

## Kasaplık Hayvan Et ve Et Ürünlerinin Donmuş Muhafazası için Enerji Tasarrufu Sağlayabilen Faz Değişim Malzemelerinin Gözden Geçirilmesi

Tuğba GÜNGÖR ERTUĞRAL 

### Article Info

\*Corresponding author:

e-mail: [tugbagungor@comu.edu.tr](mailto:tugbagungor@comu.edu.tr)

**Institution:** Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü

### Article history

Received: 24.08.2022

Accepted: February 21.09.2022

Available online: 30.09.2022

### Anahtar Kelimeler:

FDM, Gıda güvenliği, Dondurarak depolama, Nanoteknoloji

### Keywords:

PCM, Food safety, Freezing storage, Nanotechnology

**How to Cite:** T. GÜNGÖR ERTUĞRAL,

"Kasaplık Hayvan Et ve Et Ürünlerinin Donmuş Muhafazası için Enerji Tasarrufu Sağlayabilen Faz Değişim Malzemelerinin Gözden Geçirilmesi", *Environmental Toxicology and Ecology*, cilt 2, sayı 2, ss. 122-132, 2022.

### ÖZET

Çiğ et, içerdiği besin maddeleri ve pH değerinin uygunluğundan dolayı mikrobiyal ve özellikle de mezofilik bakteri gelişimine ideal ortamı oluşturan ve bu sebeple raf ömrü kısa olan gıda maddelerinden biridir. Mikroorganizma kaynaklı bozulmaların önüne geçmek amacıyla soğutma ve dondurarak saklama en yaygın muhafaza şeklidir ancak bu amaçla geliştirilen soğuk hava depoları elektrik ve petrol türevi yakıtlarla soğutan sistemlerdir. Son yıllarda gizli ısı depolama sistemleri yani faz değişim materyali (FDM) içeren sistemlere olan ilgi artmıştır ve belirli bir süre ortam ısısını depolayıp, sıcaklık değişimlerinde bu enerjiyi ortama geri vererek depo muhafaza sıcaklığını koruyabilmektedir. Ayrıca farklı sistemlerle (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi vb.) desteklenen FDM içeren bir soğuk hava sistemi, elektrik ve petrol yakıtı kullanmaksızın %100 yeşil enerji ile enerji verimliliği sağlayarak çevreye verilebilecek zararı en aza indirebilir. Bu çalışma, -12 ile -30 °C arasındaki sıcaklıklarda saklanan et ve et ürünlerinin soğuk ve dondurarak muhafazasında, gıda ambalajları veya depo materyallerine uygulanabilir, çevre dostu; organik tuz çözeltileri, ticarileştirilmiş FDM'ler ve organik FDM'leri inceleyen derleme niteliğinde bir araştırmadır.

### Review of Energy Saving Phase Change Materials for Frozen Storage of Butchery Animal Meat and Meat Products

### ABSTRACT

Raw meat is one of the foodstuffs that creates an ideal environment for growth of microbial and especially mesophilic bacteria due to nutrients and pH value it contains, and therefore has a short shelf life. Cooling and freezing are most common forms of storage in order to prevent microorganism-induced deterioration, but cold storage systems developed for this purpose are systems that cool with electricity and petroleum-derived fuels. In recent years, systems containing latent heat storage systems, namely phase change material (PCM), can maintain enclosure temperature by storing ambient heat for a certain period of time and returning this energy to environment in case of temperature changes. In addition, a cold storage system with PCM supported by different systems (solar energy, wind energy, etc.) can minimize the damage to environment by providing energy efficiency with a 100% green energy system without using electricity and petroleum fuel. This study can be applied in cold and freezing preservation of meat and meat products stored at temperatures between -12 and -30 °C, in food packaging or storage materials, environmentally friendly; this is a review study examining organic salt solutions, commercialized PCMs, and organic PCMs.

## 1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ve buna paralel olarak doğacak gıda ihtiyacı dikkate alındığında, ekonomik verimliliği artıran materyaller oldukça önemlidir. Soğutma sistemleri ise gıda endüstrisinde özellikle de soğuk zincirin yönetiminde gerekli olan sıkı kontrollerin vazgeçilmez unsurudur. Sıcaklık kontrolü, sürekli büyüyen bir nüfus için gıda güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olur. Ancak bu tür gıda koruma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların türü, hava kirliliği (ozon tabakasını incelten soğutucu akışkanlar ve küresel ısınma potansiyeli olan güçlü sera gazları gibi) şeklinde çevresel etkiler yaratır ve iklim değişikliğine sebep olur [1]. Soğuk zincir ise özellikle gıda endüstrisinde, israfı en aza indirmek, ürünlerin güvenliğini ve kalitesini sağlamak için esastır. Soğuk zincir, gıdanın güvenliğinin ve kalitesinin üretimden tüketime korunmasını garanti eden, sıcaklığı gerekli aralıkta tutan bir dizi işlem den oluşur [2].

Soğutucu bir sistemde sıcaklık tedarik zincirinde üretimden son üretime kadar bütün hassas üretim zincirinde kontrol edilir. Soğutma sistemleri ve soğuk zincir stratejileri, bozulabilir ve işlenmiş gıda endüstrisinin güvenliği amacıyla sürekli olarak gelişmektedir. Soğuk zincirde farklı iklimlerde veya farklı zamanlarda gıda güvenliğini ve kalitesini garanti eden üç kritik koşul kontrol edilir ki bunlar; yıl, sıcaklık, bağıl nem ve çiy noktasıdır [3]. Ürün kontaminasyonunu en aza indirmek ve üründeki bozulma ve patojen organizmaların büyümesini geciktirmek veya engellemek, taze et raf ömrünün iyileştirilmesi ve tüketici güvenliğinin artırılması için önemlidir, genel temizlik ve uygun sanitasyon çok etkili olmakla birlikte, et ürünlerinde mikrobiyal büyümeyi kontrol etmenin başka yolları da yararlı olabilir [4].

Gizli ısı depolama sistemlerinde radyasyon yoluyla ısı korunabilir ve gerektiğinde serbest bırakılabilir [5, 6, 7, 8]. Yüksek depolama yoğunluğu nedeniyle, bu depolama sistemlerinin kullanılması güneş enerjisi alanında da enerji tasarrufu için oldukça etkilidir [9-12]. FDM'ler gizli ısı depolama materyalleridir ve dar bir sıcaklık aralığında yüksek enerji depolama yoğunluğunu kullanan bir dizi fonksiyonel malzemedir [13]. Faz geçiş modeline göre, FDM'ler genellikle dört tipe ayrılır: Katı-gaz, katı-sıvı, katı-katı ve sıvı-gaz [14]. Bunların arasında, katı-gaz FDM'ler ve sıvı-gaz FDM'ler, faz dönüşümü sırasında önemli hacim değişiklikleri içerir, daha yüksek muhafaza gereksinimleri ve azaltılmış pratik uygulamalar sağlar. Faz dönüşümü sürecinde katı-katı FDM'lerin hacim değişimi küçük olmasına rağmen, faz değişiminin gizli ısısı küçüktür ve aşırı soğutma ve enerji depolama verimleri pratik kullanımda yüksek değildir. Katı-sıvı FDM'ler ısı enerjisi depolayabilir ve serbest bırakılabilir malzemenin erimesi ve katılaşması sürecinde endotermik ve ekzotermik olayları kullanarak. Katı-sıvı faz değişimi sürecinde, malzeme faz değişiminin entalpisi büyüktür, ancak hacim değişimi küçüktür [15]. Aynı zamanda, faz geçiş süreci hafiftir ve kontrolü kolaydır. Katı-sıvı FDM'ler avantajlıdır [16].

Taze et, sağlığın korunması ve hastalıkların (örneğin deri döküntüsü, kardiyovasküler hastalık, gastrointestinal hastalık) önlenmesi için insan vücudunun ihtiyaç duyduğu yüksek protein ve eser elementler (örneğin demir, çinko, selenyum, iyot) bakımından zengindir [17]. Et, etin bozulmasına ve gıda kaynaklı hastalıkların ana nedeni olan mikroorganizmaların büyümesine faydalı olan birçok besin maddesi içerir. Etteki mikroorganizmaların büyüme hızı, büyük ölçüde çevresel sıcaklık ve nemdeki değişikliklere bağlıdır. Kararsız, uygun olmayan sıcaklık ve nem, mikroorganizmaların biyolojik aktivitesini arttırarak büyümelerini hızlandırır, bu da etin bozulmasına neden olur. Bu durum önemli ekonomik kayıp ve gıda israfı yanında halk sağlığını da riske atar, yenilebilirlik sorunları doğurur ve gıda kaynaklı hastalıklar riskini artırır [18]. Örneğin *pseudomonas*, taze domuz etinin bozulmasını hızlandıran ve raf ömrünü önemli ölçüde azaltan dinamik çevre koşulları altında önemli ölçüde gelişebilir ve depolama sıcaklığı 4 °C'den 7-15 °C'ye yükseldikçe, raf ömrü sırasıyla yaklaşık %3,0 ve %14,9 azalır. Hastalık kontrol ve önleme merkezleri, gıda

kaynaklı patojenlerin Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl yaklaşık 48 milyon enfeksiyona, 128.000 hastaneye yatışa ve 3000 ölüme neden olduğunu ve bunun da tahmini 78 milyar dolarlık ek sağlık hizmeti maliyetine yol açtığını bildirmektedir [19-21].

Gıdaların ambalajlanmasında ve depolanmasında kullanılacak termal akıllı ambalaj materyalleri soğutma sırasında ciddi oranda enerji tasarrufu sağlayabilir. İzolasyon malzemeleri ile birlikte kullanıldığında ise uzun süreli dış enerji kaynaklarına bağlı olmadan soğuk zincir korunabilir. Bu çalışma gıda kalitesini ve muhafazasını iyileştirmeye yönelik yenilikler oluşturulabilmesi amacıyla et ve et ürünlerinin soğuk muhafazasında kullanılabilecek, termal, akıllı ambalaj materyali olan FDM'lerin gözden geçirildiği derleme niteliğinde bir araştırmadır.

### **Kasaplık hayvanların başlıca et ve et ürünlerinin dondurarak muhafazası ve önemli sıcaklık değerleri**

Ette enzimatik, oksidatif ve mikrobiyal bozulmalar ana sorunlardır. Özellikle mikrobiyal bozulma hayvanın yaşı, yetiştirilmesi, nakliyesi, iç organların çıkarılması, işlenmesi, dağıtımı, muhafazası ve paketleme yöntemine bağlıdır [22]. Bu mikrobiyal bozulmalar et ve et ürünlerinde bileşenlerin bozulması, kötü koku ve görünüş ile pH değişikliği meydana getirmektedir [23]. Et muhafazasının sınıflandırılması ve bozulmanın yavaşlatılmasında sıcaklık, su aktivitesi, kimyasal veya biyolojik koruyucular önemli rol oynar [24, 25].

Örneğin taze dana etinde bakteri olarak *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Salmonella*, *Escherichia* ve *Clostridium* cinsi bakteriler, küf olarak *Cladosporium*, *Thamnidium*, *Mucor*, *Penicillium* ve *Monilla* gelişebilmektedir [26]. Kanatlı eti yani beyaz etde *Enterobacteriaceae* familyasına ait koliform bakteriler, laktik asit bakterileri, küf ve mayalar [27, 28] ve yine *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Acinetobacter-Moraxella* ve *Flavobacterium* rastlanabilir [29]. Özellikle kuzu eti *Brochothrix thermosphacta* ve *Enterobacteriaceae* gelişimine açıktır [30]. Hayvan kesimi sırasında ise çiğ et üç türde incelenebilir;

- (i) Taze et; doku yumuşak ve daha az elastik iken, etin sıcaklığı rigor fazdan önce kalır. Ayrıca et, nakliye sırasında kirlenmeye karşı çok hassastır.
- (ii) Soğutulmuş et; etin sıcaklığı 0-4 °C'de sıkı bir şekilde kontrol edilir ve bağıl nem %90'dır. Depolamada et, insan sindirimine ve et aromasının oluşumuna yardımcı olan enzimlerin birleşik etkisi altında yumuşar ve sulu hale gelir.
- (iii) Dondurulmuş et: kesimden sonra et -28 °C'de depolanır ve çekirdek sıcaklığı -15 °C'ye ve son olarak -18 °C'ye düşürmek için soğutulur ve donmuş halde satılır. Bu işlemde mikrobiyal büyüme engellense de besinler kaybolur ve lezzet bozulabilir [31].

Tüketicie hangi yolla satılırsa satılsın maksimum faydayı elde etmek için depolama sürecinde et soğuk muhafazası yapılmalıdır. Bu nedenle et işleme sırasında muhafaza sürecine daha fazla dikkat edilmelidir. Çiğ etin bozulmasına, bazı dış faktörlerin yanı sıra doğal metabolik değişiklikler neden olabilir. Eterde oksidasyon ve bozunmanın neden olduğu bozulma, esas olarak etteki proteinin oksidasyonundan kaynaklanmaktadır. Ana mekanizmalar, metal katalizli oksidasyon, miyogloblin kaynaklı oksidasyon ve lipid oksidasyon kaynaklı oksidasyonu kapsar. Otolizin tarafından katalize edilen proteinin otolizi, çiğ etin bozulmasına neden olan pepton, aminoasit veya polipeptit üretimine yol açar. Üçüncüsü, lipid ransiditesi nedeniyle bozulma meydana gelebilir. Lipid acılaştırması temel olarak oksidatif acılaştırma ve

hidrolitik acılaşıma olarak ikiye ayrılır [32]. Proteinin otolizi, bozunması ve denatürasyonu, oksidasyona ek olarak çiğ etin bozulmasına yol açan nedenlerden biridir [33]. Bu mekanizma, mikrobiyal bozulma mekanizmasından farklıdır, ancak her ikisi de etin bozulmasına neden olur [34, 35].

Et, et ürünleri ve sakatatların donmuş saklama koşulları -18 °C ile et tipine göre 12 aya kadar uzayabilmektedir (Tablo 1). Dondurularak yine -18 °C, -25 °C ve -30 °C da saklanması gereken etler yine et tipi dikkate alınmak şartı ile 24 aya kadar saklanabilir (Tablo 2). Çeşitli etlerin donmuş depolamada kabul edilebilir kaliteyi koruduğu yaklaşık depolama ve süre (ay olarak) -17.8 °C, -12.2 °C, -6.7 °C olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Yine aynı şekilde -12 °C, -24 °C, -30 °C (Tablo 4) sıcaklıklarda da etin saklanması mümkündür. Bazı hayvansal gıdaların yaklaşık donma noktaları; -1 °C ile -3 °C arasında değişmektedir (Tablo 5). Tüm kimyasal ve mikrobiyal bozulmaların yanında soğutulmuş etlerde depo soğuk hava kontrolü sağlanmadığı takdirde ya da sıcaklık dalgalanmalarında ağırlık kayıpları meydana gelebilir. Zaman aralığı ise 12 saatten itibaren 14 güne kadar sürebilmektedir (Tablo 6). Dondurularak muhafaza sıcaklıkları etin türüne göre değişir.

**Tablo 1.** Et, et ürünleri ve sakatatların donmuş saklama koşulları [36].

Et tipi	Min. Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Max. Depolama zamanı (ay)
Sığır 1. Kalite	-18	95-98	9-12
Sığır 2. Kalite	-18	95-98	7-8
Domuz	-18	95-98	6-9
Av hayvanları	-18	90	9
Kanatlı eti	-18	93-95	9-10
Dil, karaciğer, böbrek	-18	95-98	6
Yumuşak sosis	-18	85-90	8
Dayanıklı sosis	-18	85-90	12

**Tablo 2.** Et ve et ürünlerinin donmuş saklama süreleri [37].

Et Tipi	Depolama sıcaklıkları (ay)		
	-18 °C	-25 °C	-30 °C
Sığır karkas	12	18	24
Rozbif, Biftek (paketlenmiş)	12	18	24
Kıyma (paketlenmiş)	10	>12	>12
Dana leşi	9	12	24
Dana rosto, pirezola	9	10-12	12
Kuzu leşi	9	12	24
Kuzu Kızartma, Pirezola	10	12	24
Domuz leş	6	12	15
Domuz rosto, pirezola	6	12	15
Öğütülmüş sosis	6	10	
Domuz yağı	9	12	12
Tavuk, hindi (yoğun ve paketlenmiş)	12	24	24

**Tablo 3.** Çeşitli etlerin donmuş depolamada kabul edilebilir kaliteyi koruduğu yaklaşık depolama süresi (ay) [38].

Et Tipi	-17.8 °C	-12.2 °C	-6.7 °C
Sığır	13-14	5	<2
Domuz	10	<4	<1.5

**Tablo 4.** Çeşitli et ve ürünlerin farklı sıcaklıklardaki optimum depolama süreleri (ay olarak) [39].

Et tipi	Sıcaklığa bağlı max. depolama süresi (ay)			
	-12 °C	-18 °C	-24 °C	-30 °C
Sığırlar	4	6	12	12
Kuzu	3	6	12	12
Buzağı	3	4	8	10
Domuz	2	4	6	8
Domuz eti (tedavi edilmiş)	0.5	1.5	2	2
Karaciğer, kalp, dil	2	3	4	4
Kanatlı	2	4	8	10
Kıyma	3	6	8	10
Mevsimsel sosis	0.5	2	3	4

**Tablo 5.** Çeşitli hayvansal gıdaların yaklaşık donma noktaları [38].

Et tipi	Sıcaklık (°C)
Sığır, domuz	-1.6 ile -2.2
Kümes hayvanı (tavuk)	-2.8

**Tablo 6.** +1 °C'de, %80-90 bağıl nemde ve 0,2 m/sn hava sirkülasyonunda depolanan soğutulmuş etlerde yüzde kilo kaybı [40].

Kesimden sonra geçen süre (saat)	Sığır eti	Dana eti	Koyun eti	Domuz eti
12 saat	2.0	2.0	2.0	1.0
24 saat	2.5	2.5	2.5	2.0
36 saat	3.0	3.0	3.0	2.5
2 gün	3.5	3.5	3.5	3.0
8 gün	4.0	4.0	4.0	4.0
14 gün	4.5	6.0	5.5	5.0

### Et ve et ürünlerinin dondurarak muhafazasına yönelik bazı FDM'ler

Et ve et ürünlerinin akıllı termal ambalaj ve depolama materyalleri ile soğuk muhafazası enerji tasarrufu sağlayabilir, petrol yakıtları ve elektriğin çevreye verdiği zararı en aza indirebilir. Bu amaçla kullanılacak FDM materyallerin

başlıcaları inorganik tuzlar (Tablo 7), ticari FDM'ler (Tablo 8), organik FDM'lerdir (Tablo 9). Ayrıca FDM'ler ötektik karışımlar halinde istenilen depo sıcaklıklarına ayarlanabilir.

**Tablo 7.** Tipik inorganik tuz çözeltisi ve ötektik FDM'ler [41].

Materyal (sulu çözelti)	Faz değişim sıcaklığı (°C)	Gizli ısı (J/g)	Referanslar
Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (30.5%)	-30.6	207.63	[42]
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (34.6%)	-29	186.93	[42]
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (39.4%)	-29	169.88	[42]
NH <sub>4</sub> F (32.3%)	-28.1	187.83	[42]
NaBr (40.3%)	-28	175.69	[42]
NaCl (27.9 %)	-23	26.10	[43]
KF (21.5%)	-21.6	227.13	[42]
Sodyum klorür ötektik bileşik (23.3%)	-21.1	246.6	[44]
MgCl <sub>2</sub> (25%)	-19.4	223.10	[42]
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (39.7%)	-18.5	187.75	[42]
NaNO <sub>3</sub> (36.9%)	-17.7	187.79	[42]
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (41.2%)	-17.35	186.29	[42]
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (35%)	-16	199.35	[42]
NH <sub>4</sub> Cl (19.5%)	-16	248.44	[42]
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (36.8%)	-13.5	197.79	[42]
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (30%)	-11	219.86	[42]
KCl (19.5%)	-10.7	253.18	[42]
MnSO <sub>3</sub> (32.2%)	-10.5	213.07	[42]
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (23.4%)	-9.9	214.25	[42]
BaCl <sub>2</sub> (22.5%)	-7.8	246.44	[42]
ZnSO <sub>3</sub> (27.2%)	-6.5	235.75	[42]

**Tablo 8.** Tipik ticarileştirilmiş FDM'ler [41].

Materyal	Faz değişim sıcaklığı (°C)	Gizli ısı (J/g)	Ticari firma adı ve malzeme kodu	Referanslar
Parafin	-30	140-150	Microtek Lab. MPCM (-30)	[47]
İnorganik tuz çözeltisi	-29	233	Cristopia SN 29	[46]
Tuz hidrat	-23	230	TEAP TH 23	[45]
Tuz hidrat	-21	222	TEAP TH 21	[45]
İnorganik tuz çözeltisi	-21	240	Cristopia SN21	[46]
İnorganik tuz çözeltisi	-21	240	Mitsubishi Chem. STL21	[48]
İnorganik tuz çözeltisi	-18	306	Climator Clim Sel C-18	[49]
İnorganik tuz çözeltisi	-18	268	Cristopia SN 18	[46]
İnorganik tuz çözeltisi	-16	289	Mitsubishi Chem. STL 16	[48]
Tuz hidrat	-16	289	TEAP TH 16	[45]
İnorganik tuz çözeltisi	-15	311	Cristopia AN 15	[46]
İnorganik tuz çözeltisi	-12	306	Cristopia AN 12	[47]
İnorganik tuz çözeltisi	-11	-	Mitsubishi Chem. STL N10 271	[48]
İnorganik tuz çözeltisi	-10	310	Cristopia AN 10	[46]
İnorganik tuz çözeltisi	-10	283	TEAP TH 10	[45]
Parafin	-9.5	150-170	Microtek Lab. MPCM (-10)	[47]
İnorganik tuz çözeltisi	-6	284	Mitsubishi Chem. STL-6	[48]

**Tablo 9.** Tipik organik FDM'ler [41].

Materyal	Faz değişim sıcaklığı (°C)	Gizli ısı (J/g)	Referanslar
Metanol	-97.15	99,25	[50]
n-Hegzan	-95.15	151,78	[50]
Siklopentan	-93.95	8,56	[50]
Metilamin	-93.15	197,38	[50]
n-Heptan	-90.55	140,12	[50]
Etan	-88.15	489,47	[50]
Metil etil keton	-86.65	177,05	[50]
Asetilen	-84.15	144,39	[50]
n-Oktan	-56.85	181,57	[50]
2-Hegzanon	-55.45	148,7	[50]
3-Hegzanon	-55.65	134,5	[50]
n-Nonan	-53.65	117, 773	[50]
3-Heptanon	-37.1	153,5 822	[50]
2-Heptanon	-35.0	1 72,6 851	[50]
Dekan	-29.7	194,2	[51]
n-Dodekan	-12.0	216	[52]

Tablo 4'de gösterildiği üzere çeşitli et ve ürünlerin farklı sıcaklıklardaki optimum depolama süreleri -12 °C ile -30 °C arasında değişmektedir. Et, et ürünleri ve sakatların donmuş saklama sıcaklığı belirli bağlı neme bağlı olarak -18°C'dir (Tablo 1) ve et ürünleri depolama sırasında zamana göre su kaybeder (Tablo 6) [53]. Gıda ambalaj materyallerine uygulanabilen mikro-nano büyüklüklerde olmaları nanoteknolojik malzeme özelliğindeki FDM'ler frigorifik lojistik araçların soğuk hava depoları başta olmak üzere sabit depo materyallerine çeşitli tekniklerle (mikrokapsülleme, modifiye etme vb.) yapılan uygulamalarda ekonomik yönden önemli katkı sağlayabilir.

### 3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kasaplık hayvan et ve et ürünleri kesimden hemen sonra kalitesinin korunması amacıyla güvence altına alınmalıdır. Dondurarak muhafaza ise uygulanabilecek en etkili ve yaygın yöntemdir. Ancak dondurarak muhafazada kullanılan petrol türevi yakıtlar ve elektrik enerjisi gıda maliyetini artırmakla birlikte çevreye de önemli ölçüde zarar vermektedir. Et ve et ürünleri depolamada sıcaklık dalgalanmalarının yol açtığı mikrobiyal, kimyasal ve fiziksel bozulmaların yanı sıra üründe kütle kaybı sektördeki ciddi sorunlardır. FDM içeren ambalaj materyalleri ve depo malzemeleri dış enerji kaynağını sınırlı sürede kullanarak ortam ısını muhafaza edebilir ve aynı zamanda sıcaklık dalgalanmalarına karşı ürünü koruyarak et ağırlık kaybını önleyebilir. Petrol yakıtları ve elektrik enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen soğutma sistemleri çevreye ciddi zarar vermektedir. FDM içeren malzemelerin güneş enerjisi ya da rüzgâr enerjisi ile desteklenmesi durumunda tamamen çevre dostu %100 yeşil enerji sistemi oluşturulabilir. Gıda lojistiğinde de kullanılacak C salınımını azaltan bu materyaller yine lojistik açıdan nano boyutlarda olmaları ile de az yer kaplama ve hafif olma avantajı sağlarlar. Gıda maliyetini düşüren bu unsurlar dikkate alındığında tüketicinin besin değeri yüksek gıdaları düşük maliyetli tüketimi ve çevreci materyallerin geliştirilmesi günümüz ve özellikle de gelecek nesiller için oldukça önemlidir.

### ***Finansman***

Yazar bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir maddi destek almamıştır.

### ***Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı***

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

### ***Etik Kurul Onayı***

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

### ***Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi***

Yazar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan eder.

## **KAYNAKÇA**

- [1] EPA, Refrigerant transition & environmental impacts, 2020.
- [2] C. Urrego, “Why the cold chain?” J.Caire, 68 pp. 9-12, 2018.
- [3] S. Mercier, S. Villeneuve, M. Mondor, I. Uysal, “Time–temperature management along the food cold chain: a review of recent developments”, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 16, pp. 647-667, 2017, doi:10.1111/1541-4337.
- [4] K.I. Sallam ve K. Samejima, “Buzdolabında depolama sırasında sodyum laktat ve sodyum klorür ile muamele edilmiş kıymanın mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi”, LWT-Gıda Bilimi ve Teknolojisi, 37 (8), 865-871, 2004, doi:10.1016/j.lwt.2004.04.003.
- [5] M. Sheikholeslami, S.A. Farshad, “Nanoparticles transportation with turbulent regime through a solar collector with helical tapes Advanced Powder technology”, 33 (3), 2022, Art.no.103510.
- [6] Y. M. Chu, , N.H. Abu-Hamdeh, B. Ben-Beya, M. R. Hajizadeh, Z. Li, & Q. V. Bach, “Nanoparticle enhanced PCM exergy loss and thermal behavior by means of FVM”, Journal of Molecular Liquids, 320, 2020, Art.no.114457.
- [7] X. Zhang, Y. Tang, F. Zhang, C. Lee, “A novel aluminum-graphite dual-ion battery”, Adv. Energy Mater., 6 (11), p. 1502588, 2016, doi:10.1002/aenm.201502588.
- [8] Y.-M. Chu, U. R Nazi, M. Sohail, M.M Selim, J.-R. Lee, “Enhancement in thermal energy and solute particles using hybrid nanoparticles by engaging activation energy and chemical reaction over a parabolic surface via finite element approach”, Fractal Fract. 5 (3), 2021, doi:10.3390/fractalfract5030119.



- [9] Y. Qin “Simulation based on galerkin method for solidification of water through energy storage enclosure”, *J. Energy Storage*, 50, June 2022, Art.no. 104672.
- [10] F. Selimefendigil, H. F. Öztop, “Impacts of using an elastic fin on the phase change process under magnetic field during hybrid nanoliquid convection through a PCM-packed bed system”, *Int. J. Mech. Sci.*, 216, 2022, Art.no. 106958.
- [11] F. Selimefendigil & H. F. Öztop, “Thermal management and performance improvement by using coupled effects of magnetic field and phase change material for hybrid nanoliquid convection through a 3D vented cylindrical cavity”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 183, 2022, Art.no. 122233.
- [12] S. Rashid, S. Sultana, Y. Karaca, A. Khalid & Y. M. Chu, “Some further extensions considering discrete proportional fractional operators”, *Fractals*, 30(01), 2022, Art.no. 2240026.
- [13] Y. Cui, J. Xie, J. Liu, J. Wang, S. Chen, “A review on phase change material application in building, *Advances in Mechanical Engineering*”, 9, 2017, doi:10.1177/1687814017700828.
- [14] Y. Li, J. Li, W. Feng, X. H. Wang, “Nian Design and Preparation of paraffin/ porous Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@Graphite foams phase change materials with enhanced heat storage capacity and high thermal conductivity”, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 9 (5), pp. 7594-7603, 2017, doi: 10.1021/acssuschemeng.7b00889.
- [15] C. Liu, J. Zhang, J. Liu, Z. Tan, Y. Cao, X. Li, Z. Rao, “Novel Hybrid Hypercrosslinked Polymer Assisted Highly Efficient”, *Thermal Energy Storage*, 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-152851/v1
- [16] D. Li, , B. Zhuang, , Y. Chen, , B. Li, , V. Landry, , A. Kaboorani & X. A. Wang, “Incorporation technology of bio-based phase change materials for building envelope: A review”, *Energy and Buildings*, 2022, doi: 10.1016/j.enbuild.2022.111920.
- [17] K. Das, P.K. Nanda, P. Madane, S. Biswas, A. Das, W. Zhang, et al. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods *Trends in Food Science & Technology*, 99, pp. 323-336, 2020, doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.010.
- [18] S. Bruckner, A. Albrecht, B. Petersen, & J. Kreyenschmidt, “Characterization and comparison of spoilage processes in fresh pork and poultry”, *Journal of Food Quality*, 35(5), 372-382, 2012, doi: 10.1111/j.1745-4557.2012.00456.x.
- [19] E. Scallan, R.M. Hoekstra, F.J. Angulo, R.V. Tauxe, M.A. Widdowson, S.L. Roy, “Foodborne illness acquired in the United States--Major pathogens”, *Emerging Infectious Diseases*, 17 (1), pp. 7-15, 2011, doi: 10.3201%2Fid1701.P11101.
- [20] A. Upadhyay, M.S. Nair, H. Yin, Y. Liu, K. Venkitanarayanan, “Application of natural antimicrobial coating for controlling food-borne pathogens on meat and fresh produce *Handbook of Modern Coating Technologies*” pp. 321-345, 2021, doi: 10.1016/B978-0-444-63237-1.00008-5.
- [21] Q. S. Ren, K. Fang, X. T. Yang & J. W. Han, “Ensuring the quality of meat in cold chain logistics: A comprehensive review”, *Trends in Food Science & Technology*, 119, 133-151, 2022, doi: 10.1016/j.tifs.2021.12.006.
- [22] J. Cervený, J. D. Meyer & P. A. Hall, “Microbiological spoilage of meat and poultry products. In *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*”, Springer, New York, NY, pp. 69-86, 2009, doi: 10.1007/978-1-4419-0826-1\_3.
- [23] D. Dave, A. E. Ghaly, “Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*”, 6(4), 486-510, 2011, doi: 10.3844/ajabssp.2011.486.510

- [24] C. F. Bagamboula, M. Uyttendaele & J. Debevere, “Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. Flexneri*”, *Food microbiology*, 21(1), 33-42, 2004, doi: 10.1016/S0740-0020(03)00046-7.
- [25] G.H. Zhou, X.L. Xu, Y. Liu, “Preservation technologies for fresh meat-A review”, *Meat Sci*, 86(1), 119-128, 2010, doi: 10.1016/j.meatsci.2010.04.033.
- [26] H.A. Ertaş, “Ette bozulmaya neden olan mikroorganizmalar”, *A.Ü. Ziraat Fakültesi Mezbaha Mahsulleri Teknolojisi Kürsüsü*, 6:187-191, 1979.
- [27] M.A. Astorga, R. Capita, C.A. Calleja, B. Moreno and M.C.G Fernandez, “Microbiological quality of retail chicken by-products in Spain”, *Meat Sci.*, 62: 45-50, 2002, doi: 10.1016/S0309-1740(01)00225-X.
- [28] M.P. E. Rio, M. Moran, C.A. Prieto, Calleja and R. Capita, “Effect of various chemical decontamination treatments on natural microflora and sensory characteristics of poultry”, *Food Microb.*, 115:268-280, 2007, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.048.
- [29] A. Şener & A. Temiz, “Tavuk kesimhane ve işletmelerinde kullanılan ticari dezenfektanlar ve etkinlikleri”, *Orlab On-Line Mikrobiyolojisi Derg.*, 2(10):1-28, 2004, doi: 10.13002/jafag702.
- [30] O.Barrera, J.M.R Calleja, J.A Santos, A. Otero and M.L.G. Lopez, “Effect of different storage conditions on *E.coli* O157:H7 and indigenous bacterial”, *Food Microb.*, 115:244- 251, 2007, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro. 2006. 10.053.
- [31] Z.Wang, Z.X. He Gan & H. Li, “Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage”, *Meat Science*, 146, 131-139, 2018, doi: 10.1016/j.meatsci.2018.08.006.
- [32] W. Zhang, S. Xiao & D.U. Ahn, “Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 1191– 1201, 2013, doi: 10.1080/10408398.2011.577540.
- [33] X. Luo, K. Dong, L. Liu. “Proteins associated with quality deterioration of prepared chicken breast based on differential proteomics during refrigerated storage”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101, 3489– 3499, 2020, doi: 10.1002/jsfa.10980.
- [34] A. Braik, M. Lahouel, R. Merabet, M.R. Djebar & D.Morin, “Myocardial protection by propolis during prolonged hypothermic preservation”, *Cryobiology*, 88, 29– 37, 2019, doi: 10.1016/j.cryobiol.2019.04.003.
- [35] M. Muzolf-Panek, A. Kaczmarek, J. Tomaszewska-Gras, R. Cegielska-Radziejewska & M. Majcher, “Oxidative and microbiological stability of raw ground pork during chilled storage as affected by Plant extracts”, *International Journal of Food Properties*, 22(1), 111-129, 2019, doi:10.1080/10942912.2019.1579834.
- [36] B. Mutluer, “Karkaslarda Kalite Sınıflandırması, EBK”, *Et Hijyeni ve Teknolojisi Seminer Notları*, Ankara, 2000.
- [37] International Institute of Refrigeration, “Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods”, Paris: International Institute of Refrigeration, 1972, doi:10.1002/food.19740180134.
- [38] G.J. Banwart, “Control of microorganisms by retarding growth”, In *Basic food microbiology*, pp. 462, 612–614, New York: Van Nostrand Reinhold, 1989, doi:10.1007/978-1-4684-6453-5\_11.
- [39] J.C. Forest, E.D. Aberle, H.B. Hedrick, “Fundamentos de Ciência de la Carne: Zaragoza”, Ed. Acribia, 1979.

- [40] T. İnal, B. Nazlı, “Mezbaha Bilgisi”, Saray Medikal Yayıncılık, İzmir, 1997.
- [41] X. Zhang, , Q. Shi, , L. Luo, , Y. Fan, , Q. Wang, , & G. Jia. Research Progress on the Phase Change Materials for Cold Thermal Energy Storage. *Energies*, 14(24), 8233, 2021, doi: 10.3390/en14248233.
- [42] D.X. Zheng, X.H. Wu, “Comprehensive evaluation eutectic character used as low temperature thermal energy storage”, *Cryogenics*, 1, 37–45, 2002.
- [43] X.Q. Zhai, X.L. Wang, T. Wang, “Wang, R.Z. A review on phase change cold storage in air-conditioning system: Materials and applications”, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 22, 108–120, 2013, doi:10.1016/j.rser.2013.02.013.
- [44] E. Borri, J.Y. Sze, A. Tafone, A. Romagnoli, Y. Li, G. Comodi, “Experimental and numerical characterization of sub-zero phase change materials for cold thermal energy storage”, *Appl. Energy*, 275, 2020, Art. no. 115131.
- [45] Latest, “Phase Change Material PCM Manufacturers for Air Conditioning, Electronics Cooling ...”, [www.teappcm.com](http://www.teappcm.com) (accessed on 1 September 2021).
- [46] Carrier, [www.cristopia.com](http://www.cristopia.com) (accessed on 1 September 2021).
- [47] Microtek, “temperature matters”, [www.microteklabs.com](http://www.microteklabs.com) (accessed on 1 September 2021).
- [48] H. Kakiuchi, Mitsubishi Chemical; Mitsubishi Chemical Corporation: Tokyo, Japan, 2002.
- [49] Climator, “how does climsel work?”, [www.climator.com](http://www.climator.com) (accessed on 1 September 2021).
- [50] L. Yang, U. Villalobos, B. Akhmetov, A. Gil, J. O. Khor, A. Palacios & A. Romagnoli, “A comprehensive review on sub-zero temperature cold thermal energy storage materials, technologies, and applications: State of the art and recent developments”, *Applied Energy*, 288, 2021, Art.no.116555.
- [51] T. Yang, Q. Sun, R.L. Wennersten & Cheng, “Review of phase change materials for cold thermal energy storage”, *Journal of Engineering Thermophysics*, 39(3), 567-573, 2018, Art.no. 0253-231X (2018) 03-0567-07.
- [52] E. Borri, J.Y. Sze, A. Tafone, A. Romagnoli, Y. Li, “Comodi, G. Experimental and numerical characterization of sub-zero phase change materials for cold thermal energy storage”, *Appl. Energy*, 275, 2020, Art.no. 115131, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115131.
- [53] Ş. Anar, “Et ve et ürünleri teknolojisi”, Dora yayıncılık, 2010 Bursa, bölüm 3 syf 93-96.