropropan 1,2-Diol (3-MCPD) ve Glisidil Esterler

3-MCPD, erkek doğurganlığı üzerindeki toksik etkisi ile 70'li yılların sonlarından beri bilinmektedir. 1978'de, 3-MCPD'nin yenilebilir yağ özlerinden asit hidrolizi ile üretilen hidrolize bitkisel proteinlerde oluşturulabileceği gösterilmiştir. Bu konudaki yayınlara 80'li yılların başlarında Çek araştırmacılar dahil olmuştur. 1994 yılında 3-MCPD'nin "genotoksik bir kanserojen" olarak görülmesi gerektiğini söyleyen Gıda Bilim Kurulu (SCF) görüşünü takiben gıdalardaki 3-MCPD seviyeleri üzerine daha fazla çalışma yayınlanmıştır. 2000 yılında perakende gıda ürünlerinde 3-MCPD ile ilgili seviyeler yayınlanmıştır. SCF görüşü 2001'de güncellenmiş ve bir düzenleyici sınır belirlenmiştir. 2001'de Birleşik Krallık Gıda Standartları Ajansı, istiridye soslarında ve soya soslarını içeren bazı numunelerin Avrupa Birliği tarafından güvenli kabul edilenden daha yüksek seviyelerde 3-MCPD içerdiğini tespit etmiştir (Brug & ark., 2014).

3-MCPD ve diğer bazı kloropropanol esterler, bu tarihten itibaren gıda ürünlerinde istenmeyen gıda kontaminantları olarak tanımlanmıştır. Gıdalardaki serbest veya ester formundaki kloropropanoller, çeşitli konfigürasyonlarda bir veya iki klor atomuna sahip olan klorlu gliserol türevleridir. Bu kloropropanoller arasındaki ana bileşikler, 2,3-DCP, 3-MCPD, 2-MCPD'nin serbest ve yağ asidi esterleridir. Propanol molekülündeki klorun konumuna göre 2-MCPD veya 3-MCPD olarak adlandırılırlar (Kalkan, Topkafa & Kara, 2021).

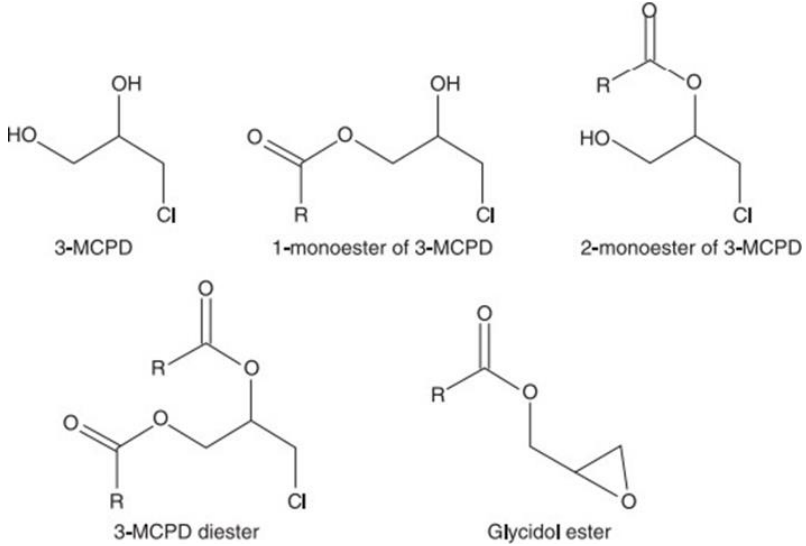
3-MCPD ve Glisidil Esterlerin Fiziksel Özellikleri

3-MCPD, oda sıcaklığında yoğunluğu $1,32 \text{ g/cm}^{-3}$, erime noktası -40°C ve kaynama noktası $760 \text{ mmHg'de } 213^{\circ}\text{C}$ olan renksiz veya uçuk sarı viskoz yağlı bir sıvıdır. 3-MCPD higroskopiktir suda ve metanol, etanol, kloroform ve etil asetat gibi orta ile yüksek polariteye sahip organik çözücülerde yüksek oranda çözünür. 2-MCPD benzer şekilde oda sıcaklığında higroskopik bir yapıya sahip renksiz veya soluk sarı yağlı bir sıvıdır. $1,3 \pm 0,1 \text{ g/cm}^{-3}$ yoğunluğa

ve 760 mmHg'de 213°C kaynama noktasına sahiptir. Glisidol, oda sıcaklığında renksiz bir sıvıdır, suda ve çoğu polar çözücüde çözünür (EFSA, 2016).

3-MCPD ve Glisidil Esterlerin Kimyasal Yapısı

Kloropropanoller, 1 veya 2 pozisyonlarında bir klor atomuna sahip olan klorlu gliserol analoglarıdır. Klorun konumuna göre, MCPDE'ler iki türe ayrılır: 3-monokloro-1,2-propandiol esterler (3-MCPDE'ler) ve 2-monokloro-1,3-propandiol esterler (2-MCPDE'ler). Bu bileşikler, yağ asidi esterleri olarak sıvı ve katı yağlarda da bulunabilir. 2-MCPD ve 3-MCPD gibi monokloropropandioller, mono- veya diesterler olarak meydana gelebilirken, dikloropropanoller (1,3-DCP ve 2,3-DCP) yalnızca monoesterler olarak ortaya çıkabilir. Kloropropanoller yapıya bağlı olan klor atomu sayısına bağlı olarak mono- veya dikloropropanoller (DCP) şeklinde adlandırılmaktadır. Dikloropropanoller monoester formunda bulunurken, monokloropropandioller monoesterler ve diesterler halinde bulunmaktadır. Klorun bağlı olduğu propanol molekülündeki konumuna bağlı olarak da 2- MCPD veya 3-MCPD olarak adlandırılmaktadırlar. 3-MCPD'nin hidroksil gruplarının yağ asitleriyle kısmi veya tam esterleşmesine bağlı olarak 3-MCPD-monoesterleri veya 3-MCPD- diesterleri oluşmaktadır (Turan, Solak & Keskin, 2018). Tüm bu bileşikler benzer yapılara sahip olmalarına rağmen farklı metabolik ve toksikolojik özelliklere sahiptirler (Albuquerque & ark., 2019). Şekil 1'de MCPD'nin yapıları görülmektedir.



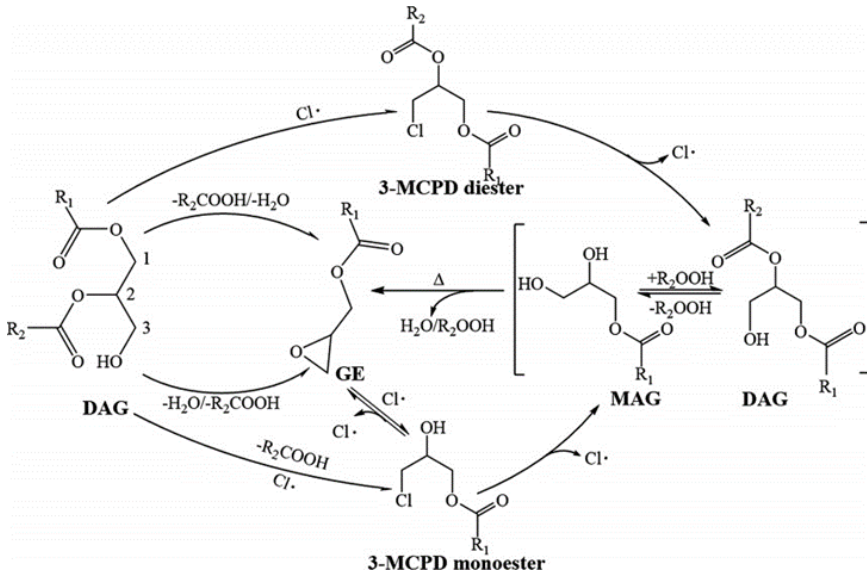
*Şekil 1. 3-MCPD'nin yapıları ve 3-MCPD'nin yağ asidi esterleri
R=yağ asitleri(Bakhiya vd.,2011)*

Glisidil esterler (GE'ler), glisidolün (2-oksiranmetanol) yağ asidi esterleridir ve yenilebilir yağlarda dolaylı yöntemlerle analiz edilen 3-MCPD'nin fazla tahmin edilmesinin bir sonucu olarak ilk kez Weißhaar & Perz (2010) tarafından rapor edilmiştir. Bu nedenle, GE araştırmasına olan ilgi, esas olarak 3-MCPD için gözlemlenen literatür verileri arasında bildirilen tutarsızlıktan kaynaklanmıştır. Günümüzde bu bileşikler, özellikle yemeklik yağların işlenmesinin rafine edilmesi ve koku giderilmesi aşamalarında oluşan, işlenmiş yağlardaki ana kirleticiler olarak kabul edilmektedir (Cheng & ark., 2017).

3-MCPD ve Glisidil Esterlerin Oluşum Mekanizması

3-MCPD esterlerinin klor varlığında gıdaların işlenmesi sonucu birincil tepkime reaksiyonları ile oluştuğu rapor edilmiştir. Bu reaksiyon yüksek yağ ve tuz içeren gıdaların ısıtılma maruz kalmasıyla gerçekleşmektedir. Gliserol ve gliseritlerde 3-MCPD ester oluşumu tuz konsantrasyonunun artmasıyla artmakta ve

yaklaşık %15 su içeriği ile maksimum seviyeye ulaşmaktadır (Emektar, Erdoğan & Tekin, 2019). 3-MCPD ester ve GE, rafinasyon işlemi sırasında çeşitli akril grupları ve bir epoksi grubu ile kontaminantı olarak bilinmektedir (Zelinkova & ark., 2006). Bitkisel yağlarda, raf stabilitesini, aromasını ve görünümünü olumsuz yönde etkileyebilecek bileşenleri yağdan ayırmak için endüstriyel olarak işlenir. Bununla birlikte yağ rafinasyonu sırasında ağırlıklı olarak koku giderme aşamasında 3-MCPDE'lerin ve GE'lerin oluştuğu iyi bilinmektedir (MacMahon & Beekman, 2019). Bu aşamada koku giderme sıcaklığı ve süresi, 3-MCPDE'lerin ve GE'lerin oluşumu için çok önemli faktörlerdir (Destailats & ark., 2012). Triasilgliseroller (TAG), diasilgliseroller (DAG), monoasilgliseroller (MAG) ve klorürler, 3-MCPDE'lerin öncüleri olarak hareket edebilirken, GE'lerin oluşumundan yalnızca DAG ve MAG sorumlu olduğu raporlanmıştır (Wang & ark., 2021).

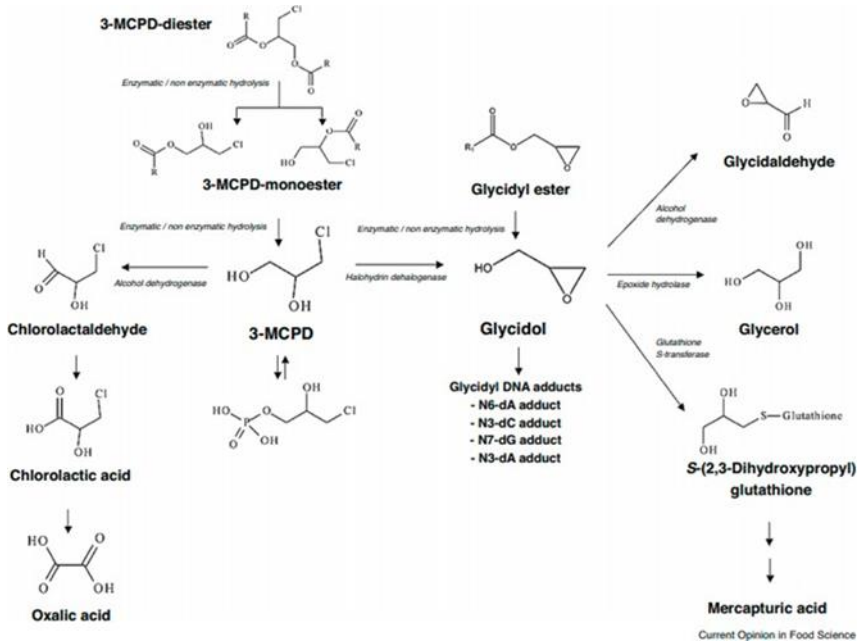


Şekil 2. 3-MCPD esterleri ve GE oluşum ve dönüşüm yollarının özeti((Wang & ark., 2021).

3-MCPD oluşumlarının ilk aşaması MAG, DAG ve TAG gibi öncü bileşiklerin H⁺ iyonları varlığında sıklık açılıksonyum

iyonlaşmasıdır. Yüksek sıcaklık uygulanması sonucunda ve ortamdaki su varlığında trigliseritler hidrolize olarak; mono ve digliseritlerin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. MAG'lerden açiloksonyum iyonu oluşumu ve bununla birlikte Cl içeren tuzların varlığında bu halkalı yapının sıcaklık etkisiyle açılarak Cl⁻ iyonları ile reaksiyona girmesi ve son olarak da 3-MCPD ve GE oluşumu aşamalarını içerdiği Şekil 2'de gösterilmektedir (Wang, Lui & Cheng, 2021).

Deneysel kanıtlar, hem 3-MCPDE'nin hem de GE'nin, gastrointestinal kanalda büyük ölçüde serbest formlarına hidrolize olduğunu göstermiştir. İnsan toksisitesine ilişkin yeterli kanıt olmamasına rağmen, bu bileşiklerin sindirim sırasında 3-MCPD ve glisidole dönüştüğü dolayısıyla genotoksik kanserojen olarak kabul edilir (Şekil 3) ve IARC tarafından GE'lerin insanlarda muhtemel genotoksik ve kanserojen (2A Grubu) etkisine sahip iken, 3-MCPD'nin genotoksik olmayan olası kanserojen (2B Grup) etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Halk sağlığı değerlendirmeleri, toksisite ve kanserojenlik tehdidini ortadan kaldırmak için 3-MCPD ester ve GE'nin çeşitli yenilebilir yağlardan uzaklaştırılmasını gerektiğini vurgulamıştır. Şu an sınırlı gıda oluşum verileri ve yetersiz toksikolojik veri tabanı nedeniyle 2-MCPD ve esterleri şimdiye kadar değerlendirilmemiştir (Ahn & ark., 2020).



Şekil 3. 3-MCPDE ve GE için metabolik yollar(Arisseto & ark., 2018).

Yaygın olarak tüketilen yemeklik yağlarda yağ asidi içeriğinin büyük çoğunluğunu oluşturan yedi yağ asidi vardır: laurik asit, miristik asit, palmitik asit, linolenik asit, linoleik asit, oleik asit ve stearik asit. Bunlar en çok yenilebilir yağlarda 3-MCPD ve GE olarak bulunan yağ asitleridir. Bu yedi yağ asidi yedi farklı GE üretebilir. Asimetrik yapısı ve hem mono- hem de diester oluşturma kabiliyeti nedeniyle, 3-MCPD ile durum önemli ölçüde daha karmaşıktır. Yedi yaygın yağ asidi 28 farklı 3-MCPD diester ve 14 farklı 3-MCPD monoester ile sonuçlanabilir (MacMahon, 2016).

Gıdalarda 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Kızartmalar, paket çorbalar, bebek mamaları, krakerler, fast food ve hazır yemek ürünleri insan hayatını kolaylaştırıyor gibi görünse de insan sağlığını tehlikeye atabilecek birçok kirletici içerdiği bilinmektedir. Bu kirleticiler arasında yer alan ve yenilebilir

yağ kaynaklı gıdalarda bulunan MCPD ve GE türevleri vücuda alındığında lipaz enzimi tarafından serbest forma dönüştürülerek genotoksik ve kanserojen etki göstermektedir (EFSA, 2016; Kalkan & ark., 2021). 3-MCPD esterlerinin tespit edildiği yiyecek ve bileşenlerin listesini; rafine bitkisel yağlar, patates ürünleri, kızarmış yiyecekler, bebek mamaları, kahvaltılık gevrekler, et ürünleri, süt ürünleri, tahıl ve unlu mamuller, bisküviler, çorbalar, soslar ve kavrulmuş kahveyi içerir (Svejkovska & ark., 2004; Zelinkova & ark., 2006; Ariseto & ark., 2017; MacMohan & ark., 2013; Graziani & ark., 2017).

Katı ve Sıvı Yağlarda 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Son zamanlarda, AB yönetmeliği bitkisel sıvı ve katı yağlarda, gıdada bir bileşen olarak bulunan GE için maksimum seviyeyi 1 mg/kg olarak raporlanmıştır. Buna ek olarak, bebek maması ve işlenmiş tahıl bazlı gıdalar için hedeflenen bitkisel sıvı ve katı yağlar için GE seviyesi 0,5 mg/kg olarak belirlenmiştir (Kuhlmann, 2011).

Farklı literatür kaynaklarından elde edilen sonuçlara göre en yüksek değer aralığına sahip yağlar; pirinç kepeği, palm, margarin ve mısır olarak tespit edilmiştir (Razak & ark., 2012). Pirinç kepeği yağı için bu aralık 370-8340 µg/kg arasındadır ve yüksek bir farklılığa dayanmaktadır (Becalski & ark., 2015). Margarin ve mısır yağları için ise en yüksek seviyeler sırasıyla 7060, 7000 µg/kg olarak raporlanmıştır (BfR, 2012; Van Duijn 2009). Ortalama değerden bu kadar yüksek çıkmasının nedeni olarak farklı yağların eklenmesi (özellikle palm) gösterilmiştir. Gıdalarda sıklıkla kullanılan palm yağı için bu düzeyler dikkat çekicidir. MacMahon & ark., (2013) tarafından elde edilen verilere göre palm yağındaki 3-MCPD değer aralığı 1510-7230 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Farklı yenilebilir yağlarda MCPDE ve GE tespit miktarları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Farklı yenilebilir yağlarda MCPDE ve GE tespit miktarları

Yağ	N	3-MCPDE (µg / kg)				GE (µg / kg)
		Ort.	Değer Aralığı veya En Yüksek Değer	Ort.	Değer Aralığı	
Aspir	5	840	280-1770	250	-	MacMahon &ark., (2013)
Ayçiçeği	65	400	100-3500	100	-	Berg, (2013)
Badem	1	2110	-	30	-	Kuhlmann, (2011)
Ceviz	1	630	-	590	-	Kuhlmann, (2011)
Hindistan cevizi	7	170	25-380	800	-	MacMahon &ark., (2013)
Palm	14	3190	1510-7230	3500	-	Macmahon &ark., (2013)
Palm çekirdeği	6	1300	1000-1400	400	-	Berg, (2013)
Rafine palm	6	1330	180-2480	1870	100-3550	Kuhlmann, (2016)
Pamuk	2	430	140-720	500	470-530	Kuhlmann, (2011)

Soya Fasulyesi	191	394	392-396	171	159-186	EFSA, 2016
Susam (ham)3		290	160-450	77	TED-0,22	Kuhlmann, (2011)
Tereyağı	4	11	TED-45	13	TED-28	Kuhlmann, (2011)
Sızma Zeytin	20	0,1	TED-0,2	-	-	Hung& ark., (2017)
Zeytin	13	855	280-3777	643	TED-1880	Kamikata, &ark., (2019)

TED: Tespit edilemeyen değer

Bir başka çalışmada ise Ariseto & ark., (2014) Brezilya'da pazarlanan 97 bitkisel sıvı ve katı yağları 3-MCPD içerikleri ile ilgili olarak inceledi. Yazarlar, farklı üreticilerden/markalardan örnekler dahil etmiş ve aynı üretici için temsil edilebilirliği sağlamak için farklı partiler seçilmiştir. Analiz edilen diğer bitkisel yağlarla karşılaştırıldığında, sadece prina yağı, palm yağından daha yüksek 3-MCPD değeri (5,09 mg/kg) göstermiştir.

Fan & ark., (2021) tarafından Çin Hangzhou pazarında 241 bitkisel yağ gıda numunesi analiz edilmiş, 3- ve 2-monokloropropandiolün (3-MCPD ve 2-MCPD) yağ asidi esterleri (GC- MS/MS) ile incelenerek rapor edilmiştir. Bitkisel yenabilir yağlar; kolza, susam, soya fasulyesi, pirinç, zeytin, yerfıstığı, hardal tohumu, ayçiçek, çay tohumu, harmanlanmış yağ, keten tohumu ve mısır yağıdır. Yemeklik yağdaki 3- MCPD esterlerinin seviyeleri, tespit edilmeyen ile 7,98 mg/kg arasında değişmekte ve en yüksek ortalama seviyeler, 2,94 mg/kg konsantrasyonlarla çay tohumu yağında bulunmuştur. 2-MCPD seviyelerinin esterleri, tespit edilmeyen ile 4,03 mg/kg arasında değişmektedir ve en yüksek ortalama seviyeler, 1,49 mg/kg içeren çay tohumu yağında

bulunmuştur. 3-MCPD esterlerinin ortalama konsantrasyonları: zeytinyağı <soya fasulyesi yağı <harmanlanmış yağ<mısır yağı <kolza tohumu yağı <fıstık yağı <çay tohumu yağı olarak rapor edilmiştir. 2- MCPD esterleri için ise bu değerler zeytinyağı <soya fasulyesi yağı <harmanlanmış yağ <kolza tohumu yağı <yer fıstığı yağı <mısır yağı <çay tohumu yağı şeklindedir. 3-MCPD esterlerinin farklı yemeklik yağ gruplarındaki ortalama diyet alım aralığı günde 0,096 ile 1,54 µg/kg vücut ağırlığı (bw) arasında olup Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından belirlenen tolere edilebilir günlük alım miktarından (TDI) daha düşük bulunmuştur (2 µg/kg vücut ağırlığı/gün).

Preslenmiş yağlarda GE'lerin ve 3-MCPDE'lerin oluşumunu araştıran bir başka çalışmada ise tohum tipi ve kullanılan presleme makinesi (hidrolik yağ presi ve vidalı yağ presi) ile GE ve MCPD arasındaki ilişki incelenmiştir. Chen & ark., (2021) tarafından yapılan bu çalışmada preslenmiş tohum yağlarında düşük seviyelerde GE ve 3-MCPDE (<0,2 µg/g) görülmüştür. Presleme öncesi yüksek sıcaklıkta tohum kavurma işleminin, yüksek DAG seviyelerinin bir sonucu olarak preslenmiş yağlarda gözlenen önemli miktarda GE ve 3- MCPDE'nin ana nedeni olduğu ortaya çıkmıştır. Farklı pres yöntemleriyle preslenmiş çeşitli yağlardaki glisidil esterlerin ve 3-MCPD esterlerin ortalama konsantrasyonları Tablo3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Vidalı pres ve hidrolik pres yöntemleriyle hazırlanan çeşitli preslenmiş yağlarda glisidil esterlerin ve 3-MCPD esterlerin ortalama konsantrasyonları (Chen & ark.,2021)

Yağ örneği	Glisidol eşdeğerleri (µg/g)		3-MCPD eşdeğerleri (µg/g)	
	Vida pres	Hidrolik	Vida pres	Hidrolik pres
Badem yağı	<LOQ	0,11	<LOQ	<LOQ
Siyah susam yağı	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Siyah soya fasulyesi	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,02	<LOQ	<LOQ
Kamelya yağı	<LOQ	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,02	<LOQ
Altın keten tohumu yağı	<LOQ	0,14	<LOQ	<LOQ
Keten tohumu yağı	<LOQ	0,07 ± 0,02	<LOQ	<LOQ
Fıstık yağı	0,05 ± 0,01	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Çam tohumu yağı	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kabak çekirdeği yağı	0,07 ± 0,01	0,15	<LOQ	<LOQ
Soya yağı	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,02	<LOQ	<LOQ
Ayçiçek yağı	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Çay tohumu yağı	<LOQ	0,08 ± 0,04	0,02 ± 0,01	<LOQ
Ceviz yağı	<LOQ	0,12 ± 0,09	<LOQ	<LOQ
Beyaz susam yağı	<LOQ	0,08 ± 0,04	<LOQ	<LOQ

Almoselhy & ark., (2021) yaptığı çalışmada ise Mısır yerel marketlerinden satın alınan bitkisel yemeklik yağlarda (palm, palm olein, sızma zeytin, mısır, ayçiçeği, soya fasulyesi, zeytin ve pirina) ve karışımlarında 3-monokloropropandiol (3-MCPD) mevcudiyeti ve potansiyel sağlık riskleri geniş çapta rapor edilmiştir. Çalışılan yağlar arasında 3-MCPD içeriğinin oluşumu ve varyasyonu, 93,1 µg/kg ile 5634,1 µg/kg arasında değişen farklı seviyelerde rapor edilmiş, maksimum değer palm yağı (5634,1 µg/kg) ve sırasıyla palm olein (5576,8 µg/kg), mısır yağı (2447 µg/kg), ayçiçek yağı

(1817,3 µg/kg), soya fasulyesi yağı (1486,1 µg/kg), prina yağı (572,5 µg/kg), %5 ayçiçek yağı karışımı sızma zeytinyağı (210 µg/kg) ve sızma zeytinyağı (93,1 µg/kg). Palm, palm olein, mısır, ayçiçeği ve soya fasulyesi yağları Komisyon Yönetmeliği (AB) 2020/1322 tarafından önerilen limitlerin dışında bulunurken, sızma zeytinyağı, pirina yağı ve %5 ayçiçek yağı ile sızma zeytinyağı karışımı, AB tarafından önerilen sınırlar içinde ve uyumlu olarak rapor edilmiştir. Ayrıca, 3-MCPD içeriği, hakiki sızma zeytinyağının orijinallliği ve kalitesi için iyi bir araç olarak kullanılabilir görüşünü bildirmiştir.

Palm Yağında 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Palm yağının yüksek sıcaklıklarda ve depolama sırasında sağladığı yüksek stabilite, nötr koku ve tat gibi önemli duyuşal özellikler ve kremşı doku gibi çeşitli faydaları nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Norhaizan & ark., 2013; Sampaio & ark., 2017).

Palm yağı, diğır yağlara kıyasla 3-MCPD esterleri ve GE gibi kirlotici maddelerin en yüksek konsantrasyonlarını gösteren yemeklik yağıdır. Bunun nedeni, bitkinin endojen metabolizmasından kaynaklanan yüksek miktarda klorlu madde, yetiştirilmesi sırasında klorür tuzları içeren gübrelerin kullanılması ve rafınasyon işleminin ağartma aşamasında HCl ile aktifleştirilmiş killerin kullanılması sayılabilir (Santiago & ark., 2021).

Karşulínová & ark., (2007), dört işlenmemiş zeytinyağı, dokuz işlenmemiş tohum yağı, beş palm çekirdeğı yağı ve dört palm yağı dahil on dokuz çeşit rafine bitkisel yağdaki 3-MCPD içeriğini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek 3-MCPD içeriğinin palm yağı numunelerinde (2,82 mg/kg) ve en düşük miktarların işlenmemiş yağlarda (0,06-0,08 mg/kg) bulunduğıu raporlanmıştır.

57 bitkisel yağ numunesinin 3-MCPD içeriğı açısından incelendiğı bir başka çalışmada ise ve yağ türüne bağılı olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Örneğın, rafine palm yağı ve palm yağı

bazlı yağların 12 örneğinden oluşan bir parti analiz edilmiş ve toplam 3-MCPD esterleri 2,16 ile 15,2 mg/kg arasında değişirken, rafine edilmiş palm çekirdeği yağı çok daha düşük (1,7 mg/kg) bir içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Diğer bitkisel yağlarla karşılaştırıldığında mısır yağı, palm çekirdeği yağına benzer bir içeriğe sahiptir ve en düşük içerik kolza yağı (0,4 mg/kg) için belirlenmiştir (Weißhaar & Perz, 2010).

Son yayınlarda, palm yağının rafine edilme sürecinde yüksek miktarda 3-MCPDE ve GE ürettiği sürekli olarak bildirilmektedir. Tablo 4’de farklı ülkelerdeki yerel ve lokal marketlerdeki palm yağı ürünlerinde kloropropanol oluşumuna ilişkin veriler sunulmaktadır. Farklı literatürlerdeki veriler incelendiğinde Almanya, yerel üreticilerde satılan ve deodorize aşamasında 250°C, 3 saat sürdürülen işlemlerde 3-MCPD ve GE seviyeleri sırasıyla 3,3 ve 4,4 mg/kg olarak çıkmakta, Amerika Birleşik Devletleri’nde satılan rafine palm yağı ürünlerindeki GE 30,2 mg/kg seviyelerine kadar yükselebilmektedir.

Tablo 4. Palm yağı ürünlerinde kloropropanoller ve glisidil yağ asidi esterleri(Chen &ark., 2021)

Yağ Menşei	Örnekler	3-MCPDE (mg/kg)	GE (mg / kg)
Almanya, yerel üreticiler	Rafine palm yağı	2,16-15,2	0,32-6,3
	Palm çekirdeği yağı	1,7	0,5
	Deodorize palm yağı (210 ° C, 6 saat)	2,8	0,3
	Deodorize palm yağı (230 ° C, 6 saat)	2,7	0,8

	Deodorize palm yağı (250 ° C, 3 saat)	3,3	4,4
	Deodorize palm yağı (250 ° C, 6 saat)	3,3	2,9
Almanya, lokal marketler	Palm çekirdeği yağı	0,2-0,9	0,3-2,5
	Degumming ve ağartılmış palm yağı	1	<0,1
	Palm yağı	1,1-10	0,3-18
ABD, gıda üreticileri	Ham palm yağı	<LOQ	<LOQ
	Palm yağı	2,37-13,40	0,33-10,52
	Palm çekirdeği yağı	0,76-0,40	0,38-0,65
	Palm stearin	5,73	3,58
	Rafine palm yağ	-	30,2
Çin, marketler	Rafine palm yağı	1,5	-
Japonya, lokal satış	Palm, yarı katı	3,30-3,95	0,26-3,53
	Palm, katı	TED-9,23	TED-1,67
Avrupa	Palm yağı	4,54±0,2	0,73±0,05

Palm yağlarında kızartma işlemi ile 3-MCPD ve GE gelişimi de önemli bir konudur. Şirinyıldız (2019) yaptığı çalışmada farklı sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirilen sığ kızartma işleminin, beş farklı yemeklik yağın (ayçiçek, mısır, fındık, natürel zeytinyağı, margarin) 3- MCPD ester, glisidil ester içerikleri ile yağ asidi bileşimleri üzerine etkisini araştırmıştır. Yemeklik yağlara 160°C, 180°C ve 200°C sıcaklıklarda 5,10 ve 15 dakika süreyle kızartma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen veriler incelendiğinde en yüksek 3-MCPD içeriği 180°C’de 5 dakika kızartma işlemine tabi tutulan margarinde (1,79 mg/kg) tespit edilmiştir. Margarin ile gerçekleştirilen tüm sürelerde tüm değerler diğer yemeklik yağların verilerin yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin margarin formülasyonlarında yüksek miktarda palm yağı çeşitlerinin kullanılması olduğu düşünülmektedir. Margarin dışındaki diğer yemeklik yağlardaki en yüksek değer ise 0,64 mg/kg ile 200°C’de 15 dakika kızartılmış mısır yağında tespit edilmiştir. GE içerikleri incelendiğinde ise margarin en yüksek değer aralıklarına (0,54-0,73 mg/kg) sahiptir. Margarin dışındaki yemeklik yağlarda en yüksek seviye 160°C’de 15 dakika ve 200°C’de 5 ile 10 dakika kızartılan fındık yağında (0,14 mg/kg) görülmüştür.

Zeytinyağında 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Dünya çapında ticareti yapılan bitkisel yağlar arasında zeytinyağı (*Olea europaea*) en eskilerden biridir ve Akdeniz diyetinde önemli bir rol oynar. Organoleptik özellikleri, yüksek besin değeri, yüksek tekli doymamış yağ asitleri içeriği ve antioksidan özellikleri nedeniyle yaygın olarak tüketilmektedir (Van Durme & Vandamme, 2016).

Sızma zeytinyağları zeytin meyvelerden sadece mekanik veya fiziksel yollarla elde edilir. İşlem, yüksek sıcaklıkların kullanılmasını gerektirmediğinden, rafine bir yağ ilavesiyle taşış olmadıkça, bu ürünlerde MCPD ve GE varlığı beklenmemektedir. (Kamikata & ark., 2019). Becalski, & ark., (2015) Kanada’da satın alınan zeytinyağı örneklerini analiz etmiş ve 3- MCPDE için 0,58 ile

1,56 mg/kg, 2-MCPDE için 0,28-0,61 mg/kg ve GE için 0,29-0,93 mg/kg değerleri tespit edilmiştir.

Hung & ark., (2017) 22 rafine zeytinyağı örneğini değerlendirmiş ve bu zeytinyağı örneklerindeki 3-MCPDE için minimum seviye 0,97 mg/kg olarak bulunurken en yüksek seviye 7,61 mg/kg olarak bildirilmektedir.

Kamikata & ark., (2019) Brezilya'da pazarlanan zeytinyağı ürünlerindeki 3-MCPDE, 2- MCPDE ve GE seviyelerini belirlemek ve bunların zeytin için oluşturulan bazı kimlik ve kalite parametreleri ile olası korelasyonlarını değerlendirmişlerdir. Örnekler sızma zeytinyağı, zeytinyağı ve yağ karışımı olarak satılan ürünleri içermektedir. Sızma zeytinyağı olarak etiketlenen numunelerde, 3-MCPDE seviyeleri 0-1,16 mg/kg arasında, 2-MCPDE düzeyleri 0- 0,58 mg/kg arasında ve GE seviyeleri ise 0-1,98 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Zeytinyağı olarak satılan numuneler için 3-MCPDE değerleri 0,28-3,77 mg/kg, 2-MCPDE için 0,17-1,91 mg/kg arasında ve GE için 0-1,88 mg/kg arasında değişen konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Yağ karışımı örneklerinde ise 3-MCPDE seviyeleri 0,18-0,61 mg/kg, 2-MCPDE seviyeleri 0-0,25 mg/kg ve GE 0,31-1,84 mg/kg aralığında raporlanmıştır. Sızma zeytinyağının işlenmesi sırasında yüksek sıcaklıkların kullanılmasını gerektirmediğinden, bu esterlerin bu ürünlerde ölçülebilir seviyelerde olması beklenmemiş olup, bu da bir tür rafine yağ ilavesiyle karıştırıldığını düşündürmektedir.

Fırıncılık Ürünlerinde 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Yapılan araştırmalar 3-MCPD'nin hidroklorik asit ile işleme tabi tutulmamış gıdalarda da bulunduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar yerel pazarlarda araştırmalar yapmış ve hidrolize sebze proteini (HVP) ve soya sosu dışındaki çok çeşitli gıdaların 3-MCPD içerebileceğini bildirmişlerdir. Bu gıdalar yaygın olarak tüketilen ve yüksek sıcaklıklarda hazırlanan erişte, et, kek, ekmek ve bisküvileri içerir. 3-MCPD bu gıdalarda üretim ve termal işlemler sırasında doğal olarak bulunan veya örneğin fırınlamada olduğu gibi eklenen sodyum klorür ile açilgliserollerin etkisiyle oluşur. 3-

MCPD'nin fırınlama işlemi sırasında lipaz ile enzimatik hidroliz gibi belirli işleme koşulları altında salındığı gösterilmiştir (Mogol & ark., 2014).

Goh & ark., (2019) palm yağı ve palm yağı fraksiyonları ile farklı pişirme sıcaklıklarının 3-MCPD, 2-MCPD ve GE kek ürününün eldesindeki ilişkiyi incelemişlerdir. Pişirme için margarin (palm bazlı), palm yağı, yumuşak stearin palm yağı, orta sert palm yağı ve katı stearin palm yağı olmak üzere beş çeşit palm ve palm fraksiyonu yağ seçilmiştir. Kekler, farklı pişirme sıcaklıklarında (160, 180 ve 200°C) 20 dakika pişirilmesi ile elde edilmiştir. Araştırma sonucu elde edilen bulgular Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 160,180 ve 200°C pişirme işleminden önce ve sonra farklı katı ve sıvı yağlarla pişirilen ürünlerden elde edilen yağların ekstrakte edilen kısmının 3-, 2-MCPD ve GE içeriği(Goh&ark.,2019)

		Sıcaklık	Margarin	Yumuşak	Katı stearin	Orta sert	Palm
				stearin		stearin	yağı
3-MCPD esterleri, mg/kg	Çiğ	1,766 ±	2,504 ±		1,233 ±	1,303 ±	3,749 ±
		0,099	0,106		0,087	0,095	0,435
	160	1,754 ±	2,287 ±		1,346 ±	1,226 ±	3,179 ±
		0,054	0,099		0,336	0,101	0,055
	180	1,645 ±	2,106 ±		1,112 ±	1,397 ±	3,400 ±
		0,086	0,030		0,082	0,221	0,115
	200	1,922 ±	1,956 ±		1,043 ±	1,129 ±	3,171 ±
		0,312	0,114		0,023	0,188	0,158
	Çiğ	0,732 ±	1,359 ±		0,663 ±	0,744 ±	1,932 ±
		0,063	0,053		0,033	0,069	0,137
	160	0,856 ±	1,585 ±		0,776 ±	0,689 ±	1,948 ±
		0,200	0,525		0,078	0,033	0,137
	180	0,655 ±	1,461 ±		0,559 ±	0,876 ±	2,459 ±
		0,086	0,103		0,118	0,095	0,269
	200	0,641 ±	1,530 ±		0,592 ±	0,846 ±	2,469 ±
		0,195	0,037		0,127	0,019	0,427
	Çiğ	3,893 ±	2,969 ±		4,229 ±	4,076 ±	6,610 ±
		0,062	0,142		0,299	0,097	0,539
	160	0,973 ±	0,935 ±		1,123 ±	1,229 ±	1,847 ±

	0,047	0,033	0,055	0,033	0,059
180	0,132 ±	0,573 ±	0,973 ±	1,263 ±	2,113 ±
	0,023	0,072	0,112	0,092	0,139
200	0,153 ±	0,136 ±	1,102 ±	1,220 ±	1,741 ±
	0,079	0,023	0,046	0,108	0,381

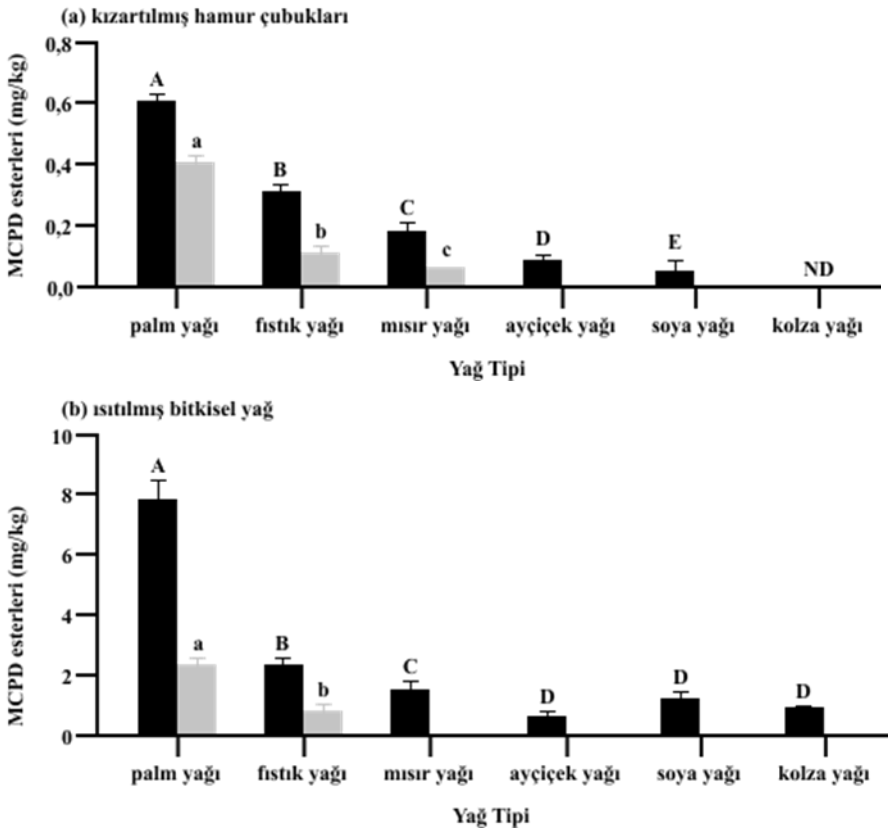
Pişmiş keklerden elde edilen sonuçlar Tablo 5’de listelenmiştir. Örneklerde, palm yağında bulunan 3-MCPD ($3,749 \pm 0,435$ mg / kg), 2-MCPD esterleri ($1,932 \pm 0,137$ mg / kg) ve GE ($6,610 \pm 0,539$ mg / kg) içeriği en yüksek seviyededir. 2- ve 3-MCPD esterlerinin içeriği, orijinal ham numune ile karşılaştırıldığında, pişirme sıcaklığının 160°C ’den 180°C ’ye yükseltilmesinin 2- ve 3-MCPD içeriğini yükseltmediği bildirilmektedir. Pişirme sıcaklığı 200°C ’ye yükseltildiğinde, 3-MCPD ester içeriği palm yağı ve yumuşak stearin örneklerinde anlamlı olarak daha düşük sonuçlanmıştır ($p < 0.05$). Margarin numunesinde ise 3-MCPD esterde hafif bir artış gözlemlenmiştir. MCPD ester içeriği, farklı pişirme sıcaklıklarından anlamlı olarak etkilenmediği tespit edilmiştir. GE’nin ise sıcaklığın artmasına karşı aşırı derecede savunmasız olduğu ve pişirme sıcaklığının artmasıyla içeriğin sürekli olarak azaldığı görüldü. Bununla birlikte genel olarak kirletici maddelerin içeriği, katı yağlara kıyasla sıvı yağlarda daha yüksek görülmüştür. Ek olarak, 2- ve 3-MCPD ester oluşumu, yağ bileşiminden, özellikle kısmi açilgliserol içeriğinden etkilenebildiğini göstermiştir (Goh & ark 2019).

Mogol & ark., (2014) farklı yağlarda hazırlanan bisküvilerin zaman ve sıcaklığa bağlı olarak 3-MCPD, 2-MCPD ve bağlı-MCPD değerleri açısından incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre mısır yağı ile hazırlanan bisküvilerdeki serbest 3-MCPD içeriği $0,018-0,074$ mg/kg iken 2-MCPD içeriği $0,002-0,008$ mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Aynı şekilde artan pişirme süresi ile hem serbest 3-MCPD hem de 2-MCPD konsantrasyonlarının arttığı görülmüştür. 220°C ’de pişirilen bisküvilerdeki 3-MCPD ve 2-MCPD

konsantrasyonları, pişirme süresi 7 dakikadan 11 dakikaya çıkarıldığında sırasıyla 4,1 ve 3,7 kat artmıştır. Benzer sonuçlar artan pişirme sıcaklıkları için de görülmüştür. Artan pişirme sıcaklıkları bisküvilerin 3-MCPD ve 2-MCPD konsantrasyonlarında artışa yol açmıştır. Sıcaklık 200'den 220°C'ye yükseldikçe, 11 dakika pişirilen bisküvilerde 3-MCPD ve 2-MCPD konsantrasyonları sırasıyla 3,2 ve 2,6 kat artış göstermiştir. Bisküvi formülasyonunda farklı yağların 3-MCPD, 2-MCPD ve bağlı-MCPD oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemek için mısır yağı dışında kanola, fındık, zeytin ve yer fıstığı gibi bir dizi farklı bitkisel yağlar da kullanılmıştır. Farklı yağlarla hazırlanan tüm bisküvilerin 3-MCPD içeriği ~0,06 mg/kg olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel analiz, bu bisküvilerin 3-MCPD içerikleri arasında önemli bir fark olmadığını göstermiştir ($p<0,05$). Bu çalışmada kullanılan rafine yağlar arasında rafine zeytinyağı ile hazırlanan bisküvinin 2-MCPD ve bağlı-MCPD konsantrasyonları sırasıyla 0,075 ve 0,717 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulgularla birlikte 3-MCPD ve 2-MCPD oluşumunda proses parametrelerinin etkisi artan termal yük ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Termal işlem sırasında su ve buhar, TAG ve fosfolipidleri hidrolize ederek DAG, MAG, gliserol ile 3-MCPD ve 2-MCPD'nin öncüleri olarak işlev gören diğer ürünleri üreteceği kanısına varılmıştır. Sonuçlar gıda güvenliği açısından incelendiğinde, bisküvilerde pişirme sırasında oluşan 3-MCPD miktarlarının, Avrupa Komisyonu tarafından HVP ve soya sosu için belirlenen maksimum değeri (20 µg/kg) aştığını göstermiştir.

Stauff & ark., (2020) yaptığı çalışmada Alman pazarındaki fırıncılık ürünlerinde serbest ve bağlı MCPD ve bağlı GE içeriğini ve oluşumunu değerlendirmektedir. Beklendiği gibi MCPDE sadece rafine bitkisel yağ ile üretilen ürünlerde ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek 3-MCPD içeriğine sahip gıda ürünleri sırasıyla pekmez (22,8 µg/kg), gevrek ekmek (14,1 µg/kg) ve gofret (10,0 µg/kg) olmuştur. GE seviyeleri için elde edilen rapora göre ise ortalaması 35,9 µg/kg olsa da bir kek örneğinde en yüksek seviye olan 127,8 µg/kg elde edilmiştir.

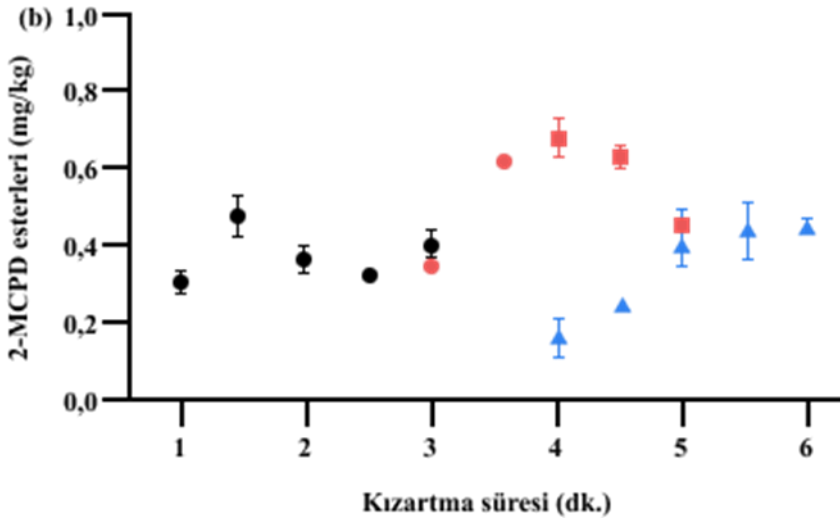
Yuan & ark., (2022) Asya mutfağına özgü kızartılmış hamur çubuklarının 2-monokloro-1,3-propandiol ve 3-monokloro-1,2-propandiol esterlerinin oluşumundaki farklı yağ ile kızartma sıcaklığı ve zaman kombinasyonunun ilişkisi araştırılmıştır. Kızartma işlemlerinde altı rafine edilmiş bitkisel yağ (soya yağı, kolza yağı, ayçiçek yağı, mısır yağı, fıstık yağı ve palm yağı) kullanılmıştır. Altı rafine bitkisel yağdaki MCPD esterlerinin ısıtılması ve hamur çubukları ile kızartılması ile elde edilen sonuçlar Şekil 4’de gösterilmektedir.

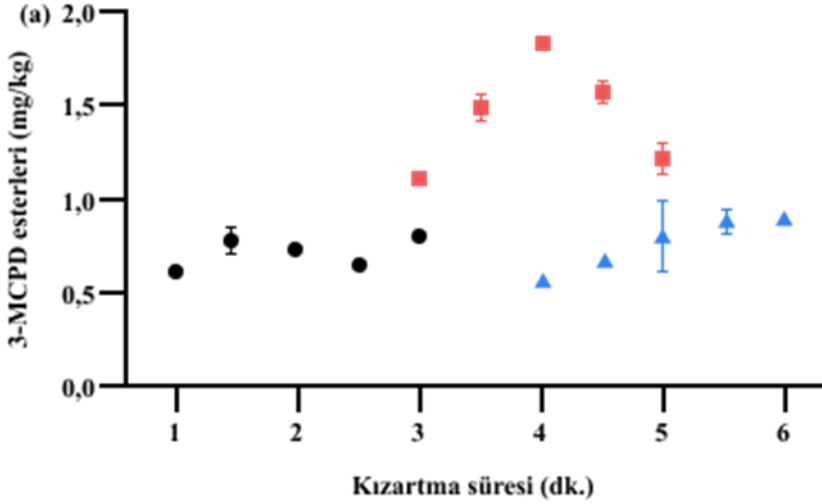


Şekil 4. Yağ türlerinin (a) kızartılmış hamur çubuklarının, (b) 180 °C'de 4 dakika kızartma sırasında ısıtılmış bitkisel yağın MCPD ester içeriği üzerindeki etkileri (siyah renkli sonuçlar: 3-MCPD

esterleri; gri renkli sonuçlar: 2-MCPD esterleri). ND: tespit edilemedi ($<LOD$). A-D: 3-MCPD esterleri üzerindeki nemli yağ türü farkı, büyük harflerle belirtilmiştir ($P<0,05$). a-c: 2-MCPD esterleri üzerindeki önemli yağ türü farkı, küçük harflerle belirtilmiştir ($P<0,05$)(Yuan&ark.,2022)

Elde edilen sonuçlara göre yağ türlerinin kızartılmış hamur çubuklarındaki MCPD esterlerinin içeriğini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir ($P<0,05$). Palm yağındaki hamur çubuklarının 3-MCPD esterleri ve 2-MCPD esterleri sırasıyla 0,60 mg/kg ve 0,41 mg/kg değerlerine ulaşmıştır ve bu da 6 yağ içerisindeki en yüksek seviyedir. Kolza yağı ile kızartma işleminde ise hiçbir MCPD esteri tespit edilmemiştir. Sonuçlar şekil 5’de gösterilmektedir.





Şekil 5. Derin yağda kızartılmış hamur çubuklarındaki (a) 3-MCPD esterlerinin, (b) 2-MCPD esterlerinin içeriğine sıcaklıkların etkisi (siyah daire: 220 °C; kırmızı kare: 200 °C; mavi üçgen: 180 °C)(Yuan &ark.,2022)

Araştırmanın devamında hamur çubuklarının palm yağı ile 180 °C'de 4 ile 6 dakika, 200°C'de 3 ile 5 dakika ve 220 °C'de 1 ile 3 dakika arasında kızartılması ile MCPD ester içerikleri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre 3-MCPD esterlerinin en yüksek içeriği 200 °C'de 4 dakika boyunca kızartılması ile elde edilmiş ve bu değer 1,87 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 2- MCPD esterleri için de en yüksek değer yine 200 °C'de 4 dakika boyunca kızartılması ile elde edilmiş ve bu değer 0,68 mg/kg tespit edilmiştir. Sıcaklık 180°C'den 200°C'ye yükseldiğinde, 3-MCPD esterleri 1,62 kat artmış, 2-MCPD esterlerinde ise 1,51 kat artış görülmüştür. Yazarlar MCPD esterlerindeki artışın pişirme sürecinde oluşum hızının bozunma oranını aşmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

Bebek Mamalarında 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Bebeklerin ve küçük çocukların (yeni yürümeye başlayan çocuklar) fiziksel, duygusal ve bilişsel gelişimi, temelde yeterli beslenmelerine ve farklı yiyeceklerin sunulma zamanına bağlıdır.

Doğumdan sonraki ilk iki yıl boyunca bebeklerin ve küçük çocukların beslenme ihtiyaçları hızla değişir ve beslenme düzenleri anne sütü, bebek maması/devam formülleri gibi ürünlerden meyve suları, tahıl bazlı yiyecekler gibi daha karmaşık gıda ürünlerine kadar çeşitlilik gösterir. Sıvı yiyecekler ve katı yiyecekler (püre haline getirilmiş meyveler, sebzeler, yoğurt vb.) bu süre zarfında daha sonraki beslenme davranışlarını ve sağlığını etkileyebilecek beslenme alışkanlıkları oluşturur.

EFSA, toz halindeki bebek formülünde maksimum MCPD seviyeyi 75 µg/kg (Temmuz 2019'da 50 µg/kg'a düşürülmüştür) GE için ise sıvı formülde maksimum seviye 10 µg/kg (Temmuz 2019'da 6 µg/kg düşmüştür) belirlenmiştir (EFSA, 2018).

Bebeklere (<1 yaş) ve yeni yürümeye başlayan çocuklara (1-3 yaş) yönelik mamalar, bebek mamaları ve devam mamaları, işlenmiş tahıl bazlı yiyecekler ve diğer bebek mamaları patojenleri (*Cronobacter sakazakii*, *Salmonella* serovars) gibi biyolojik tehlikelerden ve kimyasal tehlikeler arı olmalıdır. Bununla birlikte bebekler ve küçük çocuklara yönelik gıdalarda istenmemesine karşın nitrat, ağır metaller (kurşun, arsenik, kadmiyum, cıva, inorganik kalay), ftalatlar, esterler, PAH, pestisit kalıntıları, mikotoksinler, 3-ve 2-MCPD ve GE gibi çeşitli kimyasal tehlikeler de içerebilmektedir (Kirimker & ark., 2020).

Gıda üreticileri palm yağını; bulunabilirliği, çok yönlülüğü ve diğer bitkisel yağlara kıyasla nispeten düşük maliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanmaktadır. Palm yağı ve türevleri, birçok tüketici ürününde ortak bileşenler haline gelmiştir. Ticari bebek mamalarının da çoğu, yüksek beslenme profili sağlanması için rafine palm yağı ile güçlendirilmektedir (Sim & ark., 2020). MCPD ve GE maruz kalma ile ilişkili potansiyel riskler nedeniyle, bebek formülünde rafine bitkisel yağların kullanımına dair araştırmalar artmıştır. Bu rafine yağlar bebek mamasında birincil yağ kaynağı görevi gördüğü için, Almanya'daki Federal Risk Değerlendirme Enstitüsü (BfR), mama ile özel olarak beslenen bebeklerin önemli miktarlarda 3-MCPD ve GE maruz kaldığını ortaya koymuştur (Buhrke & ark.,

2011). Farklı çalışmalardaki farklı ülkelerden elde edilen bebek maması ürünlerinde MCPDE'ler ve GE'ler Tablo 6 ve 7' de gösterilmektedir.

Tablo 6. Bebek formülündeki 3-MCPD, 2-MCPD ve glisidil esterlerin ($\mu\text{g/kg}$) konsantrasyonları(Nguyen&Fromberg,2020)

Bebek Maması Menşei	Yılı, örnekler	3-MCPD (aralık; ortalama)	2- MCPD (aralık; ortalama a)	GE (aralık; ortalama)
Almanya	2013, toz	0,067-0,177; 0,109	0,024- 0,085; 48,5	0,040- 0,213;0,093
Amerika	2013, 2016 normaliz e sıvı form	0,003-0,119;0,013	;0,054	0,001-0,050;
Çekya	2006, toz	0,062- 0,588;0,312(medya n)	-	-
Avrupa	2012- 2013, toz	;0,108	;0,044	;0,087
Brezilya	2015, toz	TED-0,600;0,220	;0,150	TED-0,750;
Çin	2015 öncesi, toz	TED-0,316;0,185	TED- 0,052; 0,041	-
Danimar ka	2019, toz	0,0086-0,065; 0,036	0,0013- 0,029; 0,015	0,0031- 0,031; 0,0134
Danimar ka	2019, sıvı	0,0037-0,0085; 0,0064	0,0015- 0,0037; 0,0027	0,0006- 0,0016;0,00 12

TED: Tespit edilemeyen değer; LOQ: Tayin Limiti

Tablo 7. 2012'den 2013'e kadar toplanan Kanada bebek maması örnekleri sonuçları(Wenzl &ark., 2015)

Bebek Maması Menşei	Yılı, örnekler	3-MCPD (aralık; ortalama)	2-MCPD (aralık; ortalama)	GE (aralık; ortalama)
Kanada	2012, beş konsantre numune	0,006-0,07; 0,0346	0,003- 0,035; 0,0164	<LOQ- 0,033; 0,0107
	2013, beş konsantre numune	<LOQ- 0,073; 0,0358	0,002- 0,032; 0,0148	<LOQ- 0,016; 0,0078
	2012, on toz numune	<LOQ- 0,089; 0,0464	<LOQ- 0,047; 0,0215	<LOQ- 0,070; 0,0217
	2013, on toz numune	<LOQ- 0,080; 0,0355	<LOQ- 0,029; 0,0137	<LOQ- 0,040; 0,0156

Elde edilen sonuçlar EFSA tarafından yayınlanmış olan sınırlamalar ile karşılaştırıldığında toz numunelerin alındığı ülkelerden Kanada (0,464 mg/kg ve 0,0355 mg/kg) ve Danimarka'nın ortalama değerleri (0,036) bu sınırın altında; Almanya (0,109 mg/kg), Çekya (0,312 mg/kg), Avrupa (0,108 mg/kg), Brezilya (0,220 mg/kg), Çin'in (0,185 mg/kg) ise ortalama değerleri bu seviyenin üstünde bulunduğu raporlanmıştır. Bu değerlendirme sıvı formlar için yapıldığında Kanada (0,346 mg/kg ve 0,358 mg/kg), Amerika (0,013 mg/kg) ve Danimarka'dan (0,0064) elde edilen numunelerin tamamının bu seviyenin üstünde olduğu görülmektedir. Danimarka'dan elde edilen numunelerdeki birçok ürünün bu seviyenin altında kalmıştır. Bunun nedeninin “son dönemde artan bilinçlenme ile yağ ve gıda endüstrisinin MCPD esterleri ve GE'ler dahil olmak üzere proses kirleticilerinin azaltılması üzerinde çalışıyor olması” olarak raporlanmıştır.

EFSA tarafından 2016 yılında yayınlanan bilimsel raporda, yalnızca mama alan bebeklerin bile 3-MCPD'ye (toplam serbest ve

bağlı formlar) ve GE'lerden maruz kalma riskinin yüksek olduğu tahmin edilmiştir (EFSA CONTAM Panel, 2016). Ortalama tüketime dayalı olarak 2017 yılında bebeklerin tahmini günlük maruziyeti 3-MCPDE için 2,4 µg/kg canlı ağırlık ve GE için 1,9 µg/kg canlı ağırlık olarak tespit edilmiştir (EFSA CONTAM Panel, 2016). Bebek mamalarında MCPDE'lerin ve GE'lerin günlük tahmini alım değerleri Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8. Bebek mamalarında MCPDE'lerin ve GE'lerin günlük tahmini alımı(Nguyen &Fromberg, 2020)

Bölge	ÖrneklemeYılı	Yaş grubu (ay)	2-MCPDE alımı (µg/kg vücut ağırlığı/gün)	3-MCPDE alımı (µg/kg vücut ağırlığı/gün)	GE alımı (µg/kg vücut ağırlığı/gün)
Avrupa	2012-2013	1-4	1	2,4	1,9
Amerika	2013-2016	0-1	-	10	2
		2-3	-	8	2
		5-6	-	7	2
Brezilya	2015	0-5	-	2,49	3,65
Danimarka	2019	0-1	0,3	0,75	0,49
		2-5	0,19	0,23	0,15

Tablo 8'de ortalama bebek vücut ağırlığı 0-1 ay için 4,2 kg ve 2-5 ay için 7,3 kg olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 0 ila 5 aylık çocuklar için tahmini 3-MCPDE maruziyeti incelendiğinde Danimarka (0,75 µg/kg ve 0,23 µg/kg) bebek

mamalarından elde edilen sonuçlar Avrupa (2,4 µg/kg), ABD (9 µg/kg) ve Brezilya'daki (2,49 µg/kg) önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında en düşük seviyede olduğu görülür. Aynı zamanda esterlerin tüketildikten sonra %100'ünün serbest formlarına dönüştüğünü varsayılmıştır (EFSA CONTAM Panel, 2016). Danimarka verilerine göre 0-1 ay yaş grubu için 2-MCPDE'lerin günlük alımı 0,3 µg / kg vücut ağırlığı / gün olarak tespit edilmiştir. 2-5 aylık bebekler için ise bu değer 0,19 µg/kg vücut ağırlığı/gündür. Bununla birlikte, 0-1 aylık ve 2-5 aylık bebekler sırasıyla 0,75 ve 0,23 µg/kg vücut ağırlığı/gün 3-MCPDE'ye maruz kaldığı belirtilmiştir. Her iki yaş grubunda da tahmini 3-MCPDE maruziyet değerleri, EFSA tarafından yayınlanan 2µg/kg vücut ağırlığı/gün tolere edilebilir günlük alımdan (TDI) önemli ölçüde daha düşüktür (EFSA CONTAM Panel, 2018). Benzer şekilde, 0-1 aylık ve 2-5 aylık çocuklar için GE'lere maruz kalma sırasıyla 0,49 ve 0,15 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, diğer ülkelerde bildirilenlerden 5-10 kat arası daha düşük seviyedir. 3-MCPDE'nin en fazla maruziyeti Amerika Birleşik Devletleri'nde 0-1 aylık bebekler için görülürken, GE maruziyeti en fazla Brezilya'da 0-5 aylık bebeklerde görülür. Bu çalışmaya göre Danimarka dışındaki tüm ülkelerdeki ve tüm yaş gruplarındaki maruziyet EFSA'nın belirtmiş olduğu 2 µg/kg vücut ağırlığı/gün sınırını aşmaktadır.

Hollanda Ulusal Halk Sağlığı Enstitüsü (RIVM), 2017 de yaptığı bir çalışmada, Hollanda'da diyetle 3-MCPD'ye maruz kalmanın yaş grupları açısından incelemesi yapmıştır. 2-6 yaş aralığındaki çocukların yaklaşık %18'inin 3-MCPD için TDI'yi aşan bir alım miktarına sahip olduğunu ortaya konulmuştur. Yedi yaşındaki çocuklar, en yüksek maruziyet değerine sahipken, bu yaş grubunun %35'i 2 µg/kg vücut ağırlığını aşan TDI'nın üzerinde bir düzeye sahip olduğu bildirilmektedir (Boon & te Biesebeek, 2016).

Sadowska-Rociek & ark., (2018), 2016-2017 yılları arasında Polonya'da satın alınan patates cipsi, mısır cipsi, kraker, yer fıstığı, granola, müsli, mısır gevreği, şekerli, organik, glutensiz ve klasik bisküviler ile bebek bisküvilerinin de içinde bulunduğu gıdalardaki

3- MCPDE'lerin varlığını göstermişlerdir. Polonya bebek bisküvilerindeki 3-MCPD değeri 88 ile 443 µg/kg arasında değişen düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Nguyen & Fromberg, (2020), yaptığı çalışmaya göre 3-MCPD ve GE'lerin bebek ve küçük çocuk gıdalarındaki kontaminasyon derecelerini sıralamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre tahıl bazlı püre $\approx$ sıvı formül < tahıl bazlı püre tozu $\approx$ bebek pufları < toz formül < bebek bisküvileri olarak tespit edilmiştir.

Beekman & ark. (2021) 2019 yılında Alman süpermarketlerinden satın alınan 45 bebek maması ürünündeki 3-MCPD ve glisidil ester içeriğinin analiz etmiştir. Almanya'da 8 farklı üreticinin ürettiği 6 ay ve üzeri, 10 ay ve üzeri, 1 yaş ve üzeri, 2 yaş ve üzeri yeni doğan bebek ürünlerini kapsayan 45 adet toz bebek maması numunesi Almanya'daki süpermarketlerden satın alınmıştır. Bu formüllerin yağ içeriği yaklaşık %16 ile %31 arasında değişiklik göstermiş ve rafine palm, kolza tohumu, ayçiçeği, hindistancevizi, soya fasulyesi, balık ve/veya Mortierella alpina (M. alpina) yağlarından oluşmaktadır. Elde edilen sonuçlar 2015 yılında yapılan bebek formülleri ile karşılaştırılmıştır. 2019 veri seti ile 2015 yılında satın alınan Alman formülleri için toplanan oluşum verilerinin karşılaştırılması, ortalama bağlı 3-MCPD ve glisidol konsantrasyonlarının düştüğünü göstermektedir (sırasıyla 0,094'ten 0,054 µg g⁻¹ ve 0,010'dan 0,006 µg g⁻¹e). Beekman & ark., bunun sebebi olarak bebek formüllerindeki kirletici konsantrasyonlarını azaltmak için firmaların ek/geliştirilmiş azaltma önlemlerinin 4 yıllık süre boyunca uygulandığını düşündüklerini rapor etmiştir.

Cui & ark., (2021) Çinli bebek ve 0-3 yaş arası küçük çocuklarda tüketime sunulan bebek formüllerindeki 3- ve 2-MCPD esterleri için bir diyet maruziyet değerlendirmesi yapmıştır. Bu çalışmada, 2015 ve 2017 yılları arasında Çin'de satılan 874 bebek formülündeki 3- ve 2-MCPD esterleri analiz edilmiştir. Tüm bu bebek formülleri, paket etiketlemesine göre üç yaş aşamasına bölünmüştür (0-6 aylık bebekler için birinci aşama, 6-12 aylık bebekler için ikinci aşama, 13- 36 aylık bebekler için üçüncü aşama).

Üç aşama arasında formüllerdeki 3-MCPD esterlerinin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 0,081 mg/kg, 0,061 mg/kg ve 0,068 mg/kg olarak rapor edilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre bebeklerin ve küçük çocukların mama tüketiminden orta düzeyde 3-MCPD esterlerine maruz kalmalarının beklendiğini göstermiştir. Çinli bebeklerin ve küçük çocukların çoğunluğu için 3-MCPD esterlerinin maruz kalma seviyesi 2 µg/kg vücut ağırlığı/gün TDI'yi geçmemesine rağmen, küçük grupların sağlık kılavuz değerini aşan günlük alım değerleri düşünülmektedir. Maruziyet değerlendirmesi için yalnızca bebek formülleri dikkate alınmaktadır ancak bebeklerin büyük bir kısmı karma beslenmektedir; özellikle yeni yürümeye başlayan çocuklar, 3-MCPD esterleri de içerebilen tamamlayıcı gıdalar tüketmektedirler. Bu nedenle genel maruziyet tahmini, sunulan sonuçlardan daha yüksek olacaktır.

Diğer Gıda Ürünlerinde 3-MCPD ve Glisidil Esterler

Literatürde, farklı gıda ürünlerindeki 3-MCPD esterlerinin seviyelerini bildiren bir dizi çalışma yayınlanmıştır, literatürde yakın zamanda bildirilen gıdalarda ve gıda bileşenlerinde 3-MCPD, 2-MCPD ve GE konsantrasyonları Tablo 9' da gösterilmektedir. Katı ve sıvı yağlar ile bebek maması sonraki başlıklarda ayrıntılı olarak anlatıldığından tabloya dahil edilmemiştir.

Tablo 9. Gıdalarda ve gıda bileşenlerinde 3-MCPD, 2-MCPD ve GE'nin görülme seviyeleri(Arisseto & ark., 2018)

	Ort.	Değer Aralığı	Değer Aralığı	Ort.	Değer Aralığı
Et aroması	6 256,3	30,6-501,7	RE	RE	RE
Patates cipsi	5 431,4	<LOQ-604	RE	1,9	TED-9,5
Mısır gevreği	4 195	45-267	RE	TED	-
Kraker	5 449,4	112-748	RE	TED	-
Yer fıstığı	3 475,3	251-753	RE	TED	-
Granola	3 375	206-513	RE	9,16	TED-28,8
Müsli	3 353,6	86-585	RE	TED	-
Şekersiz	5 599,2	133-1501	RE	TED	-
bisküviler					
Organik	5 237	59-495	RE	TED	-
bisküviler					
Bebek	6 283,5	88-443	RE	TED	-
bisküvileri					
Klasik	5 590	363-870	RE	TED	-
bisküviler					
Sandviç ekmekleri ve	7 29 5	23-36	9,18-19	8	7,8-8,3

ekmekler

Kahvaltılık	6 26	19-33	10-20	17	16-18
	6		!		

tahıllar

Kahve	6 188	44-398	-	-	-
-------	-------	--------	---	---	---

N: Örnek sayısı; RE: Çalışmada rapor edilmedi; TED: Tespit edilemeyen değer; LOQ: Tayin Limiti

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek 3-MCPD değer aralığı ve ortalaması şeker içermeyen bisküvilerde görülmüştür. Bu değerler sırasıyla 133-1501 ve 599,2 µg/kg'dır. Çoğu gıda ürünü için 2-MCPD ve GE düzeyleri rapor edilmemiştir.

Son araştırmalar bağlı 3-MCPD'nin, salamura zeytin, kavrulmuş ve yeşil kahve, gevrek ekmek, kraker, patates cipsi ve patates kızartması, salam (ve türevleri; jambon, füme ve salamura), balık ve bazı peynirler gibi çeşitli gıda maddelerinde bulunduğunu da göstermektedir (Hamlet & ark., 2011). Diğer gıda ürünleri için yapılan diğer çalışmalarda ise Samaras & ark., (2016) waffle örneklerinde 250 µg/kg 3-MCPD tespit edilirken, Becalski & ark., (2016) tarafından yapılan çalışma ise çerezlerdeki 3-MCPD seviyeleri 29 – 470 ng/g aralığında tespit edilmiştir. Bu çalışmalar ek olarak kahve kremları, sprey kremlar ve et suyu bulyonlarda da sırasıyla 130–730, 50–730 ve 380–670 µg/kg aralıklarında sonuçlar elde edilmiştir (Karsulinová & ark., 2007).

Balık ve balık ürünlerindeki kirleticilere ilişkin sınırlı veriler yayınlanmıştır. Ostermeyer & ark., (2021) yaptığı çalışmada Alman pazarındaki balıkçılık ürünlerindeki serbest ve bağlı MCPD ve glisidil esterler incelenmiştir. 258 ticari numunenin incelendiği çalışmada, panelenmiş, önceden kızartılmış ve dondurulmuş balık ürünleri (örneğin, balık parmakları), derin yağda kızartılmış ve salamura balıklar, konserve ve tütülenmiş balıkların üretimi için, (ön)kızartma, pastörize etme ve tütüleme gibi termal işlemler uygulanmış ürünler seçilmiş olup, Tablo 10'da gösterilmektedir.

Tablo 10. Almanya yerel pazarlarında satılan tütülenmiş ve ısıt işlem görmüş balık ürünlerindeki MCPD ve glisidil esterler (µg/kg) (Ostermeyer & ark., 2021)

Ürün	n	3-MCPD-E (µg/kg) Ortalama ± Std (Min-Maks)	2-MCPD-E (µg/kg) Ortalama ± Std (Min-Maks)	G-E (µg/kg) Ortalama ± Std (Min-Maks)
Kızartılmamış				
Balık kroket	1	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Balık köftesi	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ekmekli balık filetosu	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Önceden kızartılmış				
Balık kroket	22	262 ± 179 (<LOQ-683)	115 ± 107 (<LOQ-490)	17 ± 14 (<LOQ-60)
Ekmekli balık filetosu	14	175 ± 201 (20-792)	76 ± 101 (369)	15 ± 12 (<LOQ-49)
Ekmekli kalamar halkaları	4	266 ± 203 (<LOQ-476)	59 ± 57 (<LOQ-141)	<LOQ
Kızarmış				
Balık köftesi	4	33 ± 16 (<LOQ-45)	<LOQ	36 ± 42 (<LOQ-97)

Almanya pazarında analiz edilen 2- ve 3-MCPD-E ve GE miktarları Tablo 10'da özetlenmiştir. Önceki çalışmalarda kızarmış balık ürünlerindeki bağlı MCPD miktarları ile (3- MCPD-E aralığı: <LOQ-808 µg/kg) bu araştırmadaki kızartılmış balık örneklerindeki miktarlar arasında (3-MCPD-E aralığı: <LOQ-792 µg/kg) önemli ölçüde fark bulunmamıştır. Bir örnek dışında, tüm önceden kızartılmış balık parmaklarında/çubuklarda, hem 3-MCPD-E hem de 2- MCPD-E miktarları sırasıyla <LOQ ile 683 µg/kg ve <LOQ ile 490 µg/kg arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. 3-MCPD-E miktarları, 2-MCPD-E miktarlarından ortalama olarak 2,6 kat daha fazla, GE ise bu örnekler için ölçülebilir seviyelerin altında (bir balık kroket örneği; 60 µg/kg haricinde) seviyesinde bulunmaktadır. 70 kg vücut ağırlığına sahip bir yetişkin için tolere edilebilir günlük alım miktarı 140 µg'dır. En fazla kontamine ürünlerden 150 gr (yaklaşık 680 µg 3-MCPD-E/kg) tüketilse dahi TDI değeri aşılmayacaktır. Bununla birlikte, balık parmakları genellikle çocuklar tarafından tüketilmektedir. Test edilen ürünlerin yarısından fazlasının (n=2) 3-MCPD-E miktarları 200 ug/kg'dan fazla bulunmaktadır. Bu durumda, beş balık parmağı (150 g) tüketen bir çocuk için (30 kg), tolere edilebilir günlük miktarın %50'sinden fazlasını tüketmiş olacaktır (Ostermeyer & ark., 2021).

Balık nuggetların derin kızartılması sırasında MCPD ve glisidolün yağ asidi esterlerinin değişimi ve bunların toplam polar bileşiklerle korelasyonlarının incelediği bir başka çalışmada ise 3-MCPD esterleri ilk 12 saatte önemli ölçüde artış göstermiş kızartma işleminin devamında ise azalmış, 2-MCPD esterleri ise 24 saatte maksimum seviyeye yükselmiş (0,69-0,81 mg/kg ve kızartma işleminin devamında ise azalmıştır. GE'ler ise kızartma süresi ile birlikte azalmış ve tüm kızartma yağlarında 36 saat sonra yaklaşık 0,05 mg/kg seviyelerine kadar düştüğü rapor edilmiştir (Xu & ark., 2020).

Jang & Koh (2020) Korede 31 soya sosunda yapılan çalışmada 3-MCPD miktarı tespit edilemeyen değerler ile 54,97 µg/kg arasında değişmekte olup, ortalama değer 11,62 µg/kg'dır. Analiz edilen örneklerin %23'ünde (7adet) Kore Gıda ve İlaç Güvenliği Bakanlığı

tarafından belirlenen maksimum sınır olan 20 µg/kg'ı aştığı bulunmuştur. 3-MCPD'nin günlük alımı, ortalama tüketiciler için sırasıyla 1,22 ng/kg vücut ağırlığı ve yüksek tüketiciler için, 47 ng/kg olarak tahmin edilmiştir. Ortalama tüketiciler için maruziyet, geçici maksimum tolere edilebilir günlük alımın (4 µg/kg vücut ağırlığı) %0,03-0,11'i kadar rapor edilmiştir.

Zhang & ark., (2020) tarafından yapılan Zhejiang pazarındaki bitkisel yağlar ve ilgili ürünlerdeki 3- ve 2-monokloropropandiol (MCPD) esterlerinin oluşumu ve risk değerlendirmesi çalışmasında, 2016-2018 yılları arasında Zhejiang pazarından 486 gıda numunesi toplanmış 3- ve 2-MCPD esterleri analiz edilmiştir. Gıdalardaki 3-MCPD esterlerinin seviyeleri tespit edilmeyen ile 8,3 mg/kg arasında değişmekte olup, en yüksek ortalama seviyeler 0,76 mg/kg seviyeleri ile bitkisel yağlarda bulunmuştur. 2-MCPD esterleri, tespit edilmeyen ile 4,0 mg/kg arasında değişmiştir ve en yüksek ortalama seviyeler, 0,4 mg/kg içeren hazır eriştelere bulunmuştur. 3-MCPD'nin diyet alımı günde 0,62 ug/kg canlı ağırlık (ortalama) ve günde 2,29 g/kg vücut ağırlığı 2-MCPD ester alımları günde 0,26 ug/kg vücut ağırlığı (ortalama) ve günde 0,87 ug/kg vücut ağırlığı olarak rapor edilmiştir. Bitkisel yağlar diyetle alınan 3- ve 2-MCPD esterlerinin ana besin kaynağı olarak bulunmuştur. Bu bulgular, 3-MCPD esterlerinin diyet maruziyet seviyelerinin tolere edilebilir günlük alımla karşılaştırıldığında, 4-17 yaş arasındaki yüksek tüketicilerde sağlık için potansiyel bir risk oluşturabileceğini düşündürmektedir.

Türkiye Pazarında 3-MCPD İçeren Gıda Ürünleri

Şirinyıldız & ark., (2014) yaptığı çalışmada Türkiye piyasasında satışa sunulan 27 adet bitkisel yağlardan mısır, kanola, ayçiçek ve fındık yağı ile birlikte margarinleri 3-MCPD ester içerikleri DGF C VI 18 (10) ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 11'de gösterilmektedir.

Tablo 11. Türkiye yerel pazarlarında satılan bitkisel yağlarda ve margarinde bulunan 3- MCPD ester miktarı (mg/kg)(Şirinyıldız&ark.,2019)

Yağ Örnekleri	3-MCPD Esterleri Aralığı (mg/kg)
Mısır (n=5)	0,51-2,49
Ayçiçek (n=3)	0,12-0,79
Fındık (n=3)	0,24-0,45
Kanola (n=2)	0,42-0,95
Margarin (n=14)	0,57-4,54

Örnekler incelendiğinde en yüksek değerin 4,54 mg/kg değeri ile margarinde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen bu değerler diğer çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Weißhaar (2011) Alman pazarlarında farklı markalara ait rafine mısır yağlarında ortalama 3-MCPD ester içeriğinin 1,7 mg/kg olarak bildirmiştir ve bu değer Türkiye pazarından elde edilen 4 mısır yağı örneğiyle uyum göstermiştir. Ayçiçek yağı için yapılan karşılaştırmada Razak & ark., (2012) ve Kuhlmann'ın (2011) sonuçlarıyla sırasıyla 0,6 mg/kg 0,1-2,1 mg/kg benzerlik gösterse de Zelinkova & ark., (2006) yaptığı çalışmaya göre (<0,300 mg/kg ve <0,100 mg/kg) yüksek bulunduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde kanola yağı için elde edilen değerler bu araştırmacılar ile kıyaslandığında (0,1-1,0 mg/kg) uyum göstermektedir.

Fındık yağı ile elde edilen sonuç aralıkları (0,24-0,45 mg/kg) ise literatürdeki araştırmalar ile karşılaştırıldığında Zelinkova & ark., (2006) yaptığı çalışma ile (<100 ug/kg) yakın sonuçlar vermektedir. Son olarak margarin sonuçlarına bakıldığında (0,57-4,54 mg/kg) ise Jedrkiewicz & ark., nin (2016), Polonya pazarında

bulunan margarinlerin lipid fraksiyonlarının bağı 3-MCPD içeriğinin bulgularından (1,3-7,3 mg/kg) daha düşük olarak tespit edilmiştir. Literatürdeki bulgular, örneğin Alman pazarlarından alınan 200 margarin örneğinin 224 µg/kg içerdiğini belirten Weißhaar (2011) ve Alman Federal Gıda ve Tarım Bakanlığı tarafından bildirilen margarinlerin (0,4-4,5 mg/kg) sonuçlarıyla da uyum gösterdiği belirtilmiştir. Margarinin diğer bitkisel yağlara kıyasla bu kadar yüksek sonuç vermesinin nedenleri ise palm yağı içermesi veya margarin formülasyonlarında 3-MCPD esterlerinin oluşumunu kolaylaştırabilen tuzun varlığı ile oluşabileceğine bağlanmıştır.

Gündüz (2020), Türkiye’deki yerel marketlerden temin edilen 8 çeşit yağ olmak üzere toplamda 46 adet farklı markada 3-MCPD ve GE miktarları belirlenmiştir. Bu yağlar, 7 farklı marka ayçiçeği yağı, 6 farklı marka mısır yağı, 4 farklı marka balık yağı kapsül, 7 farklı marka natürel sızma zeytinyağı, 4 farklı marka fındık yağı, 7 farklı marka riviera zeytinyağı, 6 farklı marka margarin, 3 farklı marka şortening ve 2 farklı marka yer fıstığı yağıdır. Çalışmada bildirilen sonuçlar Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Örnek gruplarında belirlenen 3-MCPD ve glisidil esteri miktarları(Gündüz,2020)

Örnek	3-MCPD	Glisidil (mg/kg)
Ayçiçek yağları	0,02-0,44	0,06-2,42
Balık yağları	0,00-0,11	0,00-0,69
Fındık yağları	0,06-2,12	0,54-2,63
Margarin ve şorteningler	0,12-1,17	0,41-6,46
Mısır yağları	0,05-0,37	0,06-0,95
Natürel sızma zeytinyağları	0,00	0,00
Riviera zeytinyağları	0,16-1,69	0,19-3,53
Yerfıstığı yağları	0,11-0,90	0,45-1,47

Rapor edilen sonuçlara göre natürel sızma zeytinyağı ve 1 adet kapsül balık yağı dışındaki örneklerde 3-MCPD 0,02- 2,12 mg/kg aralığında ve GE ise 0,06-6,46 mg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Karabulut (2015), tarafından yapılan rafinasyon kademelerinin 3-MCPD ve glisidol esterleri üzerine etkisini incelediği çalışmasında riskli ürün grubu olarak değerlendirilen meyve yağları (zeytinyağı, palm olein ve palm stearin yağı) ve tohum yağlarını (mısırözü ve ayçiçek yağı) incelemiştir. Çalışmada 23 adet palm yağı, 38 adet zeytinyağı ve 8 adet tohum yağı olmak üzere toplam 69 örnekteki 3-MCPD ve glisidol esterleri miktarları araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre 3-MCPD ve glisidol esterlerinin rafine zeytinyağlarında 0,24-18,48 mg/kg aralığında, palm yağlarında 1,42-4,29 mg/kg aralığında, rafine ayçiçek yağında 1,7 mg/kg, rafine mısır yağında ise 1,4 mg/kg olduğu bulgulanmaktadır. Bu çalışmada rafine palm yağı, ayçiçek yağı, zeytinyağları ve mısırözü yağlarında elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış çalışmaları desteklemektedir.

Sungur & Ender (2019) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise Türkiye pazarındaki unlu mamullerden kek, bisküvi, çikolata, waffle ve kurabiyeler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Unlu mamullerden elde edilen 3-MCPD esterleri ve glisidil esterlerinin düzeyleri (N=3)(Sungur&Ender,2019)

Gıda Örnekleri	3-MCPD esterleri (mg/kg)	GE (mg/kg)
Kek	0,50±0,01	0,10±0,001
Bisküvi	0,60±0,01	8,80±0,05
Çikolata	0,20±0,001	TED
Waffle	0,20±0,001	0,10±0,001
Kurabiye	0,06±0,001	0,07±0,001

TED: Tespit edilemeyen değer

Çalışmada elde edilen sonuçlar diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında Mogol & ark., (2014) yaptığı çalışmada elde

edilen 0,018-0,074 mg/kg değerine kıyasla çok yüksek olduğu Becalski & ark., (2015) tarafından yapılan çalışmadaki kraker sonuçları ile karşılaştırılmış ve 3-MCPD ve GE sırasıyla 29–470 ng/g ve 17-339 ng/g aralığına kıyasla minimum değerlere yakın olduğu, Aynı şekilde waffle örneklerinin de Samaras & ark., (2016) tarafından yapılan çalışmadaki 250 µg/kg değerine yakın olduğu görülmüştür.

Önal (2016) yaptığı çalışmada, piyasada bulunan farklı markalara ait patates cipslerinde meydana gelen 3-MCPD esterlerinin miktarlarını belirlemiştir. Bu amaçla piyasadaki yerel marketlerden temin edilmiş farklı markalara ait patates cipsleri kullanılmıştır. Alınan örneklerde toplam 3-MCPD esterleri ve GE miktarı; German Society for Fat Science (DGF) C VI 18(10) standart yöntemi kullanılarak, gaz kromatografi kütle spektrometresi (GC-MS) ile analiz edilmiş olup, sonuçlar Tablo 14’de gösterilmektedir.

Tablo 14. Farklı firmalara ait farklı markalar altında satışa sunulan patates cipslerindeki toplam 3-MCPD ve GE miktarları (mg/kg)(Önal,2016)

Örnek Firma Kodu	3-MCPD Aralık Değeri (mg/kg)	Glisidil Esteri Aralık Değeri (mg/kg)
A1 (n=6)	TED-1,88	0,36-4,18
A2 (n=6)	TED-2,75	0,47-4,31
B1 (n=3)	2,16-2,97	TED-0,52
B2 (n=3)	TED-2,21	0,16-6,01
C1 (n=2)	0,66-0,99	0,68-5,37
C2 (n=2)	0,52-0,80	3,20-3,58
D1 (n=1)	2,99	0,86
D2 (n=1)	0,99	3,66

n: Örnek sayısı; TED: Tespit edilemeyen değer

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre markalar arasında istatistiksel farklılıklar bulunamamış ($P>0,05$), 70 kg ağırlığındaki bir bireyin 2 µg 3-MCPD/kg vücut ağırlığı limitine ulaşması için tüketebileceği maksimum patates cipsi miktarı 1. örneklemelerin en

düşük düzeyleri dikkate alındığında A markası için 12, B, C, D markaları için 2 olarak tespit edilmiştir.

2. örneklemelerin en düşük düzeyleri dikkate alındığında ise 14 paket sayısı sonucuna ulaşılmıştır.

Döner kebabının pişirme sürecinde kalite özellikleri, lipid oksidasyon parametreleri ve 3-MCPD içeriğinin incelediği bir başka çalışmada ise tavuk döner kebabı üretimi sırasında uygulanan ısı işlem nedeniyle lipid fraksiyonundaki değişimler araştırılmıştır. Döner kebabı numunelerinden pişirme sırasında ekstrakte edilen lipid fraksiyonunun oksidasyon seviyelerini belirlemek için renk, konjuge dien, K-232, K-270, peroksit değeri, tiyobarbitürik asit değeri, serbest yağ asitleri içeriği, polimer trigliserit içeriği, serbest ve estere bağlı 3-monokloropropan- 1,2-diol seviyeleri belirlenmiştir. Çiğ örneklerin lipid fraksiyonlarında ester MCPD miktarları 13.35-84.95 µg/kg değerleri arasında, pişmiş örneklerin lipid fraksiyonlarında ise 33.07-311.97 µg/kg değerleri arasında değişim göstermiştir. Çiğ örneklerin lipid fraksiyonlarındaki ester 3-MCPD miktarları pişmiş örneklerle göre daha düşük bulunmuştur. Döner kebabı örneklerinin nem içeriği pişirme ile azaldıkça lipid miktarları artış göstermiştir. Pişirme işlemi ile ester 3- MCPD miktarı arttıkça serbest 3-MCPD seviyeleri ise azalma göstermiştir. Pişirme işlemi düşük sıcaklıklarda yapıldığından, serbest ve ester bağlı 3-MCPD ve lipid oksidasyon ürünlerinin miktarları düşük rapor edilmiştir (Gulen & ark., 2020)

3-MCPD ve Glisidil Esterleriyle İlgili Yasal Düzenlemeler

2001 yılında, Bilimsel Gıda Komitesine (SCF) danıştıktan sonra, Avrupa Toplulukları Komisyonu 3-MCPD için maksimum seviyeleri belirledi. SCF'nin önceki raporlarında, 3- MCPD, asit hidrolizi ile hidrolize bitkisel proteinde gıda işleme boyunca üretilen potansiyel bir genotoksik kanserojen olarak kabul edilmişti. 466/2001 sayılı Komisyon Yönetmeliği (EC) yürürlüğe girmeden önce, bazı üye devletler soya soslarında yüksek seviyelerde 3-MCPD rapor etmişlerdir. Bu nedenle, hidrolize sebze proteini ve

soya sosunda bulunan 3-MCPD için 0,02 mg/kg'lık maksimum seviye belirlenmiştir. Bu maksimum seviyenin kuru maddede maksimum 0,05 mg/kg seviyesine karşılık gelen %40 kuru madde içeren sıvı ürün için verildiği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, değerin ürünlerin kuru madde içeriğine göre ayarlanması gerekmektedir (EC, 2001). 2001 yılında, SCF 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak TDI belirlemiş ve 3-MCPD'nin insanlar için genotoksik olmayan bir kanserojen olduğu sonucuna varmıştır (SCF, 2001).

Gıda maddelerindeki belirli kirletici maddelerin maksimum seviyelerini belirleyen 466/2001 sayılı Komisyon Yönetmeliği (EC) 1881/2006 sayılı Komisyon Yönetmeliği ile değiştirilmiş ve 3-MCPD diyet alımına katkı sağlayan ana ürünlerin soya sosu ve soya sosu bazlı ürünler olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, yüksek miktarlarda tüketildiği takdirde ekmek ve erişte gibi diğer potansiyel gıda kaynakları da bir endişe olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, 1881/2006 sayılı Komisyon Yönetmeliği (EC), hidrolize sebze proteini ve soya sosunda 3-MCPD oluşumu için belirlenen maksimum değerleri korurken, "Üye Devletlerden, ilave gıda maddeleri için maksimum seviyeler belirleme ihtiyacını göz önünde bulundurmak amacıyla, 3-MCPD oluşumu açısından diğer gıda maddelerini incelemeleri talep edilmiştir" (EC, 2006). Bu nedenle, 2013 yılında EFSA, 2009'dan 2011'e kadar Avrupa'da gıdalardaki 3-MCPD oluşumunun analizi hakkında Bilimsel Rapor ve bir ön maruziyet değerlendirmesi yayınlamıştır. Bu belge, Avrupa Üye Devletlerinde 1235 analitik sonucun toplandığını ve 3-MCPD değerlerinin hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlarda yüksek düzeylerde bulunduğunu bildirmektedir (EFSA, 2013).

Avrupa Komisyonu, 2-MCPD ve 3-MCPD'nin, bunların esterlerinin ve GE'lerin özellikle aşağıdakilerdeki ürünler için izlenmesi hakkında bir tavsiye yayınlamıştır. Bu tavsiyeye göre (i) bitkisel sıvı ve katı yağlar ve aşağıdaki gibi türetilmiş margarin ürünleri ve benzeri ürünler; (ii) belirli beslenme amaçlı yiyecekler, bebekler ve küçük çocuklara yönelik yiyecekler ve özel tıbbi amaçlı diyet yiyecekler; (iii) kaliteli unlu mamuller, ekmek ve küçük ekmekler; (iv) konserve et ve balık (füme); (v) patates veya tahıl

bazlı atıştırılmalıklar ve diğer kızarmış patatesler; (vi) bitkisel yağ içeren yiyecekler ve bitkisel yağlarla hazırlanan/üretilen yiyecekler. Bu tavsiyeleri dikkate alarak ve üye devletlerin birkaç raporundan sonra EFSA Gıda Zincirindeki Kirleticiler Paneli (CONTAM) bu bileşiklerle ilgili 7175 oluşum verisini değerlendirdi. CONTAM Panel tarafından yapılan analiz, 3-MCPD, 2-MCPD ve GE'lerin palm yağında en yüksek seviyelerde bulunduğunu ancak diğer bitkisel yağlarda da dikkat edilmesi gereken düzeylerde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte TDI mevcut verilere göre gözden geçirilmiş ve 3-MCPD için 0,8 µg/kg vücut ağırlığı belirlenmiştir (Albuquerque & ark., 2019)

2016 yılında JECFA, 3-MCPD ve bunların esterleri için tek başına veya kombinasyon halinde 4 µg/kg vücut ağırlığı geçici maksimum TDI belirlemiştir. 2 yıl sonra ise EFSA CONTAM Panelinde, 3-MCPD ve esterleri hakkında bir risk değerlendirme güncellemesi yayınlayarak, TDI 0,8'den 2 µg/kg vücut ağırlığı olan bir artış yayınlamıştır (EFSA CONTAM Panel, 2018). Avrupa Birliği Düzenleyici kurumuun 2020 yılında bazı gıdalar için yayınladığı üst limit sınırları Tablo 15'de görülmektedir.

Tablo 15. Avrupa Birliği Düzenleyici kurumu 2020 yılında bazı gıdalar için üst limit sınırını değiştirmiştir. Bu tablo bu gıdaları ve üst limitini göstermektedir(EC,2020).

Gıda Maddeleri	Maksimum seviye (µg/kg)
3-MCPD	
Hidrolize bitkisel protein	20
Soya sosu	20
Glisidil yağ asidi esterli, glisidol	
Son tüketici için veya gıdada bileşen olarak kullanılmak üzere piyasaya sürülen diğer deniz organizmalarından elde edilen bitkisel sıvı ve katı yağlar, balık yağları ve sıvı yağlar (sızma zeytinyağı hariç)	1000
Bebekler ve küçük çocuklar için bebek maması ve işlenmiş tahıl bazlı gıda üretimi için hedeflenen diğer deniz organizmalarından elde edilen bitkisel sıvı ve katı yağlar, balık yağları ve sıvı yağlar ve	500
Bebek maması, devam maması ve bebekler ve küçük çocuklara yönelik özel tıbbi amaçlı gıdalar ve küçük çocuk mamaları (toz)	50
3-MCPD ve 3-MCPD yağ asitlerinin toplamı	
Hindistancevizi, mısır, kolza tohumu, ayçiçeği, soya fasulyesi, palm çekirdeği ve zeytinyağından elde edilen sıvı ve katı yağlar (rafine zeytinyağı ve sızma zeytinyağından oluşur) ve bu kategorideki sıvı ve katı yağların karışımları	1250

Diğer bitkisel yağlar (prına zeytinyağları dahil), balık yağları ve diğer deniz organizmalarından elde edilen yağlar ve sıvı ve katı yağların sadece bu kategoriden sıvı ve katı yağlar ile karışımları	2500
Bebek maması ve bebekler ile küçük çocuklar için işlenmiş tahıl bazlı gıda üretimine yönelik bitkisel yağlar ve katı yağlar, balık yağları ve diğer deniz organizmalarından yağlar	750
Bebek maması, devam maması ve bebeklere ve küçük çocuklara yönelik özel tıbbi amaçlı yiyecekler ve küçük çocuk maması (toz)	125
Bebek maması, devam maması ve bebeklere ve küçük çocuklara yönelik özel tıbbi amaçlı gıdalar ve küçük çocuk maması (sıvı)	15

EFSA 3-MCPD için hayvan çalışmalarına göre genotoksik olmayan bir etki ve erkek doğurganlığı üzerinde azaltma özelliği ile "olası insan kanserojeni" grubu 2B olarak sınıflandırılmıştır. GE ise genotoksik ve karsinojenik etkiye sahip "muhtemel insan kanserojeni" grubu 2A olarak sınıflandırılmıştır. WHO ve IARC GE'yi genotoksik bir kanserojen olarak sınıflandırmıştır. Bitkisel yağlar genellikle birçok gıdadaki ana yağ kaynağını sağladığından, bu kirletici maddelerin varlığı potansiyel bir sağlık riski olarak kabul edilmiştir (Belkova & ark., 2021). Bildirilen toksisiteleri ve kanserojenlikleri nedeniyle, 2018/290 sayılı Yönetmelik, Avrupa Komisyonu tarafından 2018 yılında, bitkisel sıvı ve katı yağlar kategorisi için sabit maksimum GE seviyesi 1,0 mg / kg olarak belirlenmiştir (Hew & ark., 2021). Ülkemizdeki maksimum değerler ile ilgili son çalışma 5 Kasım 2023 tarih 32360 sayılı gazetede yayınlanarak Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği güncellenmiştir. Güncellenen Yönetmelikteki değerler Tablo 16'da gösterilmektedir.

Tablo 16. Türk Gıda Kodeksi 3-monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD) ve glisidil yağ esterleri (glisidol) için belirlenen maksimum değerler(TGK, 2023)

Gıda (1)	3-MCPD için maksimum limit (µg/kg)	Glisidil yağ esterleri için maksimum limit (µg/kg)
Hidrolize bitkisel protein (30)	20	-
Soya sosu (30)	20	-
Bitkisel sıvı ve katı yağlar, balık yağları ve diğer deniz organizmalarından elde edilen yağlar (aşağıda belirtilen gıdalar hariç): Son tüketici için piyasaya arz edilenler veya gıdada bileşen olarak kullanılanlar	-	1000 (31/12/2025 tarihinden itibaren geçerli)
Sıvı ve katı yağlar (Hindistan cevizi, mısır, kolza tohumu, Ayçiçek, soya fasulyesi ve palm çekirdeğinden üretilenler, riviera zeytinyağı ve sadece bu kategorideki sıvı ve katı yağların karışımı) Natürel zeytinyağı hariç	1250 (31/12/2025 tarihinden itibaren geçerli)	-
Diğer bitkisel yağlar, balık yağı ve diğer deniz organizmalarından elde edilen yağlar ve sadece bu kategorideki sıvı ve katı yağların karışımı (palm yağı ve fraksiyonları ve pirina yağı dahil)	2500 (31/12/2025 tarihinden itibaren geçerli)	-
Bitkisel sıvı ve katı yağlar, balık yağı ve diğer deniz organizmalarından elde edilen yağlar: Bebek ve küçük çocuk ek gıdası üretimine yönelik olarak kullanılanlar	750 (31/12/2024) tarihinden itibaren geçerli)	500 (31/12/2025) tarihinden itibaren geçerli)
Bebek formülü ve devam formülü (3): toz olarak piyasaya arz edilenler / sıvı olarak piyasaya arz edilenler	125/15 (31/12/2024) tarihinden itibaren geçerli)	50/6.0 (31/12/2024) tarihinden itibaren geçerli)

(¹) Meyve, sebze ve hububat için Türk Gıda Kodeksi – Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliğinde yer alan sınıflandırma esas alınır. Buna göre; karabuğday (*Fagopyrum spp.*) hububat ve karabuğdaydan elde edilen ürünler ise hububat ürünleri kapsamında değerlendirilir. Meyveler için belirlenen maksimum limitler sert kabuklu meyveleri kapsamaz. (³⁰) Maksimum limit; %40 kuru madde içeren sıvı ürün için verilmiş olup, bu oran kuru maddede 50 µg/kg'a karşılık gelmektedir. Bu limit, yukarıdaki açıklamalar dikkate alınarak ürünlerdeki kuru madde miktarıyla orantılı olarak hesaplanır. (³) Türk Gıda Kodeksi Bebek ve Küçük çocuklara yönelik Gıdalar ile Vücut Ağırlığı Kontrolü için Diyetin Yerini Alan Gıdalar yönetmeliğindeki tanıma uygun gıdalar.

Ülkemizde ise 1/6/2010 tarihli ve 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanununun 23 ve 24 üncü maddelerine dayanılarak 1881/2006/EC sayılı Gıdalardaki Belirli Bulaşanların Maksimum Limitlerinin Belirlenmesi Hakkında Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne paralel olarak bu yönetmelik, gıdalarda bulunabilen nitratları, mikotoksinleri, ağır metalleri, 3-monokloropropan-1,2-diolü (3-MCPD), dioksinleri ve dioksin benzeri poliklorlubifenilleri (PCB), polisiklik aromatik hidrokarbonları (PAH) ve erusik asiti kapsar (TGK, 2023). Yönetmeliğe göre hidrolize bitkisel protein ve soya sosu için bir limit belirlenmiştir. Bu limitlere göre maksimum üst sınır 20 µg/kg olarak kabul edilmiştir.

Sonuç

Gıda güvenliği ve sağlık için 3-MCPD ve Glisidil Esterleri oldukça önemli bir konudur. 3-monokloropropan-1,2-diol (MCPD), 2-monokloropropan-1,3-diol (2-MCPD) ve esterleri ile glisidil esterleri, rafine bitkisel yağlarda yüksek seviyelerde bulunan gıda kontaminantlarıdır. 3- ve 2-MCPD ve esterleri, tahıl malzemelerinin hidroklorik asit hidrolizi sırasında asidin lipidlerle reaksiyona girmesiyle oluşur. Ayrıca, düşük nemli tahıl bazlı gıdaların pişirilmesi gibi yüksek sıcaklık gerektiren gıda işleme prosesleri sırasında da oluşmaktadırlar. 3- ve 2-MCPD esterleri ile glisidil

esterler, yemeklik yağ rafinasyonunun koku giderme adımı sırasında, yağda doğal olarak bulunan klorürün reaksiyonundan meydana gelmektedir

Gıdalardaki kloropropanollerin keşfi aslında yeni değildir, ilk olarak tuzlu soslarda ve ilgili ürünlerde 35 yıldan daha uzun bir süre önce tanımlanmıştır. Bununla birlikte, 2005 yılında sıklıkla "bağlı MCPD" olarak adlandırılan kloropropanol esterleri, serbest kloroesterlerden önemli ölçüde daha yüksek miktarlarda, endüstriyel olarak rafine bitkisel yağlarda gıda kaynaklı kanserojen maddeler olarak tanımlanmıştır, özellikle palm yağında MCPD ester ve GE azaltmaya yardımcı olan temel faktörleri daha yakından anlamak için önemli ilerlemeler kaydedilmiştir Konu ile ilgili olarak azaltma stratejileri,toksikolojik etkileri ve risk analizlerine yönelik bir çok çalışma mevcuttur. Bu bağlamda Ülkemizde de ürün bazında Uluslararası kodeksler göz önüne alınarak ürün grubuna göre geçiş süresi tanınarak yasal limitler güncellenmiştir. Konu ile ilgili endüstri akademi işbirliği yapılarak daha çok çalışma yapılması ve yasal limit çalışmalarına katkı sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

A. J. (2017). Impact of crude oil quality on the refining conditions and composition of nutraceuticals in refined palm oil. *Journal of food science*, 82(8), 1842-1850.

Ahn, Y., Choi, S., & Kwak, S. Y. (2020). Remarkable effect of deprotonation on adsorption of 3-MCPD and glycidol on carboxylated Fe-MIL-88s. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 104456.

Aladedunye, F. (2016). Toxic contaminants of thermo-oxidatively processed edible oils/fats. *Lipid Technology*, 28(7), 117-121.

Albuquerque, T. G., Costa, H. S., Silva, M. A., & Oliveira, M. B. P. (2019). Are chloropropanols and glycidyl fatty acid esters a matter of concern in palm oil?. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 494-514.

Almoselhy, R. I., Eid, M. M., El-Baset, A., Salah, W., & Aboelhassan, A. F. (2021). Determination of 3-MCPD in some Edible Oils using GC-MS/MS. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(3), 1639-1652.

Arisseto, A. P., Marcolino, P. F. C., & Vicente, E. (2014). Determination of 3- monochloropropane-1, 2-diol fatty acid esters in Brazilian vegetable oils and fats by an in- house validated method. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(8), 1385-1392.

Arisseto, A. P., Silva, W. C., Scaranelo, G. R., & Vicente, E. (2017). 3-MCPD and glycidyl esters in infant formulas from the Brazilian market: Occurrence and risk assessment. *Food control*, 77, 76-81.

Arisseto, A. P., Silva, W. C., Tivanello, R. G., Sampaio, K. A., & Vicente, E. (2018). Recent advances in toxicity and analytical methods of monochloropropanediols and glycidyl fatty acid esters in foods. *Current opinion in food science*, 24, 36-42.

Assar, S. H., Moloney, C., Lima, M., Magee, R., & Ames, J. M. (2009). Determination of N ϵ - (carboxymethyl) lysine in food systems by ul

Bakhiya, N., Abraham, K., Gürtler, R., Appel, K. E., & Lampen, A. (2011). Toxicological assessment of 3-chloropropane-1, 2-diol and glycidol fatty acid esters in food. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(4), 509-521.

Becalski, A., Feng, S., Lau, B. P., & Zhao, T. (2015). A pilot survey of 2-and 3- monochloropropanediol and glycidol fatty acid esters in foods on the Canadian market 2011–2013. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 58-66.

Becalski, A., Halldorson, T., Hayward, S., & Roscoe, V. (2016). Furan, 2-methylfuran and 3- methylfuran in coffee on the Canadian market. *Journal of Food Composition and Analysis*, 47, 113-119.

Beekman, J. K., Granvogl, M., & MacMahon, S. (2019). Analysis and occurrence of MCPD and glycidyl esters in infant formulas and other complex food matrices. In *Food-borne toxicants: Formation, analysis, and toxicology* (pp. 67-90). American Chemical Society.

Beekman, J. K., Popol, S., Granvogl, M., & MacMahon, S. (2021). Occurrence of 3-monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) esters and glycidyl esters in infant formulas from Germany. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(10), 1656-1671.

Belkova, B., Chytilova, L., Kocourek, V., Slukova, M., Mastovska, K., Kyselka, J., & Hajslova,

Berg, I., 2013. Mitigation of glycidyl and 3-MCPD esters in vegetable oils and fats. In: Presentation at the 8th International Fresenius Conference on Contaminants and Residues in Food, Köln, Germany

BfR, 2012. 3-MCPD-Fettsäureester in Lebensmitteln. Opinion 006/2013. <http://www.bfr.bund.de/cm/343/3-mcpdfettsaeureester-in-lebensmitteln.pdf>.

Boon, P. E., & te Biesebeek, J. D. (2016). Preliminary assessment of dietary exposure to 3- MCPD in the Netherlands.

Buhrke, T., Weißhaar, R., & Lampen, A. (2011). Absorption and metabolism of the food contaminant 3-chloro-1, 2-propanediol (3-MCPD) and its fatty acid esters by human intestinal Caco-2 cells. *Archives of toxicology*, 85(10), 1201-1208.

Cao, G., Ruan, D., Chen, Z., Hong, Y., & Cai, Z. (2017). Recent developments and applications of mass spectrometry for the quality and safety assessment of cooking oil. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 96, 201-211.

Cengiz, S., Kişimiroğlu, C., Cebi, N., Çatak, J., & Yaman, M. (2020). Determination of the most potent precursors of advanced glycation end products (AGEs) in chips, crackers, and breakfast cereals by high performance liquid chromatography (HPLC) using precolumn derivatization with 4-nitro-1, 2-phenylenediamine. *Microchemical Journal*, 158, 105170.

Chen, G., & Smith, J. S. (2015). Determination of advanced glycation endproducts in cooked meat products. *Food chemistry*, 168, 190-195

Chen, H., Tsao, C. H., Chang, Y. H., & Lee, W. J. (2021). Occurrence of thermally induced glycidyl esters and 3-monochloropropane-1, 2-diol esters in refined oils and pressed oils manufactured by different processes and associated with human health risks in Taiwan. *Food Chemistry*, 360, 130053.

Cheng, W. W., Liu, G. Q., Wang, L. Q., & Liu, Z. S. (2017). Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 263-281.

Cui, X., Zhang, L., Yang, D., Li, J., Liu, Q., Sui, H., ... & Zhou, P. (2021). Occurrence of 3-and 2-monochloropropanediol esters in infant formulas in China and exposure assessment. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(9), 1470-1480.

Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., Haro, A., Castellano, R., & Navarro, M. P. (2010). Development of the Maillard reaction in foods cooked by different techniques. Intake of Maillard-derived compounds. *Food Chemistry*, 122(1), 145-153

Destailats, F., Craft, B. D., Dubois, M., & Nagy, K. (2012). Glycidyl esters in refined palm (*Elaeis guineensis*) oil and related fractions. Part I: Formation mechanism. *Food Chemistry*, 131(4), 1391-1398.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Knutsen, H. K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., ... & Hogstrand, C. (2018). Update of the risk assessment on 3-monochloropropane diol and its fatty acid esters. *EFSA Journal*, 16(1), e05083.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2015). Scientific opinion on acrylamide in food. *Efsa Journal*, 13(6), 4104.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2016). Risks for human health related to the presence of 3-and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *Efsa Journal*, 14(5), e04426.

Emektar, K., Erdoğan, M. N. K., & Tekin, A. (2020). Bitkisel Yağlarda 3-Monokloropropan- 1, 2-diol (3-MCPD) ve Glisidil Esterleri Oluşumu ve Azaltılması. *Akademik Gıda*, 18(1), 96-104.

European Commission, 2020. Method Validation and Quality Control Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed. SANTE/12682/2019 (implemented from 01.01.2020).

European Food Safety Authority, 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food - scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA J.* 6 (8), 724–n/a

European Food Safety Authority. (2013). Analysis of occurrence of 3-monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) in food in Europe in the years 2009-2011 and preliminary exposure assessment. *EFSA Journal*, 11(9), 3381.

Fan, J. C., He, H. L., Ren, R., & Wang, S. T. (2021). Monochloropropanediol in edible vegetable oils from Hangzhou market in China: occurrence and exposure risk assessment. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(11), 1867-1874.

Fang, H., Wang, L., Zhang, S., Liu, H., & Li, J. (2014). Advanced glycation end products (AGEs) formation in high protein foods processing model system. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 14(2), 28-34.

Garballo-Rubio, A., Soto-Chinchilla, J., Moreno, A., & Zafra-Gómez, A. (2017). A novel method for the determination of glycidyl and 3-monochloropropanediol esters in fish oil by gas chromatography tandem mass spectrometry. *Talanta*, 165, 267-273.

Gensberger, S., Mittelmanier, S., Glomb, M. A., & Pischetsrieder, M. (2012). Identification and quantification of six major α -dicarbonyl process contaminants in high-fructose corn syrup. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 403(10), 2923-2931.

Goh, K. M., Wong, Y. H., Abas, F., Lai, O. M., Cheong, L. Z., Wang, Y., ... & Tan, C. P. (2019). Effects of shortening and baking temperature on quality, MCPD ester and glycidyl ester content of conventional baked cake. *LWT*, 116, 108553.

Goldberg, T., Cai, W., Peppas, M., Dardaine, V., Baliga, B. S., Uribarri, J., & Vlassara, H. (2004). Advanced glycoxidation end products in commonly consumed foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(8), 1287-1291.

Graziani, G., Gaspari, A., Chianese, D., Conte, L., & Ritieni, A. (2017). Direct determination of 3-chloropropanol esters in edible vegetable oils using high resolution mass spectrometry (HRMS-Orbitrap). *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(11), 1893-1903.

Guillén, M. D., & Goicoechea, E. (2008). Toxic oxygenated α , β -unsaturated aldehydes and their study in foods: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(2), 119- 136.

Gulen, S., Turan, S., Kiralan, M., & Ramadan, M. F. (2020). Quality characteristics, lipid oxidation para-meters and 3-monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) content of Doner kebab during the cooking process. *Arch Lebensmittelhyg*, 71, 159-165.

Gündüz, A. O. (2020). Türkiye’de Satışa Sunulan Bazı Yağlarda 3-MCPD ve Glisidil Esterleri ile Bazı Oksidasyon Parametrelerinin Belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=mpy6uk13n_aXD6gY6ymJOA&no=r1kjngaGkbxUSLcOjCx4Q

Hamlet, C. G., Asuncion, L., Velíšek, J., Doležal, M., Zelinková, Z., & Crews, C. (2011). Formation and occurrence of esters of 3-chloropropane-1, 2-diol (3-CPD) in foods: What we know and what we assume. *European journal of lipid science and technology*, 113(3), 279- 303.

Hamzalıoğlu, A., & Gökmen, V. (2020). Potential reactions of thermal process contaminants during digestion. *Trends in Food Science & Technology*.

Hew, K. S., Khor, Y. P., Tan, T. B., Yusoff, M. M., Lai, O. M., Asis, A. J., ... & Tan, C. P. (2021). Mitigation of 3-monochloropropane-1, 2-diol esters and glycidyl esters in refined palm oil: A new and optimized approach. *LWT*, 139, 110612.

Hidalgo, F. J., & Zamora, R. (2005). Interplay between the maillard reaction and lipid peroxidation in biochemical systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1043(1), 319-326

Hull, G. L., Woodside, J. V., Ames, J. M., & Cuskelly, G. J. (2012). Nε-(carboxymethyl) lysine content of foods commonly consumed in a Western style diet. *Food Chemistry*, 131(1), 170- 174.

Hung, W. C., Peng, G. J., Tsai, W. J., Chang, M. H., Liao, C. D., Tseng, S. H., ... & Cheng, H. F. (2017). Identification of 3-MCPD esters to verify the adulteration of extra virgin olive oil. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 10(3), 233-239.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2018). Red meat and processed meat.

International Food Research Policy Institute, (2021, 5 Mart), <https://www.ifpri.org/topic/food-security>

J. (2021). Influence of dough composition on the formation of processing contaminants in yeast-leavened wheat toasted bread. *Food Chemistry*, 338, 127715.

Jang, Y., & Koh, E. (2020). Assessment of estimated daily intake of 3-monochloropropane-1, 2-diol from soy sauce in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 29, 1665-1673.

Kalkan, O., Topkafa, M., & Kara, H. (2021). Determination of effect of some parameters on formation of 2-monochloropropanediol, 3-monochloropropanediol and glycidyl esters in the frying process with sunflower oil, by using central composite design. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103681.

Kamikata, K., Vicente, E., Ariseto-Bragotto, A. P., de Oliveira Miguel, A. M. R., Milani, R. F., & Tfouni, S. A. V. (2019). Occurrence of 3-MCPD, 2-MCPD and glycidyl esters in extra virgin olive oils, olive oils and oil blends and correlation with identity and quality parameters. *Food control*, 95, 135-141.

Karabulut, M. (2015). Rafinasyon Kademelerinin 3-MCPD ve Glisidol Esterleri Oluşumu Üzerine Etkisi (Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=sY7m19PfcL6F1NUw-cr80KvmPfwdHsMzqzdYozuwrTBJOhl_a5G0TGdI9lxBTaej

Karsulinova, L., FoLpreChtoVá, B., Dolezal, M., DoStáLoVá, J., & Velisek, J. (2007). Analysis of the lipid fractions of coffee creamers, cream aerosols, and bouillon cubes for their health risk associated constituents. *Czech Journal of Food Sciences*, 25(5), 257.

Kirimker, S. E., Turksoy, S., & Kabak, B. (2020). Assessment of dietary exposure to deoxynivalenol and fumonisin in the population of infants and toddlers in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 140, 111304.

Kuhlmann, J. (2011). Determination of bound 2, 3-epoxy-1-propanol (glycidol) and bound monochloropropanediol (MCPD) in refined oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 335-344.

Kuhlmann, J. (2016). Analysis and occurrence of dichloropropanol fatty acid esters and related process-induced contaminants in edible oils and fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(3), 382-395.

Lang, J., Celotto, C., & Esterbauer, H. (1985). Quantitative determination of the lipid peroxidation product 4-hydroxynonenal by high-performance liquid chromatography. *Analytical biochemistry*, 150(2), 369-378.

Lineback, D. R., & Stadler, R. H. (2009). Introduction to food process toxicants. Process-induced food toxicants: occurrence, formation, mitigation and health risks. Wiley, Hoboken, NJ, USA, 3-19.

Luevano-Contreras, C., & Chapman-Novakofski, K. (2010). Dietary advanced glycation end products and aging. *Nutrients*, 2(12), 1247-1265.

MacMahon, S. (2016). Contaminants in Food Lipids. *Functional Dietary Lipids*, 195-222..

MacMahon, S., & Beekman, J. (2019). 3-Chloro-1, 2-propanediol (3-MCPD), 2-chloro-1, 3-propanediol (2-MCPD) and glycidyl esters in infant formula: a review. *Current Opinion in Food Science*, 30, 67-72.

MacMahon, S., Begley, T. H., & Diachenko, G. W. (2013). Occurrence of 3-MCPD and glycidyl esters in edible oils in the United States. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(12), 2081-2092.

Mogol, B. A., Pye, C., Anderson, W., Crews, C., & Gökmen, V. (2014). Formation of monochloropropane-1, 2-diol and its esters in biscuits during baking. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(29), 7297-7301.

Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., & Dodson, A. T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419(6906), 448-449.

Murkovic, M., Pedreschi, F., & Ciesarova, Z. (2018). Process contaminants: a review. *Reference Module in Food Science*, 1-6.

Nguyen, K. H., & Fromberg, A. (2020). Monochloropropanediol and glycidyl esters in infant formula and baby food products on the Danish market: Occurrence and preliminary risk assessment. *Food Control*, 110, 106980.

Norhaizan, M. E., Hosseini, S., Gangadaran, S., Lee, S. T., Kapourchali, F. R., & Moghadasian, M. H. (2013). Palm oil: Features and applications. *Lipid Technology*, 25(2), 39-42.

Ostermeyer, U., Merkle, S., Karl, H., & Fritsche, J. (2021). Free and bound MCPD and glycidyl esters in smoked and thermally

treated fishery products of the German market. *European Food Research and Technology*, 247(7), 1757-1769.

Önal, B. (2016). Patates Cipslerinde 3-MCPD Düzeylerinin Belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir).

Erişim adresi:

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=cbOXH84ZayrLjc0tI-QXKsor-wMxV04WyUn0eCUv0t5pX1gfuGNoxjLsvNvzSUcb>

Papastergiadis, A., Fatouh, A., Jacxsens, L., Lachat, C., Shrestha, K., Daelman, J., ... & De Meulenaer, B. (2014). Exposure assessment of Malondialdehyde, 4-Hydroxy-2-(E)-Nonenal and 4-Hydroxy-2-(E)-Hexenal through specific foods available in Belgium. *Food and Chemical Toxicology*, 73, 51-58.

Perera, F. P., Rauh, V., Whyatt, R. M., Tang, D., Tsai, W. Y., Bernert, J. T., ... & Kinney, P. L. (2005). A summary of recent findings on birth outcomes and developmental effects of prenatal ETS, PAH, and pesticide exposures. *Neurotoxicology*, 26(4), 573-587.

Poulsen, M. W., Hedegaard, R. V., Andersen, J. M., de Courten, B., Bügel, S., Nielsen, J., ... & Dragsted, L. O. (2013). Advanced glycation endproducts in food and their effects on health. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 10-37.

Purcaro, G., Moret, S., & Conte, L. S. (2013). Overview on polycyclic aromatic hydrocarbons: occurrence, legislation and innovative determination in foods. *Talanta*, 105, 292-305.

Razak, R. A. A., Kuntom, A., Siew, W. L., Ibrahim, N. A., Ramli, M. R., Hussein, R., & Nesaretnam, K. (2012). Detection and monitoring of 3-monochloropropane-1, 2-diol (3- MCPD) esters in cooking oils. *Food Control*, 25(1), 355-360.

Sadowska-Rociek, A., Surma, M., & Cieslik, E. (2018). Analysis of acrylamide, 3- monochloropropane-1, 2-diol, its esters

and glycidyl esters in carbohydrate-rich products available on the Polish market. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 69(2).

Samaras, V. G., Giri, A., Zelinkova, Z., Karasek, L., Buttinger, G., & Wenzl, T. (2016). Analytical method for the trace determination of esterified 3-and 2-monochloropropanediol and glycidyl fatty acid esters in various food matrices. *Journal of Chromatography A*, 1466, 136-147.

Sampaio, K. A., Ayala, J. V., Van Hoed, V., Monteiro, S., Ceriani, R., Verhé, R., & Meirelles, A. J. (2017). Impact of crude oil quality on the refining conditions and composition of nutraceuticals in refined palm oil. *Journal of food science*, 82(8), 1842-1850.

Santiago, J. K., Silva, W. C., Capristo, M. F., Ferreira, M. C., Ferrari, R. A., Vicente, E., ... & Sampaio, K. A. (2021). Organic, conventional and sustainable palm oil (RSPO): Formation of 2-and 3-MCPD esters and glycidyl esters and influence of aqueous washing on their reduction. *Food Research International*, 140, 109998.

Scientific Committee on Food. (2001). Opinion of the Scientific Committee on Food on 3- monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) updating the SCF opinion of 1994.

Stadler, R. H., & Seefelder, W. (2016). An Update on Processing-Derived Food Contaminants: Acrylamide, Monochloropropane-1, 2-Diol (MCPD) Esters, and Glycidyl Esters.

Stadler, R. H., & Theurillat, V. (2017). Heat-generated toxicants in foods (Acrylamide, MCPD esters, glycidyl esters, furan, and related compounds). In *Chemical Contaminants and Residues in Food* (pp. 171-195). Woodhead Publishing.

Stauff, A., Schneider, E., & Heckel, F. (2020). 2-MCPD, 3-MCPD and fatty acid esters of 2- MCPD, 3-MCPD and glycidol in fine bakery wares. *European Food Research and Technology*, 246(10), 1945-1953.

Sun, X. , Tang, J. , Wang, J. , Rasco, B. A. , Lai, K. , & Huang, Y. (2015). Formation of advanced glycation endproducts in ground beef under pasteurisation conditions. *Food Chemistry*, 172, 802–807. 10.1016/j.foodchem.2014.09.129

Sungur, Ş., & Ender, A. (2019). Determination of Fatty Acid Profile and 3- Monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) Levels in Bakery Products. *Natural and Engineering Sciences*, 4(2), 114-124.

Surh, J., & Kwon, H. (2005). Estimation of daily exposure to 4-hydroxy-2-alkenals in Korean foods containing n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *Food additives and contaminants*, 22(8), 701-708

Svejkovska, B., Novotný, O., Divinova, V., Réblová, Z., Doležal, M., & Velišek, J. (2004). Esters of 3-chloropropane-1, 2-diol in foodstuffs. *Czech Journal of Food Sciences*, 22(5), 190.

Şirinyıldız, D. D., Aydın, E., Öztürk, Y., Tuğçe, A. V. C. I., Yıldırım, A., & Yorulmaz, A. (2019). The Level Of 3-Mcpd Fatty Acid Esters In Vegetable Oils And Margarines Collected From Turkish Market. *Gıda*, 44(3), 491-497.

TGK. (2023). Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ. Resmi Gazete Tarihi: 05.11.2023. Resmi Gazete Sayısı: 32360. Ankara.

Turan, S., Solak, R., & Keskin, Ş. (2018). Gıdalarda monokloropropandiol esterlerinin oluşumu ve belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 16(2), 210-217.

Uribarri, J., Woodruff, S., Goodman, S., Cai, W., Chen, X., Pyzik, R., ... & Vlassara, H. (2010). Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 911-916.

Van de Brug, F. J., Luijckx, N. L., Cnossen, H. J., & Houben, G. F. (2014). Early signals for emerging food safety risks: From past cases to future identification. *Food Control*, 39, 75-86.

Van de Brug, F. J., Luijckx, N. L., Cnossen, H. J., & Houben, G. F. (2014). Early signals for emerging food safety risks: From past cases to future identification. *Food Control*, 39, 75- 86.

van Duijn, G., 2009. Potential ways of reduction of 3-MCPD esters in vegetable oils. Summary Report. In: Presentation at the ILSI Workshop 2009 in Brussels, Belgium: 3-MCPD ESTERS IN FOOD PRODUCTS. <http://www.ilsa.org/Europe/Publications/Final%20version%203%20MCPD%20esters.pdf>.

Van Durme, J., & Vandamme, J. (2016). Non-thermal plasma as preparative technique to evaluate olive oil adulteration. *Food chemistry*, 208, 185-191.

Wang, S., Liu, G., & Cheng, W. (2021). Chloride-mediated co-formation of 3- monochloropropanediol esters and glycidyl esters in both model vegetable oils and chemical model systems. *Food Research International*, 140, 109879.

Wang, Z., Jiang, Y., Liu, N., Ren, L., Zhu, Y., An, Y., & Chen, D. (2012). Advanced glycation end-product N ϵ -carboxymethyl-Lysine accelerates progression of atherosclerotic calcification in diabetes. *Atherosclerosis*, 221(2), 387-396.

Weißhaar, R. (2011). Fatty acid esters of 3-MCPD: Overview of occurrence and exposure estimates. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 304-308.

Weißhaar, R., & Perz, R. (2010). Fatty acid esters of glycidol in refined fats and oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(2), 158-165.

Wenzl, T., Samaras, V., Giri, A., Buttinger, G., Karasek, L., & Zelinkova, Z. (2015). Development and validation of analytical methods for the analysis of 3-MCPD (both in free and ester form) and glycidyl esters in various food matrices and performance of an ad-hoc survey on specific food groups in support to a scientific opinion on comprehensive risk assessment on the presence of 3-

MCPD and glycidyl esters in food. *EFSA Supporting Publications*, 12(3), 779E

WHO (2016). International Agency for Research in Cancer (IARC). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (<http://monographs.iarc.fr/index.php>).

Xu, L., Zhang, Y., Gong, M., Huang, J., Jin, Q., Wang, X., & Wang, X. (2020). Change of fatty acid esters of MCPD and glycidol during restaurant deep frying of fish nuggets and their correlations with total polar compounds. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(7), 2794-2801.

Xue, W., Warshawsky, D., 2005. Metabolic activation of polycyclic and heterocyclic aromatic hydrocarbons and DNA damage: a review. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 206 (1), 73–93.

Yuan, Y., Cui, C., Liu, H., Li, X., Cao, Y., Zhang, Y., & Yan, H. (2022). Effects of oxidation and hydrolysis of frying oil on MCPD esters formation in Chinese fried dough sticks. *LWT*, 154, 112576.

Zelinková, Z., Svejková, B., Velíšek, J., & Doležal, M. (2006). Fatty acid esters of 3- chloropropane-1, 2-diol in edible oils. *Food additives and contaminants*, 23(12), 1290-1298.

Zhang, H., Chen, J., Huang, L., Chen, L., Wang, J., Qi, X., ... & Zhang, R. (2020). Occurrence and risk assessment of 3-and 2-monochloropropanediol (MCPD) esters in vegetable oils and related products from Zhejiang market. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(6), 931- 937.

Zhang, P., Chen, Y., 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in surface soil of China: a review. *Sci. Total Environ.* 605–606 (Suppl. C), 1011–1020.

Scientific Achievements in Food Science and Engineering

Food science and technology is the study of food resources using basic science, microbiology, biochemistry, nutrition, biotechnology, and engineering. Food science and technology uses science and technology to develop new foods, enhance food systems, and acclimate staff members to an environment that safeguards the security and integrity of the global food supply chain.

Food science and technology are critical for satisfying consumer demands today. Consumer knowledge and preference for healthier foods are growing. As a result, the food science sector is expanding as the demand for specific recipes and meals, such as low-fat, low-carb, and low-sugar, grows. In terms of health benefits, fermented foods are the most practical way to get a daily dosage of probiotic microorganisms that promote gut health.

This book focuses on recent scientific developments in food science and technology. In this context, novel techniques to ensure food safety, fermented foods and their relationship with microbiome engineering, and the use of transglutaminase enzyme in dairy technology have been addressed. I think curious researchers in the food science and technology field and undergraduate and graduate students will find great value in this book.