

## Investigating The Effect of Lamb Meat Coating with Flaxseed Mucilage Containing *Echinophora platyloba* Nanoemulsion on its Increasing Shelf Life

Pages  
83-110

M. Tahmasbi<sup>1</sup>, Sh. Moazzezi<sup>2\*</sup> and Gh. Labeiki<sup>3</sup>

1, 2 & 3) Department of food sciences and technology, faculty of pharmacy and pharmaceutical sciences, Tehran medical sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

\*Corresponding author: [Shima.Moazzezi@yahoo.com](mailto:Shima.Moazzezi@yahoo.com)

Received date: 2023.12.31

Accepted date: 2024.04.12

### Abstract

In the present research, the effectiveness of coating sheep meat with flaxseed mucilage containing *Echinophora platyloba* extract nanoemulsion was investigated to increase its shelf life at the refrigerator temperature. The *Echinophora platyloba* was nano-coated using a water-ethanol solvent and added to the extracted flaxseed mucilage in concentrations of 6.25, 12.50, and 25 mg/g. The fresh lamb meat samples were immersed in the coating solution and stored in polyethylene packaging for 30 days at a temperature of 4°C. The tests were performed on the samples at 5-day intervals (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30). The results showed that increasing the nanoemulsion concentration in the coatings led to a decrease in the samples' humidity. Additionally, coatings containing *Echinophora platyloba* extract nanoemulsion significantly prevented increases in pH, thiobarbituric acid index, peroxide number, and volatile nitrogen compared to the control sample (C0) and the sample coated with flaxseed mucilage alone (C1). The effect of coatings containing nanoemulsion on preserving tissue and reducing microbial growth was also observed. According to the sensory evaluation results, the use of coatings containing nanoemulsion had a positive effect on the sensory characteristics of the samples. Considering all the results, treatment C4 (2% flaxseed mucilage + 25 mg/g *Echinophora platyloba* extract nanoemulsion) is introduced as the optimal treatment in this research, which was capable of keeping lamb meat for 20 days under refrigerator conditions.

**Keywords:** *Echinophora platyloba* plant, Flaxseed mucilage, Nanoemulsion and Shelf life.



## بررسی تأثیر پوشش دهی گوشت گوسفند با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانوامولسیون خوشاریزه بر افزایش مدت ماندگاری

### آن

شماره صفحات

۱۱۰-۸۳

مریم طهماسبی<sup>۱</sup>، شیما معززی<sup>۲\*</sup> و غزل لیبکی<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳) گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دارویی و داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

\* نویسنده مسئول: Shima.Moazzezi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰

### چکیده

در تحقیق حاضر به بررسی کارایی پوشش دهی گوشت گوسفند با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانوامولسیون عصاره خوشاریزه با هدف افزایش مدت ماندگاری آن در دمای یخچالی پرداخته شد. بدین ترتیب که عصاره گیاه خوشاریزه استخراج شده با حلال آب-اتانول، نانو درون پوشانی شده و در غلظت‌های (۶/۲۵، ۱۲/۵۰ و ۲۵ میلی گرم بر گرم) به موسیلاژ دانه کتان استخراج شده اضافه شده و نمونه‌های گوشت تازه گوسفند در محلول پوشش دهی غوطه‌ور شدند. نمونه‌ها در بسته‌بندی‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی به مدت ۳۰ روز در دمای °C ۴ نگهداری شدند. آزمون‌ها در روزه‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ بر روی نمونه‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت نانوامولسیون در پوشش‌ها، منجر به کاهش آفت رطوبت نمونه‌ها شد. همچنین پوشش‌های حاوی نانو امولسیون عصاره خوشاریزه به میزان قابل توجهی از افزایش میزان pH، شاخص تیوباربیتوریک اسید، عدد پراکسید و نیتروژن فرار تیمارها نسبت به نمونه شاهد (C0) و نمونه پوشش دهی شده با موسیلاژ دانه کتان به تنهایی (C1) جلوگیری کرد. این تأثیر با افزایش غلظت نانو امولسیون‌ها درون پوشش مشهودتر بود. همچنین اثر پوشش‌های حاوی نانو امولسیون بر حفظ بافت و کاهش روند افزایش جمعیت میکروبی ملاحظه شد. طبق نتایج ارزیابی حسی، بکارگیری پوشش‌های حاوی نانو امولسیون بر ویژگی‌های حسی تیمارها اثر مثبت داشت. با در نظر گرفتن تمامی نتایج تیمار C4 (۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲۵ mg/g نانوامولسیون گیاه خوشاریزه) به عنوان تیمار برتر این تحقیق معرفی می‌گردد که قابلیت نگهداری گوشت گوسفند طی ۲۰ روز در شرایط یخچال را داشت.

**واژه‌های کلیدی:** عصاره گیاه خوشاریزه، موسیلاژ دانه کتان، نانوامولسیون و مدت ماندگاری.

## مقدمه

گوشت قرمز یک منبع عمده پروتئینی است که دارای ارزش بیولوژیکی بالایی بوده و همچنین منبع بسیار خوبی از اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌های محلول، مواد معدنی و عناصر کم مقدار است. با این حال، گوشت قرمز از جمله فسادپذیرترین محصولات غذایی می باشد که افزایش ماندگاری آن یکی از اهداف اصلی بخش صنایع غذایی است (Guerrero *et al.*, 2020). به طور کلی، عمر ماندگاری گوشت گوسفند کوتاهتر از سایر انواع گوشت است و توسط عوامل مختلفی مانند تغییر رنگ<sup>۱</sup>، رسیدن<sup>۲</sup> یا آسیب میکروبیولوژیکی محدود می شود (Pelaes Vital *et al.*, 2021). تغییرات رنگی در گوشت قرمز عموماً نشانه فساد و در ارتباط با اکسیداسیون لیپیدهاست. واکنش‌های اکسیداسیون طی تولید، توزیع و ذخیره‌سازی گوشت باعث ایجاد تغییرات فیزیکوشیمیایی و رایحه نامطلوب می شود، در نتیجه کیفیت محصول را کاهش می دهد (Pateiro *et al.*, 2018). فن‌آوری‌های مدرن بسته‌بندی پتانسیل افزایش ماندگاری محصولات غذایی را از طریق مهار یا به تاخیر انداختن اکسیداسیون لیپید و رشد میکروبی دارند. بسته‌بندی سنتتیک<sup>۳</sup> به طور گسترده‌ای جهت نیل به این اهداف مورد استفاده قرار گرفته اند. با توجه به تأثیر منفی باقیمانده‌های سیستم‌های بسته‌بندی مذکور بر محیط زیست، کارشناسان صنایع غذایی به دنبال توسعه سیستم‌های بسته‌بندی جدید سازگار با محیط زیست نظیر فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی جهت حفظ کیفیت مواد غذایی طی دوره ذخیره‌سازی هستند (Heydari *et al.*, 2020). در حال حاضر، پوشش‌های خوراکی با منشاء پلیمری طبیعی، به‌ویژه پوشش‌های مبتنی بر پلی ساکارید، به‌عنوان بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر و سازگار با محیط‌زیست جهت حفظ کیفیت و حفظ رطوبت و ترکیبات فرار، افزایش پایداری طی ذخیره‌سازی محصولات غذایی استفاده می شوند (Vital *et al.*, 2018). موسیلاژ دانه کتان یک هتروپلیمر متشکل از مخلوطی از پلی ساکاریدهای اسیدی (رامنو گالاکترونان)<sup>۴</sup> و خنثی (آرابینوکسیلان)<sup>۵</sup> است که تقریباً ۸٪ وزن بذر کتان را تشکیل می دهد و به عنوان مایعی بسیار چسبناک و بی‌رنگ با خواص نگهداری خوب آب شناخته می شود. بنابراین ترکیب خوبی برای پوشش یا تشکیل فیلم است (Treviño-Garza *et al.*, 2019; Soleimani-Rambod *et al.*, 2018). از طرفی، افزودن ترکیبات متنوع با خواص آنتی‌اکسیدانی و یا ضد میکروبی در بسته‌بندی، در سطح گوشت یا در پوشش‌های خوراکی ممکن است کیفیت محصول را با حفظ تازگی و رنگ یا کاهش اکسیداسیون لیپید حفظ کند. تحقیقات امکان کاهش خطرات مربوط به سلامتی با جایگزینی مواد طبیعی با افزودنی‌های مصنوعی را نشان داده است. در واقع، این جایگزین‌ها به خوبی توسط مصرف‌کنندگان پذیرفته شده است و افزودنی‌های مواد غذایی طبیعی را به جای افزودنی‌های مصنوعی ترجیح می دهند (Guerrero *et al.*, 2020). از جمله این افزودنی‌های طبیعی اسانس‌های روغنی/ عصاره‌ها هستند. تعدادی از

1 Discoloration

2 Rancidity

3 Synthetic

4 Rhamnogalacturonan

5 Arabinoxylan

اسانس‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریالی قوی هستند و به عنوان جایگزین‌های بالقوه برای آنتی‌اکسیدان‌های شیمیایی در صنعت گوشت مورد بررسی قرار گرفتند (Pateiro *et al.*, 2018). خوشاریزه با نام علمی (*Echinophora cinerea*) گیاهی از خانواده چتریان است. عصاره این گیاه حاوی ترکیباتی از جمله آلکالوئیدها و فالونوئیدها است. ترکیباتی نظیر اسیدهای کربوکسیلی، لینالول<sup>۱</sup>، اوژنول<sup>۲</sup>، سیترونلول<sup>۳</sup>، فarnesol<sup>۴</sup>، نرول<sup>۵</sup>، ترپن‌ها<sup>۶</sup>، میرسن<sup>۷</sup>، کورستین<sup>۸</sup>، کامفرول<sup>۹</sup> و ویتامین C از جمله ترکیبات شناسایی شده در عصاره این گیاه هستند (Gotoh *et al.*, 2006). به طور کلی، عصاره/اسانس‌های روغنی به عنوان ایمن (GRAS)<sup>۱۰</sup> طبقه‌بندی می‌شوند و کاربرد آن‌ها به صورت مجزا یا ترکیب شده با سایر اسانس‌ها، مواد تشکیل دهنده یا فن‌آوری‌های نگهداری اثرات مفیدی بر فرآورده‌های گوشتی نشان داده است (Pateiro *et al.*, 2018). طی دهه‌های گذشته، بکارگیری نانوامولسیون‌ها به عنوان یک ماده ضد میکروبی مورد توجه قرار گرفته است، چرا که این ترکیبات با ایجاد اختلال در غشای بیرونی، اثرات مهارکنندگی گسترده‌ای در برابر باکتری‌ها، ویروس‌های دارای پوشش و قارچ‌ها دارند. نانوامولسیون‌ها از نظر ترمودینامیکی برای هم‌جوشی با غشای لیپیدی مناسب هستند و این اثر با جذب الکترواستاتیکی بین بار کاتیونی نانوامولسیون و بار آنیونی در پاتوژن‌ها افزایش می‌یابد و بنا به همین دلیل منجر به لیز سلولی و مرگ پاتوژن می‌گردد. از آنجائی که عملکرد نانو امولسیون‌ها به صورت اختلال غیر اختصاصی در غشای باکتری است در نتیجه سویه مقاوم ایجاد نمی‌شود از این رو به عنوان یک ماده ضد باکتری امیدوارکننده مورد توجه قرار گرفته‌اند (Dabowl *et al.*, 2021). طی سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در ارتباط با افزودن نانوامولسیون‌های گیاهی در پوشش‌های خوراکی و تاثر آن‌ها بر مدت ماندگاری انواع گوشت انجام شده است. Fallah *et al.* (2022)، در بررسی اثر پوشش نانوکامپوزیت پکتین (PE) حاوی نانوذرات کورکومین (CNP) و نانوامولسیون اسانس زنیان (*Carum copticum*) را همراه با تابش گاما با دوز پایین بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی و حسی گوشت گوسفند ارزیابی نمودند و اذعان نمودند که پوشش فعال همراه با تابش گاما، بار میکروبی را کاهش داد و تغییرات اکسیداسیون لیپید و پروتئین، محتوای نیترोजن کل فرار، تشکیل مت-میوگلوبین، و زوال رنگ در نمونه‌های گوشت بره را به حداقل رساند (Fallah *et al.*, 2021). Jafarinia *et al.* (2022)، در بررسی تاثیر نانوامولسیون روغن زیتون بکر همراه با اسانس زنیان (در سطح ۱ و ۲٪) بر کیفیت گوشت بره نگهداری شده در شرایط سرد بیان نمودند که تیمارها باعث تاخیر در رشد باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست، انتروباکتریاسه و باکتری‌های اسید لاکتیک در طی نگهداری سرد شد. نتایج

- 
- 1 Linalool
  - 2 Eugenol
  - 3 Citronellol
  - 4 Farnesol
  - 5 Nerol
  - 6 Terpenes
  - 7 Myrcene
  - 8 Quercetin
  - 9 Kaempferol
  - 10 Generally Recognized as Safe

نشان داد که افزایش ازت تام فرار، اکسیداسیون لیپید و پروتئین، تشکیل مت میوگلوبین و کاهش رنگ در گروه‌های نمونه‌های پوشش داده شده با تأخیر بیشتری رخ داد (Jafarinia et al., 2021). هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر پوشش دهی گوشت بره با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانوامولسیون عصاره گیاه خوشاریزه بر ویژگی‌های کیفی، میکروبی و مدت زمان نگهداری آن بود.

## مواد و روش‌ها

### مواد

گیاه خوشاریزه از شهرستان سرایان استان خراسان جنوبی، گوشت تازه گوسفند و دانه‌های کتان از بازار محلی (کرج) و کلیه ترکیبات شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

### روش‌ها

#### استخراج و تهیه نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

#### استخراج عصاره گیاه خوشاریزه

ابتدا ناخالصی‌های گیاه خوشاریزه نظیر برگ، خار و سایر بخش‌های غیر از گلبرگ آن حذف و سپس در آون الکتریکی به منظور نگهداری بیشتر، خشک شد. برای تهیه عصاره، از حلال آب-اتانول به نسبت ۷۰:۳۰ استفاده شد. برای این منظور، ۱۰۰ گ از پودر خشک شده گیاه با ۵۰۰ سی سی حلال مخلوط و یک شبانه روز روی همزن مغناطیسی گرفت. سپس مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شد و عصاره بدست آمده درون دستگاه روتاری در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  به مدت یک ساعت، جهت جداسازی حلال و عصاره، قرار گرفت. عصاره بدست آمده در شیشه درب‌دار تا انجام آزمون‌ها در یخچال نگهداری شد (Marsup et al., 2020).

#### تهیه نانوامولسیون عصاره گیاه خوشاریزه

جهت تهیه نانوامولسیون، عصاره به نسبت مساوی با توپین ۸۰، به عنوان سورفکتانت، بخوبی مخلوط شدند. سپس فاز آبی (آب مقطر) به وسیله اسید سیتریک ۰/۳٪ اسیدی شده و مخلوط فاز روغنی با پلی گلیسرول پلی رسینولات مخلوط شد و سورفکتانت بر روی همزن مغناطیسی با سرعت دورانی ۷۰۰ دور در دقیقه به آرامی به فاز آبی، به منظور تهیه پیش مخلوط امولسیونی، اضافه شد. پیش مخلوط امولسیونی تهیه شده به مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک با توان ۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز برای تهیه نانو امولسیون‌ها قرار گرفتند. به این ترتیب نانو امولسیون مورد نظر تهیه شد (Marsup et al., 2020).

#### استخراج موسیلاژ دانه کتان

ابتدا دانه‌های کتان تمیز شد و به نسبت ۱:۳۰ با آب ۳۰ g دانه کتان و ۹۰ mm آب مقطر مخلوط شد. دانه‌های خیس

خورده کتان با سرعت ۱۰۰۰ rpm در دمای °C ۶۰ تا ۸۰ برای حداقل ۳ ساعت بر روی همزن مغناطیسی به منظور تهیه بهینه موسیلاژ همزده شدند. محلول موسیلاژی بدست آمده در دمای اتاق (دمای °C ۲۵) سرد شد. جهت جداسازی، موسیلاژ از دانه‌ها، مخلوط در تیوب‌های ۵۰ میلی‌لیتر سانتریفیوژ ریخته و به مدت ۱۵ دقیقه تا ۳۹۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند. در ادامه، رسوبات جداسازی شده در آون تحت خلاء با دمای °C ۳۹ و فشار ۶ bar خشک شد. بعد از آسیاب نمودن، توسط الک (مش ۶۰) جداسازی و در کیسه‌های پلی‌آمید بسته‌بندی شد (Tee et al., 2016).

### پوشش‌دهی گوشت و تهیه تیمارها

نمونه‌های گوشت تازه گوسفند با ابعاد ۴×۴×۲ به نسبت ۳ به ۱ در ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول پوشش‌دهی حاوی نانوامولسیون خوشاریزه غوطه‌ور شدند به طوریکه محلول کاملاً روی آن‌ها را بپوشاند (طبق جدول ۱). به منظور حذف پوشش‌های اضافی از روی نمونه‌ها، گوشت‌های پوشش‌دهی شده به مدت یک ساعت در دمای اتاق بر روی سینی مشبک قرار داده شدند تا پوشش خشک شد. سپس نمونه‌ها در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی به مدت ۳۰ روز در دمای °C ۴ نگهداری شدند. آزمون‌ها در فواصل زمانی ۵ روزه (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰) بر روی نمونه‌ها انجام شد (Deus et al., 2017).

### جدول ۱: نمونه‌های مورد آزمون در تحقیق

کد تیمار	فرمولاسیون
C0 (نمونه شاهد)	گوشت گوسفند بدون پوشش
C1	گوشت پوشش‌دهی شده با ۲٪ موسیلاژ دانه کتان
C2	گوشت پوشش‌دهی شده با ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانوامولسیون عصاره گیاه خوشاریزه
C3	گوشت پوشش‌دهی شده با ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۶٪ نانوامولسیون عصاره گیاه خوشاریزه
C4	گوشت پوشش‌دهی شده با ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانوامولسیون عصاره گیاه خوشاریزه

### آزمون‌های انجام شده بر روی نانو امولسیون

#### اندازه‌گیری میانگین قطر حجمی قطرات

به منظور اندازه‌گیری میانگین قطر حجمی قطرات ابتدا همه نانو امولسیون‌ها به منظور جلوگیری از پراکنش متعدد ذرات<sup>۱</sup> با نسبت ۱ به ۵۰ رقیق شده و به وسیله دستگاه Malvern DLS<sup>2</sup>، اندازه قطرات در دمای °C ۲۵ نگهداری و با زاویه ۹۰ درجه مشخص گردید (Rezaei Savadkouhi et al., 2020).

آزمون‌های نمونه‌های گوشت گوسفند پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانوامولسیون خوشاریزه

#### اندازه‌گیری رطوبت

ابتدا پلیت (حاوی ۲۰g تا ۲۵g شن) و میله شیشه‌ای به مدت نیم ساعت در آون با دمای °C ۱۰۳ خشک شدند. پس از

1 Multiple Scattering

2 Dynamic light scattering

سرد شدن در دسیکاتور و توزین، حدود ۵ g تا ۸g نمونه به آن منتقل و مجدد توزین شد. پلیت حاوی نمونه به مدت ۲ ساعت درون آون با دمای °C ۱۰۳ خشک شدند. در نهایت پلیت‌ها در دسیکاتور تا رسیدن به دمای اتاق خنک و وزن شدند. میزان رطوبت نمونه‌ها از رابطه ۱ محاسبه و گزارش شد (Iran National Standards Organization, 2003, No. 745).

$$\text{رابطه ۱:} \quad \text{درصد رطوبت} = (m1-m0)/(m2-m1)$$

### تعیین pH

pH نمونه‌ها توسط pH متر مطابق شکل ۳-۴ اندازه‌گیری شد. ابتدا pH دستگاه با بافر استاندارد در ۳ و ۷ کالیبره (تنظیم) شد. ۵ g از نمونه با دو برابر آب مقطر (g/l) همگن شده و سپس در دمای °C ۲۵، pH نمونه‌ها تعیین شد (Iran National Standards Organization, 2002, No. 1028).

### تیوباربتوریک اسید

۲ g از نمونه گوشت چرخ شده و با ۵ میلی‌لیتر محلول ۲۰٪ تری کلرو استیک اسید به مدت ۲ دقیقه در مخلوط کن مخلوط شدند. ظرف مخلوط کن با ۵ سی‌سی آب مقطر شسته و به محلول قبلی افزوده شد. محلول با کاغذ واتمن (شماره ۴۱ با قطر ۹ سانتی‌متر) صاف گردید. ۵ mm از محلول صاف شده (عصاره تری کلرو استیک گوشت) با ۵mm محلول تیوباربتوریک اسید ۰/۰۱ مولار مخلوط و به مدت ۱ ساعت در آون با دمای °C ۱۰۰ قرار گرفته تا رنگ ایجاد گردد. رنگ حاصل در طول nm ۵۳۲ قرائت شد. مقدار تیوباربتوریک اسید بر اساس اکی والان میلی‌گرم مالون آلدئید بر یک کیلوگرم نمونه گزارش شد (AOAC, 1995).

### عدد پراکسید

۵ g از نمونه توزین و ۳۰ mm از محلول اسید استیک + کلروفرم که به نسبت ۳ به ۱ به نمونه روغن اضافه شد؛ ۵/۰ mm دیدپتاسیم اشباع به آن افزوده و محلول به مدت ۱ ساعت در تاریکی قرار گرفت. پس از طی شدن مرحله تاریکی، ۳۰ mm آب مقطر را به ظرف بالا اضافه گردید؛ سپس چند قطره چسب نشاسته ۱٪ به محلول افزوده و تا بی‌رنگ شدن با تیوسولفات سدیم N ۰/۱ تیتراژ شد. عدد پراکسید (بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن) از رابطه ۲ محاسبه و گزارش شد (Iran National Standards Organization, 2018, No. 4179).

$$\text{رابطه ۲:} \quad \text{عدد پراکسید} = \frac{n*(S-B)*1000}{W}$$

S = حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه روغن، حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه شاهد B =، وزن نمونه

W = نرمالیت تیوسولفات N =

## میزان ترکیبات ازت فرار

ترکیبات نیتروژنی فرار از طریق تقطیر مستقیم نمونه گوشت هموزن شده بعد از اضافه کردن اکسید منیزیم اندازه‌گیری شدند. تقطیر حاصل در یک فلاسک که دارای محلول آبی بوریک اسید ۰/۲٪، مخلوطی از شناساگرهای متیل قرمز و بروموکروزول سبز (هر کدام ۰/۱٪) اتانول، جمع آوری شد. سپس محلول بوریک اسید با سولفوریک اسید ۰/۱ N تیترا شد. مقدار نیتروژن کل فرار بازی (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت قرمز) بر اساس مصرف اسید سولفوریک محاسبه شد (Li et al., 2012).

## اندازه‌گیری سفتی بافت

قطعه‌ای از گوشت برش داده و زیر یک پروب استوانه‌ای به قطر ۳۶ mm قرار داده شد که با سرعت ثابت ۳ mm در ثانیه، سرعت آزمون ۱ mm در ثانیه، و سرعت پس از آزمون ۳ mm در ثانیه حرکت می‌کند. بالاترین نیرو (N) در حداکثر فشرده‌سازی (۳۰٪ ضخامت نمونه) تعیین شد و به عنوان سفتی نمونه گزارش شد (Kiarasi et al., 2012).

## آزمون میکروبی

۱۰ g گوشت به صورت اسپتیک وزن شد و با ۹۰ mm پپتون واتر استریل ۰/۱٪ در استومیکر یا پالسی فایر به مدت ۱-۲ دقیقه در دمای اتاق هموزن شد. رقت ترتیبی اعشاری برای هر نمونه در محلول پپتون ۰/۱٪ تهیه شد و ۱ mm یا ۰/۱ mm از نمونه‌ها در رقت مناسب، طی دو تکرار، کشت آمیختگی و یا سطحی به ترتیب برای انجام آزمون شمارش کل میکروب‌ها بر اساس استاندارد ملی ۵۲۷۲ و پلیت‌های آگار انتخابی انجام شد. شمارش میکروب‌های کل مزو فیل زنده در محیط کشت پلیت کانت آگار تعیین شد. پلیت‌ها در دمای ۳۰°C به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری (و یا انکوباسیون) شد. شمارش کپک و مخمر با استفاده از محیط کشت عصاره مخمر- دکستروز-کارامفنیکل آگار و انکوباسیون در دمای ۲۵°C برای مدت زمان ۳-۵ روز بر طبق استاندارد شماره ۹۹۷ ایران انجام شد (Hartmann, Mazurier et al. 2006).

## ارزیابی حسی

پذیرش کلی بر اساس مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای، ارزیابی شد. برای ارزیابی کیفیت گوشت، از ۱۰ ارزیاب آموزش دیده استفاده شد. تیمارها با ابعاد ۴×۴×۲ تهیه و درون ظروفی که از قبل کدگذاری شده بودند و هر کد معرف یک تیمار بود در اختیار ارزیابان حسی قرار گرفت. درجه بندی کیفی بر مبنای امتیاز یک تا پنج انجام شد به این صورت که: ۱: بد، ۲: ضعیف، ۳: متوسط، ۴: خوب، ۵: بسیار خوب. از هرتیمار، ۵ g به صورت خام در شرایط در اختیار افراد قرار گرفت (Sabz Ali et al., 2017).

## تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده در آزمایشات برای داده‌های تجربی (آزمایشی) به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار در سه بار تکرار بیان

شدند. واحدهای تشکیل دهنده کلونی (CFUs) در تمامی آزمایشات به مقادیر لگاریتمی آن‌ها قبل از تجزیه و تحلیل آماری تبدیل شدند. داده‌های آزمایشات با تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) مقایسه و تفاوت‌های معنی‌دار آماری بین مقادیر میانگین‌ها (در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار باشد) با استفاده از آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن تعیین شد. نتایج آزمون‌های آماری به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گردید. سطح معنی‌داری ۰/۰۵  $\leq p$  برای مقایسه داده‌ها در نظر گرفته شد. نمودارها با نرم افزار Excle رسم شدند.

## نتایج و بحث

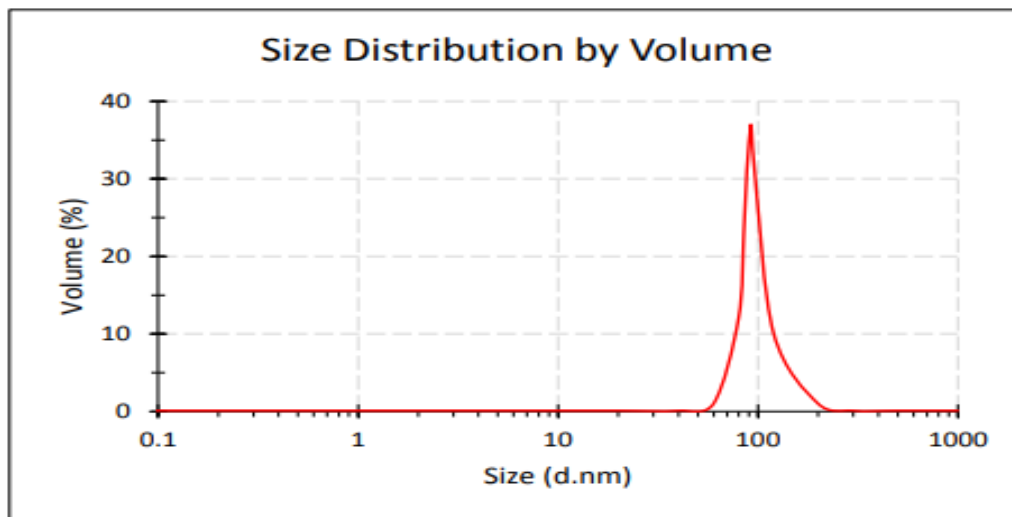
### بررسی نتایج نانوامولسیون گیاه خوشاریزه

#### بررسی نتایج میانگین قطر حجمی ذرات

آنالیز DLS روشی فیزیکی برای تعیین توزیع ذرات موجود در محلول‌ها و سوسپانسیون‌ها است. در این روش پس از برهمکنش نور لیزر با ذره، پراکندگی و تغییرات شدت نور بر حسب حرکات براونی ذرات، ارزیابی شده و بر اساس آن توزیع ابعاد ذرات محاسبه می‌گردد. به عبارت دیگر اندازه‌گیری حرکت براونی ذرات در تست DLS، از طریق محاسبه میزان نوسانات شدت پرتوهای نور متفرق شده توسط ذرات کوچک و بزرگ مشخص می‌شود. این تشخیص، از روی تغییرات الگوی نقطه‌ای که به صورت کم نور شدن و یا پر نور شدن نقاط تیره و روشن است، انجام می‌گیرد. تعیین شدت تفرق پرتوهای نور، به اندازه‌گیری ذرات منتهی می‌شود. حرکت براونی ذرات درون محلول پخش‌کننده، وابسته به اندازه ذرات است. هرچه اندازه ذره درون محلول پخش‌کننده بزرگتر باشد، حرکت براونی ذره آهسته‌تر شده و به همین ترتیب، با کوچکتر شدن اندازه ذره، حرکت آن درون محلول پخش‌کننده سریعتر می‌شود. البته لازم به ذکر است که حرکت براونی ذرات به عوامل دیگری نیز وابسته است که می‌توان از میان آن‌ها به دما و ویسکوزیته اشاره نمود (Chiw *et al.*, 2012). شکل ۱ نشان دهنده یکنواختی توزیع اندازه قطرات در همه نمونه‌ها بود و مقدار شاخص چند پراکندگی (PDI)<sup>۱</sup> برابر با ۰/۴۳۵ گزارش شد. PDI نشان دهنده همگنی اندازه قطرات در نانو امولسیون است هرچه مقدار پراکندگی بالاتر باشد، نشان دهنده یکنواختی کمتر اندازه قطرات نانوامولسیون است، که علاوه بر این، یک نمونه با توزیع اندازه بسیار گسترده دارای مقدار PDI بالاتر از ۰/۷ برای تجزیه و تحلیل DLS مناسب نیست (El-Sayed *et al.*, 2021). در مطالعه ما میزان PDI نانوامولسیون عصاره خوشاریزه مقدار پایینی داشت که نشان دهنده پایداری کلی و همگنی خوب است. ریز بودن اندازه قطرات و ویژگی‌های منحصر به فرد نانوامولسیون‌ها مزیت‌هایی برای استفاده از آن‌ها را در بسیاری از فناوری‌های کاربردی را ایجاد کرده است و منجر به طولانی‌تر بودن دوره پایداری فیزیکی آن‌ها شده است که گاهی اوقات به پایداری ترمودینامیکی رسیده، تلقی می‌شوند. خیلی ریز بودن اندازه قطرات نانوامولسیون‌ها نیز موجب

<sup>1</sup> polydispersity index

می‌شود در طی نگهداری پدیده خامه‌ای شدن و تشکیل رسوب اتفاق نیفتد، زیرا ریز بودن قطرات مانع به هم پیوستگی و فلوک شدن سطحی می‌گردد. همچنین به واسطه خیلی ریز بودن قطرات، نانوامولسیون‌ها سطح ویژه زیادی دارند و به همین دلیل قابلیت نفوذ خیلی بالایی دارند که این ویژگی آن‌ها را به یک سامانه انتقالی مؤثر تبدیل کرده است (Tadros *et al.*, 2004). فرمول‌های نانو بر اساس پایداری و اندازه قطرات کوچکشان از ۲۰ تا ۲۰۰ نانومتر طبقه‌بندی می‌شوند که همراه با سطح افزایش یافته برای تعامل، پایداری ترمودینامیکی بیشتر، و فراهمی زیستی بهبود یافته، نانوامولسیون را به عنوان یک ماده فعال خوب برای کاربردهای نگهداری مواد غذایی تبدیل کرده است (Solans *et al.*, 2003). طبق یافته‌های محققان، سرعت رشد میکروبی با کاهش اندازه قطرات اسانس سیر کاهش یافت. یک مطالعه مشابه نشان داد که اندازه ذرات امولسیون‌های درشت، حدود ۱۰ برابر اندازه ذرات نانوامولسیون است و نانوامولسیون‌هایی با سطح ویژه بالاتر ممکن است جهت اعمال فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو سوسپنسیون ماهی راحت‌تر اکسید شوند (Feng *et al.*, 2020).



شکل ۱: توزیع اندازه ذرات نانوامولسیون‌ها

جدول ۲: نتایج توزیع اندازه ذرات به روش DLS

مقدار (%)	اندازه ذرات (nm)	
۰/۳	۶۸/۰۶	پیک (۱)
۹/۷	۷۸/۸۲	پیک (۲)
۸۴/۵	۹۱/۲۸	پیک (۳)
۵/۴	۱۰۵/۷	پیک (۴)
۱/۱	۱۲۲/۴	پیک (۵)

## بررسی نتایج فیزیکیوشیمیایی گوشت گوسفند پوشش داده شده با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانو امولسیون

### عصاره گیاه خوشاریزه

#### بررسی نتایج میزان تغییرات رطوبت

نتایج تغییرات محتوی رطوبت در گوشت گوسفند در جدول ۳ نشان داده شده است و مطابق با نتایج میزان محتوی رطوبت گوشت بدون پوشش از ۷۵/۸۳٪ در روز اول به ۷۰/۳۴٪ در روز ۳۰ کاهش یافته است. اُفت رطوبت تیمارهای پوشش داده شده بطور قابل توجهی نسبت به نمونه شاهد کاهش نشان داد. هرچند که اختلاف آماری معنی داری بین نمونه‌های پوشش داده شده در رزوه‌های مختلف از لحاظ محتوی رطوبتی مشاهده نشد. که کاهش اُفت محتوی رطوبتی می‌تواند به دلیل نفوذپذیری پایین پوشش خوراکی زیست فعال به بخار آب باشد (Rezaei *et al.*, 2018). به طور کلی این کاهش اُفت رطوبت بطور مستقیم به ظرفیت بالای نگهداری آب موسیلاژ دانه کتان مرتبط است (Katoch *et al.*, 2021). استفاده از پوشش‌های خوراکی به عنوان یک جایگزین جالب برای افزایش ماندگاری غذاهای تازه برش خورده، کاهش آلودگی میکروبی، ایجاد مقاومت در برابر تبادل گاز و به تاخیر انداختن اُفت رطوبت به نظر می‌رسد. پلی‌ساکاریدها هیدروکلوئیدهایی با وزن مولکولی بالا هستند که در آب پیوندهای هیدروژنی شدیدی را تشکیل می‌دهند تا ژل ایجاد کنند. فیلم‌های خوراکی مبتنی بر پلی‌ساکاریدها دارای خواص مکانیکی و ساختاری عالی هستند. این‌ها عموماً بسیار آبدوست هستند و فشردگی، ویسکوزیته و توانایی تشکیل ژل را به فیلم‌ها می‌دهند. هنگامیکه از پلی‌ساکاریدها به عنوان پوشش روی محصولات گوشتی بسته‌بندی شده اعمال می‌شوند، لایه‌های پلی‌ساکاریتی بصورت یکپارچه بر سطح گوشت قرار می‌گیرند که کاهش اُفت رطوبت و به دنبال بهبود در ساختار، بافت و عملکرد را نشان می‌دهند (Umaraw *et al.*, 2017). در این راستا، Rodrigues *et al.* (2018) نشان دادند استفاده از موسیلاژ دانه کتان به عنوان پوشش فیله ماهی یاکون (*Smallanthus sonchifolius*) کاهش اُفت محتوی رطوبتی تیمارها را نشان دادند (Rodrigues *et al.*, 2018) و Pelaes Vital *et al.* (2021) طی بررسی تأثیر پوشش خوراکی فعال و اسانس‌ها بر اکسیداسیون پته گوشت گوسفند طی ۱۰ روز نگهداری در بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده کاهش اُفت رطوبت گوشت در تیمارهای پوشش داده شده را گزارش کردند (Pelaes *et al.*, 2021). Noshad *et al.* (2019) گزارش کردند که استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه توانست از اُفت رطوبت گوشت گاو نگهداری شده در دمای یخچال جلوگیری کند (Noshad *et al.*, 2019).

#### بررسی نتایج میزان تغییرات pH

روند افزایشی میزان pH در تمامی تیمارها، بدون توجه به نوع تیمار، طی ۳۰ روز نگهداری (جدول ۴) مشاهده شد. در روز اول آزمایش، اختلاف آماری معنی دار در این پارامتر بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. تیمارهای بدون پوشش (نمونه

کنترل) بیشترین تغییرات و روند افزایشی را نشان دادند که در تمام مدت زمان بررسی بطورمعنی داری از سایر تیمارها میزان pH بالاتری داشتند. نتایج ارائه شده موید تأثیر مثبت پوشش موسیلاژی در جلوگیری از افزایش pH را نشان داد. همچنین استفاده از نانو امولسیون گیاه خوشاریزه نیز در این امر نقش بسزایی را نشان داد به طوری که افزایش غلظت نانوامولسیون عصاره توانست به مقدار بیشتری از میزان افزایش pH جلوگیری کند. در سال ۱۹۹۵، FAO طی گزارشی اعلام کرد که pH مواد غذایی می‌تواند شاخص خوبی برای شرایط بهداشتی و ایمنی مواد غذایی باشد. مطابق با گزارش سازمان کدکس در سال ۲۰۰۳، برای گوشت حیوانات pH باید کمتر از ۷/۵-۷ باشد تا از نظر کدکس این ماده غذایی برای مصرف کنندگان ایمن باشد (Ojagh *et al.*, 2010).

جدول ۳: نتایج میانگین تغییرات رطوبت (بر حسب درصد) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

تیمار زمان	C0	C1	C2	C3	C4
روز ۱	Ba ۰/۰۶ ± ۷۵/۸۳	Aa ۰/۳۱ ± ۷۷/۵۹	Aa ۰/۲۵ ± ۷۷/۶۰	Aa ۰/۰۸ ± ۷۷/۸۰	Aa ۰/۲۸ ± ۷۷/۸۰
روز ۵	Bb ۰/۲۲ ± ۷۴/۶۱	Ab ۰/۰۹ ± ۷۵/۹۰	Ab ۰/۱۱ ± ۷۶/۰۱	Ab ۰/۱۸ ± ۷۶/۰۵	Ab ۰/۱۸ ± ۷۶/۰۶
روز ۱۰	Bc ۰/۰۳ ± ۷۳/۴۲	Ac ۰/۰۳ ± ۷۵/۴۱	Ab ۰/۲۶ ± ۷۵/۶۷	Ac ۰/۲۳ ± ۷۵/۵۵	Ab ۰/۱۴ ± ۷۵/۶۱
روز ۱۵	Bd ۰/۱۲ ± ۷۳/۸۳	Ad ۰/۳۳ ± ۷۵/۰۰	Ac ۰/۱۳ ± ۷۵/۰۰	Ad ۰/۲۴ ± ۷۵/۰۰	Ac ۰/۲۰ ± ۷۵/۰۰
روز ۲۰	Ce ۰/۰۸ ± ۷۱/۷۶	Be ۰/۱۴ ± ۷۴/۰۲	Bd ۰/۰۸ ± ۷۴/۱۵	Be ۰/۱۳ ± ۷۴/۰۷	Ac ۰/۱۴ ± ۷۴/۵۴
روز ۲۵	Cf ۰/۱۶ ± ۷۱/۳۵	Bf ۰/۱۲ ± ۷۲/۷۹	۰/۳۰ ± ۷۳/۱۲	ABf ۰/۱۱ ± ۷۳/۱۹	Ad ۰/۷۴ ± ۷۳/۶۶
روز ۳۰	Bg ۰/۲۲ ± ۷۰/۳۴	Ag ۰/۱۸ ± ۷۲/۰۰	Af ۰/۳۰ ± ۷۲/۳۷	Ag ۰/۱۱ ± ۷۱/۹۴	Ae ۰/۲۵ ± ۷۲/۲۷

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر ستون است ( $P < 0.05$ )  
 C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد تغییرات pH در طول زمان نگهداری روندی افزایشی داشت که این تغییرات عمدتاً به دلیل فعالیت باکتری‌ها و تغییر در ترکیبات نیتروژنی سبب تغییر pH گوشت و محصولات گوشتی طی دوره نگهداری می‌گردد و pH این محصولات در اثر مصرف اسیدهای آمینه توسط باکتری‌ها و متعاقباً تولید آمونیاک افزایش می‌یابد (Tabatabaei *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده است که، استفاده از پوشش خوراکی حاوی عصاره گیاهان از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیمی، رشد میکروبی، تجزیه ترکیبات پروتئینی و در نتیجه تجمع ترکیبات بازی در گوشت سبب ممانعت از افزایش pH گوشت گاو طی نگهداری گردید. علاوه بر این، گزارش شده است که حضور عصاره گیاهی در پوشش و فیلم خوراکی سبب تغییر در نفوذپذیری آن به گاز دی‌اکسید کربن می‌شود (Avijgan *et al.*, 2010). در این راستا، به نظر می‌رسد که غلظت‌های بالاتر نانوامولسیون عصاره در پوشش خوراکی از طریق ممانعت از خروج گاز دی‌اکسید کربن سبب افزایش غلظت آن در پوشش شده است؛ در این حالت، انحلال گاز دی‌اکسید کربن در گوشت ممکن است به تشکیل اسیدکربونیک و متعاقباً کاهش pH محصول منجر می‌شود (Alizadeh Behbahani *et al.*, 2020). روند افزایشی کمتر pH در نمونه‌های گوشت پوشش یافته با موسیلاژ حاوی غلظت بالاتر نانوامولسیون عصاره در روز ۳۰ نگهداری در مقایسه با روز اول نگهداری را تأیید می‌کند. مطابق با

نتایج این تحقیق، Fan و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند pH فیله‌های ماهی کپورنقره‌ای تیمار شده با پوشش خوراکی در تمام مدت زمان نگهداری در سرما از pH نمونه تیمار نشده (شاهد) کمتر بود (Fan et al., 2009). Noshad et al. (2019) گزارش کردند که استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه توانست از افزایش pH گوشت گاو نگهداری شده در دمای یخچال نسبت به نمونه شاهد بطور معنی داری جلوگیری کند (Noshad et al., 2019). همچنین Pasebani et al. (2016) طی بررسی تأثیر پوشش خوراکی عصاره آلوئه‌ورا همراه با نانوذرات چربی جامد حاوی اسانس روغنی زنیان بر عمر نگهداری گوشت تازه گاو نشان دادند که در تمامی تیمارها pH در طول دوره نگهداری افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش pH در نمونه کنترل و کمترین میزان در نمونه پوشش‌دهی شده با نانوذرات چربی همراه با زل آلوئه‌ورا مشاهده گردید (Pasbani and Amiri, 2016).

جدول ۴: نتایج میانگین تغییرات pH گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

					تیمار زمان
C4	C3	C2	C1	C0	
Aa ۰/۰۱ ± ۵/۹۸	Aa ۰/۰۲ ± ۵/۹۹	Aa ۰/۰۱ ± ۵/۹۹	Aa ۰/۰۲ ± ۵/۹۸	Aa ۰/۰۲ ± ۶/۰۰	روز ۱
Cb ۰/۰۱ ± ۶/۰۲	Cb ۰/۰۱ ± ۶/۰۴	BCb ۰/۰۲ ± ۶/۰۲	Bb ۰/۰۲ ± ۶/۰۶	Ab ۰/۰۲ ± ۶/۱۰	روز ۵
Cc ۰/۰۲ ± ۶/۱۲	Cc ۰/۰۲ ± ۶/۱۴	Cc ۰/۰۲ ± ۶/۱۲	Bc ۰/۰۰ ± ۶/۱۸	Ac ۰/۰۲ ± ۶/۲۲	روز ۱۰
Dd ۰/۰۱ ± ۶/۲۵	Cd ۰/۰۱ ± ۶/۲۹	Cd ۰/۰۱ ± ۶/۳۰	Bd ۰/۰۲ ± ۶/۳۶	Ad ۰/۰۱ ± ۶/۴۲	روز ۱۵
De ۰/۰۲ ± ۶/۳۱	Ce ۰/۰۱ ± ۶/۴۳	Ce ۰/۰۱ ± ۶/۴۱	Be ۰/۰۱ ± ۶/۴۸	Ae ۰/۰۲ ± ۶/۵۶	روز ۲۰
Df ۰/۰۲ ± ۶/۴۸	Cf ۰/۰۲ ± ۶/۵۹	Bf ۰/۰۲ ± ۶/۵۶	Bf ۰/۰۱ ± ۶/۶۱	Af ۰/۰۲ ± ۶/۶۸	روز ۲۵
Eg ۰/۰۲ ± ۶/۶۰	Dg ۰/۰۲ ± ۶/۶۹	Cg ۰/۰۱ ± ۶/۶۵	Bg ۰/۰۱ ± ۶/۷۴	Ag ۰/۰۱ ± ۶/۸۸	روز ۳۰

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر ستون است ( $P < 0.05$ )  
 C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۰۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

### بررسی نتایج میزان تغییرات تیوباربتوریک اسید

چربی‌ها از لحاظ شیمیایی ناپایدار هستند و به راحتی به ویژه حمل و نقل و ذخیره‌سازی بعد از مرگ در معرض اکسیداسیون قرار می‌گیرند. اکسیداسیون لیپیدها بوی تندشدگی، توسعه بوی نامطلوب، تلفات قطره‌ای ۱، تغییر رنگ، از بین رفتن ارزش غذایی، کاهش ماندگاری و تجمع ترکیبات سمی که ممکن است برای سلامتی مصرف کنندگان مضر باشد، را به دنبال دارد (Mapiye et al., 2012). مالون آلدئید محصول ثانویه اکسیداسیون ترکیبی جری از اسیدهای چرب با سه پیوند دوگانه که در اثر تجزیه اسیدهای چرب چند غیر اشباعی طی اکسیداسیون چربی تشکیل می‌شود. از این ترکیب به عنوان روند شاخص ارزیابی روند اکسیداسیون به کمک آزمایش تیوباربتوریک اسید استفاده می‌گردد و ناشی از وجود مواد واکنش دهنده با تیوباربتوریک اسید است که طی آن پراکسیدها به موادی مثل آلدئیدها و کتون‌ها اکسید می‌شود (Shahidi and Zhong, 2010). جدول ۵ روند افزایش معنی دار تیوباربتوریک اسید در تمامی نمونه‌ها طی ۳۰ روز مدت نگهداری را نشان داد. در روز اول آزمایش

میانگین میزان تیوباربیتوریک اسید تیمارها برابر  $0/22 \text{ mg MAD/Kg}$  بود و اختلاف آماری معنی داری در میزان تیوباربیتوریک اسید نمونه‌ها گزارش نشد. ولی به طور کلی، روند افزایشی معنی دار میزان تیوباربیک اسید در کلیه تیمارها با گذشت مدت زمان نگهداری مشاهده شد. روند افزایشی این شاخص به دلیل تولید آلدئیدها از محصولات ثانویه حاصل از شکست هیدرو پراکسیدهاست (Shahidi and Zhong, 2010). بیشترین میزان تیوباربیتوریک اسید در تمامی روزهای آزمایش مربوط به نمونه شاهد بود. که از  $0/23 \text{ mg MAD/Kg}$  به  $0/88$  از روز اول تا روز ۳۰ افزایش نشان داد. اکسیداسیون لیپیدی بالای نمونه کنترل ممکن است ناشی از فعالیت فسفولیپاز و لیپاز میکروبی باشد که سبب افزایش تولید اسیدهای چرب آزاد حساس به اکسیداسیون شده است (Mohebi and Shahbazi, 2010). پوشش موسیلاژی دانه کتان به میزان جزئی از روند افزایشی میزان تیوباربیتوریک اسید جلوگیری کرد در حالی که استفاده از نانو امولسیون در پوشش موسیلاژی به میزان بیشتری از روند افزایش تیوباربیتوریک اسید جلوگیری کرد. استفاده از غلظت‌های بالاتر نانو امولسیون تأثیر مثبت بر جلوگیری از روند تیوباربیتوریک اسید نشان دادند. به طوریکه کمترین میزان تیوباربیتوریک در تیمار C4 ( $0/71 \text{ mg MAD/Kg}$ ) به دنبال آن C3 ( $0/76 \text{ mg MAD/Kg}$ ) و C2 ( $0/79 \text{ mg MAD/Kg}$ ) در روز ۳۰ نگهداری گزارش شد. حضور ترکیبات فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره خوشاریزه از طریق مهار رادیکال‌های آزاد باعث جلوگیری از افزایش معنی‌دار محصولات اولیه و ثانویه واکنش اکسیداسیون در نمونه‌های گوشت پوشش داده شده می‌باشد. علاوه بر این، نفوذپذیری پایین پوشش‌های خوراکی به اکسیژن نیز به اکسیداسیون کمتر اسیدهای چرب موجود در مواد غذایی و بهبود پایداری اکسایشی آنها کمک می‌کند (Xiong et al., 2020). حداکثر میزان قابل قبول تیوباربیتوریک اسید در فرآورده‌های گوشتی  $1 \text{ mg MAD/Kg}$  گزارش شده است. نتایج نشان داد در هیچکدام از گروه‌های آزمایش نگهداری شده در حالت سرما دارای عدد تیوباربیتوریک اسید، بیشتر از حد مجاز نبود. این امر می‌تواند به علت واکنش مالون دی‌آلدئید تولید شده با دیگر ترکیبات موجود در گوشت مانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و گلوکز و تولید متابولیت‌های ثانویه مانند کربوهیدرات‌ها، فورفورال‌ها، آلکنان‌ها و دیگر آلدئیدها و کتون‌ها باشد (Jebali Javan et al., 2013). با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان گفت که در ارتباط با تعیین حد مجاز مصرف به خصوص در مدت نگهداری طولانی مدت، پارامتر تیوباربیتوریک اسید و شاخص مالون آلدئید نمی‌تواند معیار مطمئن و مناسب باشد (Kostaki et al., 2009). مطابق با نتایج این مطالعه، حسینی و همکاران (۲۰۱۶) اذعان نمودند که پوشش‌دهی فیله ماهی قزل آلائی نگهداری شده در سرما با نانو امولسیون بر پایه روغن آفتابگردان میزان تیوباربیتوریک کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند (Hosseini et al., 2016). Noshad et al. (2019) نیز نشان دادند گوشت‌های گاو پوشش داده شده با موسیلاژ دانه بالنگوی حاوی اسانس زیره سیاه پایداری اکسایشی بالاتری (عدد تیوباربیتوریک اسید پایین‌تری) نسبت به نمونه شاهد داشتند و علت آن را به حضور ترکیبات فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالقوه در اسانس زیره سیاه مانند گاما-ترپینن، کومینال، سیمن و لیمونن نسبت دادند (Noshad et al., 2019). Shadman et al. (2017) در بررسی اثر ضد باکتریایی نانو امولسیون بر پایه

روغن آفتابگردان با غلظت‌های مختلف اسانس آویشن شیرازی (۰، ۰/۵ و ۰/۱) بر روی تازگی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بیان نمودند که اسانس آویشن شیرازی با نانو امولسیون توانستند به عنوان مانعی برای اکسیداسیون لیپید در طی ذخیره‌سازی در دمای خوب یخچالی عمل نمایند به طوری که آهنگ افزایش تیوباربیتوریک را نسبت به نمونه شاهد کاهش دادند (Shadman *et al.*, 2017).

جدول ۵ نتایج میانگین تغییرات تیوباربیتوریک اسید (mg MAD/Kg) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز

## نگهداری

					تیمار	زمان
C4	C3	C2	C1	C0		
Aa ۰/۰۰ ± ۰/۲۲	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۲۲	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۲۲	Aa ۰/۰۱ ± ۰/۲۳	Aa ۰/۰۱ ± ۰/۲۳		روز ۱
Db ۰/۰۰ ± ۰/۲۶	Cb ۰/۰۰ ± ۰/۲۷	Bb ۰/۰۰ ± ۰/۲۹	Ab ۰/۰۰ ± ۰/۳۱	Ab ۰/۰۰ ± ۰/۳۱		روز ۵
Ec ۰/۰۰ ± ۰/۳۲	Dc ۰/۰۰ ± ۰/۳۵	Cc ۰/۰۰ ± ۰/۳۹	Bc ۰/۰۰ ± ۰/۴۳	Ac ۰/۰۰ ± ۰/۴۳		روز ۱۰
Dd ۰/۰۰ ± ۰/۲۴	Cd ۰/۰۱ ± ۰/۴۷	Bd ۰/۰۱ ± ۰/۵۱	Ad ۰/۰۱ ± ۰/۵۴	Ad ۰/۰۱ ± ۰/۵۴		روز ۱۵
De ۰/۰۰ ± ۰/۴۹	Ce ۰/۰۰ ± ۰/۵۵	Be ۰/۰۰ ± ۰/۶۰	Ae ۰/۰۰ ± ۰/۶۶	Ae ۰/۰۰ ± ۰/۶۶		روز ۲۰
Df ۰/۰۰ ± ۰/۶۳	Cf ۰/۰۰ ± ۰/۶۸	Bf ۰/۰۰ ± ۰/۷۲	Af ۰/۰۰ ± ۰/۷۸	Af ۰/۰۱ ± ۰/۷۸		روز ۲۵
Eg ۰/۰۱ ± ۰/۷۱	Dg ۰/۰۰ ± ۰/۷۶	Cg ۰/۰۰ ± ۰/۷۹	Bg ۰/۰۰ ± ۰/۸۶	Ag ۰/۰۰ ± ۰/۸۸		روز ۳۰

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر ستون است (P<0.05)

C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه

کتان + ۰/۰۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

## بررسی نتایج میزان تغییرات پراکسید

اکسیداسیون لیپید در گوشت یکی از دلایل تخریب کیفیت گوشت در طی دوره نگهداری است. اکسیداسیون لیپید در گوشت مکانیسم پیچیده‌ای دارد. در طی این فرآیند علاوه بر تاثیرات نامطلوب بر طعم و رنگ، حلالیت پروتئین نیز کاهش یافته و در نهایت محصول از نظر ارزش تغذیه‌ای افت پیدا می‌کند؛ برای این منظور ترکیباتی مانند ویتامین‌ها (آلفا-تکوفرول) اغلب به عنوان آنتی‌اکسیدان به فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی اضافه می‌شوند (Al-Shuibi *et al.*, 2002). مطابق با نتایج ارائه شده در جدول ۶، در روز اول آزمایش تمامی پراکسید تیمارها بدون اختلاف آماری معنی‌دار گزارش شدند (میانگین مقدار ۰/۲۲ meq/kgO<sub>2</sub>). با گذشت مدت زمان نگهداری روند افزایشی پراکسید در تمامی تیمارها گزارش شد که این روند افزایشی در تیمار کنترل بطور قابل توجهی نسبت به سایر تیمارها شدت داشت به طوری که از ۰/۲۲ meq/kgO<sub>2</sub> در روز اول به ۳/۳۰ meq/kgO<sub>2</sub> در روز ۳۰ آزمایش رسید. پراکسید تیمارهای پوشش داده شده با موسیلاژی دانه کتان نسبت به نمونه‌های شاهد طی ۱۵ روز کاهش پراکسید تیمارها نسبت به نمونه شاهد شد که علت این امر به ممانعت از نفوذ اکسیژن به سطح گوشت توسط موسیلاژ نسبت داده شده است (Shin *et al.*, 2017). از روز ۱۵ تا ۳۰ اختلاف آماری معنی‌داری بین دو گروه نشان داده نشد. هرچند تا ۱۵ روز اول مقدار پراکسید کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند ولی در نهایت اختلاف معنی‌دار آماری گزارش نشد. استفاده از نانو امولسیون عصاره خوشاریزه بطور معنی‌دار در کاهش میزان پراکسید تیمارها نقش داد. افزایش غلظت عصاره در پوشش توانست مقدار معنی‌داری از پراکسید تیمارهای پوشش داده شده را کاهش دهد. اکسیداسیون لیپیدی بالای

نمونه کنترل ممکن است ناشی از فعالیت فسفولیپاز و لیپاز میکروبی باشد که سبب افزایش تولید اسیدهای چرب آزاد حساس به اکسیداسیون شده است. اما حضور ترکیبات فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالقوه در عصاره خوشاریزه از طریق مهار رادیکال‌های آزاد باعث جلوگیری از افزایش معنی‌دار محصولات اولیه و ثانویه واکنش اکسیداسیون در نمونه‌های گوشت پوشش یافته شد. از آنجایی که سطح مجاز پراکسید در گوشت قرمز برای مصرف انسانی  $5 \text{ meq/kgO}_2$  است (Sarvinebaghi *et al.*, 2021). نمونه C4 (موسیلاژ دانه کتان و ۲/۵٪ نانوامولسیون عصاره گیاه خوشاریزه) پوشش داده شده تا ۲۵ روز پراکسید در محدوده استاندارد داشتند در صورتیکه مابقی تیمارها، تنها ۱۵ روز توانستند میزان پراکسید را پایین‌تر از محدوده استاندارد نگهدارند. طبق تحقیقات Rahman *et al.* (2015) زمانی که میزان عدد پراکسید در گوشت قرمز و محصولات آن بیش از  $25 \text{ meq/Kg}$  باشد مصرف آن‌ها با محدودیت مواجه خواهد شد. مقادیر متوسط پراکسید ممکن است نتیجه کاهش پراکسیدها پس از رسیدن به غلظت‌های زیاد باشد اما سطح بالای پراکسید به طور قطع حاکی از چربی شدید است. مقدار پراکسید در چربی‌های بسیار اشباع، حتی پس از اکسیداسیون گسترده، کم است زیرا، در ابتدا پراکسیدهای تشکیل شده از چربی‌های اشباع نشده بسیار ناپایدار بوده و به سرعت واکنش نشان می‌دهند تا محصولات اکسیداسیون ثانویه را تشکیل دهند (Rahman *et al.*, 2015). همراستا با نتایج این تحقیق، Ozogul *et al.* (2020) کاهش پراکسید فیله‌های ماهی پوشش داده شده با انوامولسیون اسانس آویشن شیرازی را نشان دادند و این کاهش را نتیجه کاهش محصولات اکسیداسیون اولیه و ثانویه و همچنین واکنش هیدروپراکسیدها با پروتئین عنوان کردند. همچنین آن‌ها گزارش کردند که گرفتار شدن ذرات کوچک چربی درون نانوامولسیون و اتصال اسانس به سطح دیواره سلولی و محصور کردن ذرات چربی، مانع از رسیدن اکسیژن به ذرات چربی شده و در نتیجه از اکسیداسیون چربی می‌کاهد (Ozogul *et al.*, 2020). Sarvinebaghi *et al.* (2021) نشان دادند فیله‌های گوشت گاو پوشش داده شده با صمغ دانه *Lepidium sativum* حاوی عصاره پیاز قرمز کمترین میزان پراکسید طی ۱۲ روز نگهداری را داشتند که علت آن را حضور ترکیبات فنولی در عصاره پیاز قرمز گزارش کردند (Sarvinebaghi *et al.*, 2021).

### بررسی نتایج میزان تغییرات نیتروژن فرار کل

با توجه به نتایج، مشاهده شد که میزان ازت فرار کل در تمامی تیمارها طی ۳۰ روز نگهداری افزایش یافت. در روز اول تفاوت آماری معنی‌داری بین میزان این پارامتر در گروه‌های مختلف مورد بررسی مشاهده نشد. استفاده از ۲٪ موسیلاژ دانه کتان نسبت به نمونه به مقدار جزئی از روند افزایشی ازت فرار جلوگیری کرد. استفاده از عصاره خوشاریزه در کند شدن روند افزایش ازت فرار کل تیمارهای پوشش داده شده موفق بود. کمترین میزان ازت فرار در تیمارهای حاوی عصاره خوشاریزه در تمام مدت زمان نگهداری گزارش شد. افزایش غلظت عصاره به خوبی از افزایش ترکیبات ازت فرار جلوگیری کرد. علت اصلی افزایش میزان ازت فرار کل در گوشت تخریب پروتئین‌ها توسط باکتری‌ها و افزایش آن را همسو با افزایش شمار باکتری‌ها بیان شده است.

جدول ۶ نتایج میانگین تغییرات عدد پراکسید (meq/kgO<sub>2</sub>) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

کیمار	C0	C1	C2	C3	C4
روز ۱	Aa ۰/۰۲ ± ۰/۲۲	Aa ۰/۰۲ ± ۰/۲۲	Aa ۰/۰۲ ± ۰/۲۲	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۲۴	Aa ۰/۰۲ ± ۰/۲۴
روز ۵	Ab ۰/۰۲ ± ۰/۹۰	Bb ۰/۰۲ ± ۰/۸۵	Cb ۰/۰۲ ± ۰/۸۷	Db ۰/۰۱ ± ۰/۶۶	Eb ۰/۰۲ ± ۰/۵۴
روز ۱۰	Ac ۰/۰۳ ± ۱/۴۲	Bc ۰/۰۱ ± ۱/۳۴	Cc ۰/۰۲ ± ۱/۲۲	Dc ۰/۰۲ ± ۱/۱۲	Ec ۰/۰۲ ± ۰/۹۸
روز ۱۵	Ad ۰/۰۲ ± ۱/۸۲	Bd ۰/۰۲ ± ۱/۷۴	Cd ۰/۰۱ ± ۱/۶۰	Dd ۰/۰۳ ± ۱/۴۷	Ed ۰/۰۳ ± ۱/۲۷
روز ۲۰	Ae ۰/۰۳ ± ۲/۳۸	Ae ۰/۰۱ ± ۲/۳۷	Be ۰/۰۲ ± ۲/۲۶	Ce ۰/۰۲ ± ۲/۰۴	De ۰/۰۲ ± ۱/۸۸
روز ۲۵	Af ۰/۰۳ ± ۲/۷۸	Af ۰/۰۱ ± ۲/۷۶	Bf ۰/۰۲ ± ۲/۶۰	Cf ۰/۰۲ ± ۲/۴۲	Df ۰/۰۲ ± ۲/۱۸
روز ۳۰	Ag ۰/۰۲ ± ۳/۳۰	Ag ۰/۰۱ ± ۳/۲۶	Bg ۰/۰۲ ± ۳/۰۳	Cg ۰/۰۳ ± ۲/۸۴	Dg ۰/۰۴ ± ۲/۶۱

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر ستون است ( $P < 0.05$ )  
 C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۱۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

در غلظت‌های بالاتر عصاره، ترکیبات فنلی نیز افزایش یافت، متعاقباً اثر ضد باکتریایی نیز افزایش یافت، همچنین عصاره با ظرفیت کاهش یافته باکتری‌ها برای دامیناسیون اکسیداتیو ترکیبات نیتروژن دار غیر پروتئینی و نهایتاً جلوگیری از ایجاد و افزایش ترکیبات آمینی و نیتروژن دار عامل فساد در گوشت، اثر ممانعت‌کنندگی بر افزایش ازت فرار کل را نشان می‌دهند (Tometri *et al.*, 2020). بازهای نیتروژنی فرار عمدتاً با تجزیه باکتریایی و آنزیمی پروتئین‌های گوشت و ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی تولید می‌شود. بازهای نیتروژنی فرار یک اصطلاح عمومی است که شامل تری متیل آمین (ناشی از فساد باکتری)، دی متیل آمین (تولید شده توسط آنزیم‌های اتولیتیک در طول ذخیره‌سازی)، آمونیاک (ناشی از دامیناسیون اسیدهای آمینه و کاتابولیت‌های نوکلئوتیدی) و سایر ترکیبات نیتروژنی فرار و مربوط به فساد مواد غذایی است (Tometri *et al.*, 2020). میزان حد مطلوب ترکیبات نیتروژن فرار در گوشت ۲۰ mg/100g گزارش شده است (Ashour *et al.*, 2013). نتایج تحقیق نشان داد استفاده از موسیلاژ و عصاره خوشاریزه تنها تا ۱۰ روز میزان نیتروژن فرار در حد مجاز داشتند. نتایج بدست آمده با نتایج Bensid *et al.* (2014)، طی بررسی استفاده از عصاره آویشن جهت نگهداری ماهی آنچوی و همچنین Tometri *et al.* (2020) طی بررسی تأثیر عصاره برگ بو جهت نگهداری گوشت چرخ شده مطابقت داشت. (Tometri *et al.*, 2020; Bensid *et al.*, 2014). در مطالعات مشابه وجود ترکیبات ضد باکتریایی در عصاره‌های گیاهی از دلایل مهم جلوگیری از افزایش نیتروژن بازی فرار کل در مقایسه با تیمارهای فاقد عصاره ذکر شده است (Miraj *et al.*, 2016).

### بررسی نتایج میزان تغییرات بافت

مطابق جدول ۸، اگرچه سفتی بافت نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری به طور معنی داری کاهش نشان داد، اما افزایش غلظت عصاره خوشاریزه در پوشش خوراکی بطور معنی داری سبب حفظ بهتر بافت نمونه‌های پوشش یافته در مقایسه با نمونه کنترل

گردید. به طوریکه نمونه کنترل و نمونه پوشش یافته با موسیلاژ دانه کتان و پوشش موسیلاژ حاوی  $6/25 \text{ mg/g}$ ،  $12/50 \text{ mg/g}$  و  $25 \text{ mg/g}$  نانو امولسیون عصاره خوشاریزه به ترتیب در روز ۳۰ آزمایش،  $4/10$ ،  $5/7$  و  $7/60$  و  $12/86$  نیوتن گزارش شد که اثر حفاظتی پوشش خوراکی حاوی عصاره در حفظ بافت نمونه‌های گوشت طی نگهداری را به خوبی نشان می‌دهد.

جدول ۷ نتایج میانگین تغییرات ازت فرار کل ( $\text{mg}/100\text{g}$ ) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

زمان	تیمار	C0	C1	C2	C3	C4
روز ۱	Aa	$0/43 \pm 4/01$	$0/48 \pm 3/92$	$0/32 \pm 4/10$	$0/43 \pm 3/82$	$0/32 \pm 3/82$
روز ۵	Ab	$0/43 \pm 7/88$	$0/16 \pm 7/79$	$0/16 \pm 7/76$	$0/16 \pm 7/73$	$0/28 \pm 6/72$
روز ۱۰	Ac	$0/28 \pm 17/92$	$0/32 \pm 17/45$	$0/56 \pm 15/40$	$0/28 \pm 13/72$	$0/28 \pm 11/76$
روز ۱۵	Ad	$0/58 \pm 30/05$	$0/58 \pm 29/49$	$0/98 \pm 28/18$	$0/16 \pm 25/57$	$0/16 \pm 22/58$
روز ۲۰	Ae	$0/43 \pm 40/69$	$0/28 \pm 39/76$	$0/43 \pm 37/98$	$0/43 \pm 35/65$	$0/16 \pm 33/13$
روز ۲۵	Af	$0/58 \pm 50/21$	$0/43 \pm 49/74$	$0/74 \pm 46/85$	$0/16 \pm 42/56$	$0/43 \pm 39/29$
روز ۳۰	Ag	$0/28 \pm 58/52$	$0/56 \pm 56/84$	$0/28 \pm 52/92$	$0/28 \pm 50/40$	$0/28 \pm 47/88$

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر ستون است ( $P < 0.05$ )

C0: تیمار شاهد، C1:  $2\%$  موسیلاژ دانه کتان، C2:  $2\%$  موسیلاژ دانه کتان +  $1/25\%$  نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3:  $2\%$  موسیلاژ دانه

کتان +  $0/6\%$  نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4:  $2\%$  موسیلاژ دانه کتان +  $2/5\%$  نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

بافت گوشت یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی تأثیرگذار بر کیفیت و پذیرش آن می‌باشد. سفتی بالاتر نمونه‌های پوشش یافته، بویژه حاوی غلظت‌های مختلف عصاره خوشاریزه در مقایسه با نمونه کنترل بیانگر فعالیت ضد میکروبی و اثر بازدارندگی عصاره خوشاریزه در برابر رشد میکروبی و فعالیت آنزیم‌های ذاتی گوشت می‌باشد که در این حالت تجزیه کلاژن و پروتئین‌های میوفیبریلی به تأخیر افتاده و بنابراین بافت گوشت دستخوش تغییرات اندکی طی دوره نگهداری خواهد شد (Kiasi *et al.*, 2020). سفتی بالاتر تیمارهای حاوی پوشش موسیلاژی با عصاره خوشاریزه به حضور ترکیبات فنولی در داخل عصاره نسبت داده شده است. ترکیبات فنولی می‌توانند با آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند که این امر ظرفیت نگهداری آب در گوشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سفتی بافت گوشت با کاهش میزان آب در گوشت افزایش می‌یابد (Martinez *et al.*, 2004). نتایج مشابهی در ارتباط با نتایج این تحقیق گزارش شده است. Mbaga *et al.* (2014) کاهش میزان سفتی بافت گوشت را طی مدت زمان نگهداری گزارش کردند. این محققان بیان نمودند تغییر در بافت گوشت در طول دوره نگهداری فقط به دلیل پروتئولیز نیست، بلکه در نتیجه برهمکنش متقاطع اکتین/میوزین از حالت استراحت (ضعیف) به حالت انقباضی (قوی) گوشت و به دنبال آن ضعیف شدن تدریجی است. در واقع در طول نگهداری پس از مرگ در یخچال به دلیل تضعیف ساختار ماهیچه‌های اسکلتی رخ می‌دهد (Mbaga *et al.*, 2014) Alizadeh Behbahani *et al.* (2020) نشان دادند گوشت گوسفندی پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک در ترکیب با اسانس زنیان سفتی بافت بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند Alizadeh Behbahani *et al.* (2024). Noshad *et al.* (2019) نیز گزارش کردند که استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه از کاهش سفتی بافت تیمارها جلوگیری کرد.

جدول ۸: نتایج میانگین تغییرات بافت (N) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

	C4	C3	C2	C1	C0	تیمار زمان
Aa	۰/۹۵ ± ۱۵/۰۳	۱/۴۵ ± ۱۵/۲۰	۰/۸۶ ± ۱۵/۰۳	۰/۹۲ ± ۱۵/۴۶	۰/۵۷ ± ۱۵/۴۶	روز ۱
Ab	۰/۲۸ ± ۱۲/۸۶	۰/۵۸ ± ۷/۶۰	۰/۸۰ ± ۵/۷۰	۰/۷۵ ± ۴/۱۰	۰/۲۶ ± ۳/۰۳	روز ۳۰

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر ستون است ( $P < 0.05$ )  
 C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۲۸٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

### بررسی نتایج میزان تغییرات میکروبی گوشت گوسفند پوشش داده شده با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانو

#### امولسیون عصاره گیاه خوشاریزه

مهم‌ترین چالش گوشت، فسادپذیری زیاد آن می‌باشد که از جنبه سلامت و کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور جلوگیری از فساد میکروبی و شیمیایی گوشت، روش‌های نگهداری مختلفی از جمله نگهداری در دماهای پایین و انجماد، خشک کردن، نمک سود کردن، حرارت‌دهی و کنسرو کردن و استفاده از مواد نگهدارنده مورد استفاده قرار گرفته است (Dave *et al.*, 2011). امروزه از روش‌های مختلفی جهت افزایش عمر ماندگاری این محصول با ارزش استفاده می‌شود. یکی از روش‌هایی که به تازگی مورد توجه پژوهشگران در صنعت غذا قرار گرفته است، استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی حاوی ترکیبات ضد میکروبی طبیعی جهت ارتقا و حفظ کیفیت ماهی و فرآورده‌های آن می‌باشد (Behbahani *et al.*, 2018). پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی از طریق آزادسازی تدریجی ترکیبات ضد میکروبی آلودگی سطحی مواد غذایی را کاهش داده و باعث افزایش عمر نگهداری محصولات می‌شوند (Buonocore *et al.*, 2005). مکانیسم عملکردی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی در ارتباط با ترکیب شیمیایی و فعالیت ضد میکروبی آن‌ها بوده، ولی در تمامی موارد از مکانیسم مشابهی برخوردار نیستند، با این وجود در اکثر مطالعات تأثیر آن‌ها بر دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها تأیید شده است. ویژگی آبگریزی عصاره و اسانس‌ها سبب نفوذ آن‌ها در لیبیدهای غشاء سلولی و افزایش نفوذپذیری آن می‌گردند که این امر سبب اختلال در کلیه فعالیت‌های حیاتی وابسته به غشای سلولی و خروج یون‌ها، ترکیبات حیاتی و در نهایت مرگ سلول خواهد شد. اثرات سمی اسانس‌ها و عصاره‌ها روی ساختار و عملکرد غشاء توجیه کننده خاصیت ضد میکروبی آن‌ها و ترکیبات مونوترپنوئیدی موجود در آن‌هاست. این ترکیبات اغلب از طریق ایجاد سوراخ در غشای سلولی باکتری‌های گرم مثبت و تخریب غشاء خارج باکتری‌های گرم منفی، خاصیت ضد میکروبی خود را اعمال می‌نمایند (Lammari *et al.*, 2020). روند تغییرات جمعیت میکروبی نشان داد طی دوره ۳۰ روزه نگهداری جمعیت باکتریایی کل و جمعیت کپک و مخمر افزایش معنی‌دار نشان داد. استفاده از پوشش موسیلاژی و همچنین پوشش موسیلاژی حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون عصاره خوشاریزه بطور قابل توجهی از افزایش سریع باکتری‌ها در تیمارهای پوشش داده شده جلوگیری کرد. افزایش غلظت نانوامولسیون عصاره خوشاریزه در این جلوگیری موثر بود. که علت آن وجود منوترپن‌های هیدروکربنه فراوان در این عصاره گزارش شده است. امروزه، استفاده از نانو امولسیون‌ها به عنوان یک ماده

ضد میکروبی نوآوری جدید و امیدوارکننده است چرا که این ترکیبات با ایجاد اختلال در غشای بیرونی، اثرات مهارکنندگی گسترده‌ای در برابر باکتری‌ها، ویروس‌های دارای پوشش و قاق‌ها دارند. نانو امولسیون‌ها از نظر ترمودینامیکی برای هم‌جوشی با غشای لیپیدی مناسب هستند و این اثر با جذب الکترواستاتیکی بین بار کاتیونی نانوامولسیون و بار آنیونی در پاتوژن‌ها افزایش می‌یابد و بنا به همین دلیل منجر به لیز سلولی و مرگ پاتوژن می‌گردد. از آنجائیکه عملکرد نانو امولسیون‌ها به صورت اختلال غیر اختصاصی در غشای باکتری است در نتیجه سویه مقاوم ایجاد نمی‌شود از این رو به عنوان یک ماده ضد باکتری امیدوارکننده مورد توجه قرار گرفته‌اند (Hassanzad Azar *et al.*, 2019). به طور کلی، نانو مواد به دو روش مستقیم و غیر مستقیم می‌توانند منجر به غیرفعال سازی و مرگ باکتری شوند. در حالت مستقیم، نانو مواد یون‌هایی را آزاد می‌کنند که با گروه تیول پروتئین‌های موجود بر سطح سلول باکتری‌ها واکنش می‌دهند. این قبیل پروتئین‌ها از غشاء سلولی باکتری به سمت بیرون برآمدگی داشته و موجب انتقال مواد غذایی از دیواره سلول می‌شوند. نانو مواد این پروتئین‌ها را غیر فعال کرده، نفوذ پذیری غشاء را کاهش داده و سرانجام باعث مرگ سلولی می‌شود (Raeisi Azar *et al.*, 2015). همراستا با نتایج این تحقیق، Ozogul *et al.* (2015) طی بررسی فعالیت ضد باکتریایی نانو امولسیون اسانس آویشن تصفیه شده و تصفیه نشده را بر روی عوامل بیماری‌زای ناشی از مواد غذایی بیان نمودند که تبدیل اسانس آویشن به نانو امولسیون باعث افزایش فعالیت ضد باکتریایی شد که در تحقیق حاضر، اثرات ضد میکروبی نانوامولسیون عصاره خوشاریزه با گذشت زمان نسبت به نمونه عصاره بارزتر بود (Ozogul Azar *et al.*, 2015) Haidari. *et al.* (2020) کاهش معنی‌دار کپک و مخمر تیمارهای گوشت چرخ کرده شتر مرغ پوشش داده شده با موسیلاژ قدومه شیرازی و حاوی اسانس‌های گیاهی (اسطوخودوس و نعناع) نشان دادند و علت آن را تأثیر پوشش در جلوگیری از تبادل اکسیژن بیان کردند که باعث کاهش رشد قارچ‌ها شد (Haidari *et al.*, 2020). Raeisi *et al.* (2015) نیز، اثر ضد میکروبی عصاره زیره سبز و عصاره برگ نعناع وحشی بر فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمانی نگهداری شده در یخچال نشان دادند (Raeisi *et al.*, 2015). Hassanzadazar *et al.* (2019) نشان دادند اثرات ضد باکتریایی اسانس روغنی رزماری و فرم ریزپوشانی شده آن بر روی باکتری گرم مثبت به طور قابل توجه بالاتر بود و ذکر کردند در باکتری‌های گرم مثبت، نفوذپذیری یون به دلیل تماس مستقیم اجزای چربی دوست اسانس روغنی با لایه فسفولیپیدی غشای سلولی، غشای سلولی را افزایش داد و عدم وجود غشای فسفولیپیدی خارجی باعث تسهیل دفع داخل سلولی شد (Hassanzad Azar *et al.*, 2019). Heydari (2018) نشان دادند محلول‌های نانوامولسیون اسانس روغنی نعناع فلفلی از خاصیت ضد میکروبی قابل توجهی برخوردارند و میزان خاصیت ضد میکروبی با یک روند افزایشی با افزایش مقدار درصد اسانس مشاهده می‌شود که در واقع امکان جذب بهتر باکتری‌ها بر روی نانوامولسیون‌ها را فراهم می‌کند.

جدول ۹ نتایج میانگین تغییرات جمعیت کل میکروارگانیسمها (Log cfu/g) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

C4	C3	C2	C1	C0	تیمار زمان
Ca ۰/۰۴ ± ۵/۴۴	Ba ۰/۰۲ ± ۵/۵۰	Ba ۰/۰۲ ± ۵/۵۲	Aa ۰/۰۳ ± ۵/۶۲	Aa ۰/۰۲ ± ۵/۶۲	روز ۱
Eb ۰/۰۵ ± ۵/۶۶	Db ۰/۰۰ ± ۵/۹۱	Cb ۰/۰۰ ± ۶/۲۴	Bb ۰/۰۲ ± ۷/۱۳	Ab ۰/۰۱ ± ۷/۳۶	روز ۵
Ec ۰/۰۲ ± ۶/۴۵	Dc ۰/۰۱ ± ۶/۸۸	Cc ۰/۰۱ ± ۷/۲۸	Bc ۰/۰۲ ± ۷/۹۶	Ac ۰/۰۱ ± ۸/۳۴	روز ۱۰
Ed ۰/۰۱ ± ۸/۱۳	Dd ۰/۰۲ ± ۸/۶۲	Cd ۰/۰۲ ± ۸/۸۵	Bd ۰/۰۲ ± ۹/۲۱	Ad ۰/۰۲ ± ۹/۷۳	روز ۱۵
Ee ۰/۰۱ ± ۹/۳۹	De ۰/۰۳ ± ۱۰/۱۰	Ce ۰/۰۳ ± ۱۰/۲۳	Be ۰/۰۱ ± ۱۰/۳۳	Ae ۰/۰۱ ± ۱۱/۲۲	روز ۲۰
Ef ۰/۰۳ ± ۹/۶۵	Df ۰/۰۵ ± ۱۰/۳۴	Cf ۰/۰۵ ± ۱۰/۹۰	Bf ۰/۰۲ ± ۱۱/۲۲	Af ۰/۰۸ ± ۱۱/۵۷	روز ۲۵
Eg ۰/۰۲ ± ۱۰/۳۱	Dg ۰/۰۰ ± ۱۱/۰۷	Cg ۰/۰۰ ± ۱۱/۳۶	Bg ۰/۰۶ ± ۱۱/۷۶	Ag ۰/۰۲ ± ۱۲/۱۶	روز ۳۰

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر ستون است (P<0.05)  
C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۰۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

جدول ۱۰ نتایج میانگین تغییرات جمعیت کپک و مخمر (Log cfu/g) گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

C4	C3	C2	C1	C0	تیمار زمان
Aa ۰/۰۰ ± ۰/۰۰	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۰۰	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۰۰	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۰۰	Aa ۰/۰۰ ± ۰/۰۰	روز ۱
Cb ۰/۱۹ ± ۱/۷۱	BCb ۰/۱۴ ± ۱/۸۷	Bb ۰/۰۷ ± ۲/۰۶	Ab ۰/۰۸ ± ۲/۴۳	Ab ۰/۰۶ ± ۲/۴۳	روز ۵
Dc ۰/۰۷ ± ۲/۴۵	Cc ۰/۰۱ ± ۲/۷۱	BCc ۰/۰۲ ± ۲/۷۹	Bc ۰/۰۳ ± ۲/۸۴	Ac ۰/۰۲ ± ۲/۹۵	روز ۱۰
Ed ۰/۰۲ ± ۲/۸۴	Dd ۰/۰۱ ± ۲/۹۵	Cd ۰/۰۰ ± ۳/۱۵	Bd ۰/۰۰ ± ۳/۳۰	Ad ۰/۰۵ ± ۳/۴۹	روز ۱۵
Ee ۰/۰۱ ± ۳/۱۰	De ۰/۰۰ ± ۳/۳۴	Ce ۰/۰۳ ± ۳/۸۶	Be ۰/۰۱ ± ۴/۳۴	Ae ۰/۰۲ ± ۴/۶۹	روز ۲۰
Ef ۰/۰۱ ± ۴/۸۹	Df ۰/۰۲ ± ۴/۱۵	Cf ۰/۰۴ ± ۴/۵۴	Bf ۰/۰۴ ± ۴/۹۶	Af ۰/۰۱ ± ۵/۵۷	روز ۲۵
Eg ۰/۰۲ ± ۴/۷۴	Dg ۰/۰۱ ± ۵/۲۰	Cg ۰/۰۴ ± ۵/۴۵	Bg ۰/۰۳ ± ۵/۸۵	Ag ۰/۰۱ ± ۶/۷۶	روز ۳۰

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی داری در هر ستون است (P<0.05)  
C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۰۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

### بررسی نتایج ارزیابی حسی نمونه های گوشت پوشش داده شده با موسیلاژ دانه کتان حاوی نانو امولسیون

#### عصاره گیاه خوشاریزه

بررسی نتایج پذیرش کلی نشان دهنده مقبولیت عصاره خوشاریزه ریزپوشانی شده در پوشش موسلاژی بر خصوصیات حسی گوشت گوسفند توسط ارزیابها بود. Shadma et al. (2017) در بررسی تاثیر نانوامولسیون بر پایه روغن آفتابگردان با اسانس آویشن شیرازی (در سطوح ۰، ۰/۵ و ۱٪) بر خواص فیزیکیوشیمیایی فیله ماهی قزل آلائی رنگین کمان طی ۱۵ روز نگهداری اذعان نمودند که ترکیب اسانس روغنی آویشن و نانوامولسیون باعث افزایش طعم، بو و بافت می شود (Shadman et al., 2017). Noori et al. (2017)، در بررسی فعالیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش خوراکی بر پایه نانو امولسیون حاوی اسانس زنجبیل و تأثیر آن بر ایمنی و ویژگی کیفی فیله سینه مرغ، بیان نمودند که بیشترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به فیله های پوشش دهی شده با ۰/۶٪ نانو امولسیون اسانس زنجبیل در حین ذخیره سازی بود. آن ها ثابت کردند که ظاهر نانوامولسیون اسانس زنجبیل بر روی سطح نمونه های پوشش داده شده، متفاوت اما دارای بوی مطبوع قابل قبولی بود که به خوبی توسط

ارزیابان حسی پذیرفته شد. علاوه بر این، بو و ظاهر نمونه های پوشش داده شده با نانوامولسیون نیز به دلیل جلوگیری از فساد میکروبی بهتر بود (Noori et al., 2017).

جدول ۱۱ نتایج میانگین تغییرات پذیرش کلی گوشت گوسفند پوشش داده شده طی ۳۰ روز نگهداری

C4	C3	C2	C1	C0	تیمار زمان
Aa ۰/۵۸ ± ۴/۶۶	Aa ۰/۵۸ ± ۴/۶۶	Aa ۰/۵۸ ± ۴/۶۶	Aa ۰/۵۸ ± ۴/۳۳	Aa ۰/۵۸ ± ۴/۶۶	۱ روز
Aab ۰/۵۸ ± ۴/۳۳	Aa ۰/۵۸ ± ۴/۳۳	Aab ۰/۵۸ ± ۴/۳۳	Aa ۰/۰۰ ± ۴/۰۰	Aa ۰/۰۰ ± ۳/۶۶	۵ روز
Aabc ۰/۰۰ ± ۴/۰۰	Aab ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Aabc ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Aa ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Abc ۰/۵۸ ± ۳/۳۳	۱۰ روز
Aabc ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Aab ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Aabc ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Aab ۰/۵۸ ± ۳/۳۳	Bcd ۰/۵۸ ± ۲/۶۶	۱۵ روز
Abc ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	ABbc ۰/۵۸ ± ۳/۳۳	ABbc ۰/۰۰ ± ۳/۰۰	ABbc ۰/۵۸ ± ۲/۶۶	Bde ۰/۵۸ ± ۲/۳۳	۲۰ روز
Ac ۰/۵۸ ± ۳/۶۶	Acd ۰/۵۸ ± ۳/۳۳	ABC ۰/۵۸ ± ۲/۶۶	ABC ۰/۵۸ ± ۲/۳۳	Bef ۰/۵۸ ± ۱/۶۶	۲۵ روز
Ad ۰/۰۰ ± ۲/۶۶	Bd ۰/۵۸ ± ۱/۶۶	Bd ۰/۵۸ ± ۱/۳۳	Bd ۰/۵۸ ± ۱/۳۳	Bf ۰/۰۰ ± ۱/۰۰	۳۰ روز

\*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر سطر و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در هر ستون است ( $P < 0.05$ )  
 C0: تیمار شاهد، C1: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان، C2: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۱/۲۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C3: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۰/۱۶٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه، C4: ۲٪ موسیلاژ دانه کتان + ۲/۵٪ نانو امولسیون عصاره خوشاریزه

### نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج بدست آمده از تحقیق نشان داد استفاده از پوشش موسیلاژی دانه کتان تأثیری بر فاکتورهای مورد بررسی نداشته و تغییراتی همسان با نمونه شاهد در تیمارها در طول مدت زمان نگهداری مشاهده شد. در واقع، پوشش موسیلاژی دانه کتان در بازدارندگی رشد میکروبی، کاهش اکسیداسیون چربی، کاهش میزان مواد از ته فرار در گوشت گوسفند مؤثر نمی‌باشد و به دنبال آن موجب حفظ ویژگی‌های حسی آن در دامنه قابل قبول نمی‌شود. بنابراین پوشش موسیلاژی دانه کتان به تنهایی نمی‌تواند به عنوان یک پوشش فعال، گوشت گوسفند را در دمای یخچال نگه دارد. استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند ضمن کاهش فرآورده‌های اکسیداسیون، گامی مؤثر در بهبود ویژگی‌های میکروبی، حفظ کیفیت ارگانولپتیکی و افزایش مدت ماندگاری گوشت گوسفند بردارد. نتایج نشان داد استفاده از نانو امولسیون عصاره خوشاریزه در پوشش‌های موسیلاژی دانه کتان سبب کاهش تمامی شاخص‌های مذکور و در نتیجه سبب افزایش مدت ماندگاری گوشت گوسفند شد.

### منابع

- Al-Shuibi AM, Al-Abdullah BM. Substitution of nitrite by sorbate and the effect on properties of mortadella. *Meat Science*. 2002 Dec 1;62(4):473-8.
- Avijgan M, Mahboubi M, Darabi M, Saadat M, Sarikhani S, Nazilla K. Overview on *Echinophora platyloba*, a synergistic anti-fungal agent candidate. *Journal of Yeast and Fungal research*. 2010 Jul 31;1(5):88-94.
- Alizadeh Behbahani B, Shahidi F. Evaluation of microbial, chemical and sensory characteristics of coated lamb with *Scutellaria lateriflora* seed mucilage in combination with *Carum copticum* essential oil to shelflife extension at refrigerated storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 2020 Sep 22;16(4):383-94.
- AOAC. (1995). Official methods of analysis (16th Edition). Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Ashour MM, Moawad RK, Bareth GF. Quality enhancement and shelf-life extension of raw beef patties formulated with lactate/thyme essential oil during refrigerated storage. *Journal of Applied Sciences Research*. 2013;9(13):6699-709.

Behbahani BA, Fooladi AA. Shirazi balangu (*Lallemantia royleana*) seed mucilage: Chemical composition, molecular weight, biological activity and its evaluation as an edible coating on beefs. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018 Jul 15;114:882-9.

Buonocore GG, Conte A, Corbo MR, Sinigaglia M, Del Nobile MA. Mono- and multilayer active films containing lysozyme as antimicrobial agent. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2005 Dec 1;6(4):459-64.

Bensid A, Ucar Y, Bendeddouche B, Özogul F. Effect of the icing with thyme, oregano, and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food Chemistry*. 2014 Feb 15;145:681-6.

Chaijan M. Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*. 2008 Jan 1;30(1).

Chiw C, Kindlmann G, Reppy J, Samuels L, Seltzer N. Diderot: A parallel DSL for image analysis and visualization. In *Proceedings of the 33rd ACM SIGPLAN conference on Programming Language Design and Implementation 2012 Jun 11* (pp. 111-120).

Dave D, Ghaly AE. Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2011 Apr;6(4):486-510.

Dabowl AE, Mohsenzadeh M. Physicochemical, antioxidant, antibacterial and antibiofilm activity of *Carum copticum* essential oil nanoemulsion on *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes*. In *Veterinary Research Forum 2021 Dec* (Vol. 12, No. 4, p. 437).

Deus D, Kehrenberg C, Schaudien D, Klein G, Krischek C. Effect of a nano-silver coating on the quality of fresh turkey meat during storage after modified atmosphere or vacuum packaging. *Poultry science*. 2017 Feb 1;96(2):449-57.

El-Sayed SM, El-Sayed HS. Antimicrobial nanoemulsion formulation based on thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil for UF labneh preservation. *Journal of Materials Research and Technology*. 2021 Jan 1;10:1029-41.

Fan W, Sun J, Chen Y, Qiu J, Zhang Y, Chi Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food chemistry*. 2009 Jul 1;115(1):66-70.

Feng S, Sun Y, Wang D, Sun P, Shao P. Effect of adjusting pH and chondroitin sulfate on the formation of curcumin-zein nanoparticles: Synthesis, characterization and morphology. *Carbohydrate polymers*. 2020 Dec 15;250:116970.

Fallah AA, Sarmast E, Dehkordi SH, Isvand A, Dini H, Jafari T, Soleimani M, Khaneghah AM. Low-dose gamma irradiation and pectin biodegradable nanocomposite coating containing curcumin nanoparticles and ajowan (*Carum copticum*) essential oil nanoemulsion for storage of chilled lamb loins. *Meat Science*. 2022 Feb 1;184:108700.

Guerrero A, Ferrero S, Barahona M, Boito B, Lisbinski E, Maggi F, Sañudo C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020 Jan 30;100(2):656-64.

Gotoh N, Wada S. The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006 May 1;83(5):473

Hosseini, S. And. Shah-Wali, G.R. Jamali, A.H. and Ziyai, K. The effect of sunflower oil-based nanoemulsion on the quality and shelf life of rainbow trout during storage in the refrigerator. *Shilat Journal, Journal of Natural Resources of Iran*. 73 (3): 483-496.

Hassanzad Azar, H., Ghafari, A., Yousefzadeh, S., Fathollahi, M. and Aminzare, M., 2019. Antimicrobial effects of the nanoemulsion of rosemary essential oil against important foodborne pathogens. *Journal of Human, Environment, and Health Promotion*

Haidari S, Jooyandeh H, Alizadeh Behbahani B, Noshad M. The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf-life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. *Food Science & Nutrition*. 2020 Dec;8(12):6497-512.

Hassanzad Azar, H., Ghafari, A., Yousefizadeh, S., Fathollahi, M. and Aminzare, M., 2019. Antimicrobial effects of the nanoemulsion of rosemary essential oil against important foodborne pathogens. *Journal of Human, Environment, and Health Promotion*.

Heydari, M. and Bagheri, M. 2018. Studying the antimicrobial effects of nanoemulsion aqueous extract of peppermint plant (*Piperita Mentha Lamiaceae*) on Gram-negative bacteria *Escherichia Coli*: a laboratory study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 18: 515-528.

Heydari S, Jooyandeh H, Alizadeh Behbahani B, Noshad M. The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf-life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. *Food Science & Nutrition*. 2020 Dec;8(12):6497-512.

Iran National Standards Organization, Meat and meat products - moisture determination by reference method - test method. National Standard of Iran No. 745. 2003. First revision.

Iran National Standards Organization Meat and its products - determination of pH - reference test method. National Standard of Iran No. 1028. 2002. First revision.

Iran National Standards Organization. Vegetable and animal oils and fats - measurement of peroxide amount by iodometric method - determination of end point by visual method. National Standard of Iran No. 4179. 2016. Second revision.

Jebali Javan, A., Saberi, M., Javaheri Vaiqan, A. and Ghafari Khaliq, S. The effect of adding aloe vera extract to the diet of broilers based on fat peroxidation of breast fillet in frozen state. *Journal of Veterinary Research*. 2013. 68 (3): 240-233.

Jafarinia S, Fallah AA, Dehkordi SH. Effect of virgin olive oil nanoemulsion combined with ajowan (*Carum copticum*) essential oil on the quality of lamb loins stored under chilled condition. *Food Science and Human Wellness*. 2022 Jul 1;11(4):904-13.

Kostaki M, Giatrakou V, Savvaidis IN, Kontominas MG. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food microbiology*. 2009 Aug 1;26(5):475-82.

Katoch, M., & Bhatia, N. S. Linseed and Its Basic Composition. 2021 June. 6 ; 8: 10-26.

Umaraw, P., & Verma, A. K. (2017). Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(6), 1270-1279.

Kiarsi Z, Hojjati M, Behbahani BA, Noshad M. In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*. 2020 Jun;40(3):e12782.

Li T, Hu W, Li J, Zhang X, Zhu J, Li X. Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control*. 2012 May 1;25(1):101-6.

Vital AC, Guerrero A, Kempinski EM, de Oliveira Monteschio J, Sary C, Ramos TR, del Mar Campo M, do Prado IN. Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils. *Meat Science*. 2018 Sep 1;143:153-8.

Kiarsi Z, Hojjati M, Behbahani BA, Noshad M. In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*. 2020 Jun;40(3):e12782.

Lammari N, Louaer O, Meniai AH, Elaissari A. Encapsulation of essential oils via nanoprecipitation process: Overview, progress, challenges and prospects. *Pharmaceutics*. 2020 May;12(5):431.

Mapiye C, Aldai N, Turner TD, Aalhus JL, Rolland DC, Kramer JK, Dugan ME. The labile lipid fraction of meat: From perceived disease and waste to health and opportunity. *Meat science*. 2012 Nov 1;92(3):210-20.

Mohebi E, Shahbazi Y. Application of chitosan and gelatin based active packaging films for peeled shrimp preservation: A novel functional wrapping design. *LWT-Food Science and Technology*. 2017 Mar 1; 76:108-16.

Marsup P, Yeerong K, Neimkhum W, Sirithunyalug J, Anuchapreeda S, To-Anun C, Chaiyana W. Enhancement of chemical stability and dermal delivery of Cordyceps militaris extracts by nanoemulsion. *Nanomaterials*. 2020 Aug;10(8):1565.

Miraj S, Kiani S. Study of pharmacological effect of Mentha pulegium: A review. *Der Pharmacia Lettre*. 2016;8(9):242-5.

Martinez O, Salmeron J, Guillen MD, Casas C. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavorings. *Food control*. 2004 Sep 1;15(6):457-61.

Mbaga SH, Sanka YD, Katule AM, Mushi D. Effects of storage time on the quality of local chicken meat. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*. 2014;13(1).

Noshad, M., Hojjati, M. and Alizadeh Behbani, b. Increasing the shelf life of beef by using a bioactive food coating based on black balango seed mucilage loaded with black cumin essential oil. *Journal of Biosystem Engineering of Iran*. 2019. 51 (2): 407-418.

Ozogul Y, Boğa EK, Akyol I, Durmus M, Ucar Y, Regenstein JM, Köşker AR. Antimicrobial activity of thyme essential oil nanoemulsions on spoilage bacteria of fish and food-borne pathogens. *Food Bioscience*. 2020 Aug 1;36:100635.

Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SM. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*. 2010 May 1;120(1):193-8.

Ozogul Y, Boğa EK, Akyol I, Durmus M, Ucar Y, Regenstein JM, Köşker AR. Antimicrobial activity of thyme essential oil nanoemulsions on spoilage bacteria of fish and food-borne pathogens. *Food Bioscience*. 2020 Aug 1;36:100635.

Pasbani, A. and Amiri, p. Investigating the effect of edible coating of aloe vera extract along with solid fat nanoparticles containing essential oil of zanyan on the shelf life of fresh beef. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran*. 2016. 12 (2): 75-86.

Pelaes Vital AC, Guerrero A, Guarnido P, Cordeiro Severino I, Olleta JL, Blasco M, Nunes do Prado I, Maggi F, Campo MD. Effect of active-edible coating and essential oils on lamb patties oxidation during display. *Foods*. 2021 Feb;10(2):263.

Pateiro M, Barba FJ, Domínguez R, Sant'Ana AS, Khaneghah AM, Gavahian M, Gómez B, Lorenzo JM. Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food Research International*. 2018 Nov 1;113:156-66.

Rodrigues FJ, Cedran MF, Garcia S. Influence of linseed mucilage incorporated into an alginate-base edible coating containing probiotic bacteria on shelf-life of fresh-cut yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Food and Bioprocess Technology*. 2018 Aug;11(8):1605-14.

Rezaei Savadkouhi N, Ariaii P, Charmchian Langerodi M. The effect of encapsulated plant extract of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) in biopolymer nanoemulsions of *Lepidium perfoliatum* and *Orchis mascula* on controlling oxidative stability of soybean oil. *Food Science & Nutrition*. 2020 Feb;8(2):1264-71.

Raeisi S, Sharifi-Rad M, Shaban-Pour B, Ojagh SM, Alishahi AR. Antioxidant and antibacterial effects of *Nigella sativa* L. seed and *Echinophora platyloba* dc. Leaf extracts on rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigeration. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences (IJBPAS)*. 2015;4(5):3101-14.

Rahman MH, Hossain MM, Rahman SM, Amin MR, Oh DH. Evaluation of physicochemical deterioration and lipid oxidation of beef muscle affected by freeze-thaw cycles. *Korean journal for food science of animal resources*. 2015;35(6):772.

Rezaei F, Shahbazi Y. Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating, and biodegradable film. *LWT*. 2018 Jan 1;87:122-33.

Shahidi F, Zhong Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical society reviews*. 2010;39(11):4067-79.

Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SM. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*. 2010 May 1;120(1):193-8.

Shadman S, Hosseini SE, Langroudi HE, Shabani S. Evaluation of the effect of a sunflower oil-based nanoemulsion with *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on the physicochemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during cold storage. *LWT-Food Science and Technology*. 2017 Jun 1;79:511-7.

Sabz Ali, S., Metini, S. and Jalilzadeh, A. The effect of edible coating of alginate gum containing Valk extract on shelf life of veal fillet under refrigerated conditions. *Iran Journal of Food Sciences and Industries*. 2017. 15 (85): 425-435.

Soleimani-Rambod A, Zomorodi S, Naghizadeh Raeisi S, Khosrowshahi Asl A, Shahidi SA. The effect of xanthan gum and flaxseed mucilage as edible coatings in cheddar cheese during ripening. *Coatings*. 2018 Feb;8(2):80.

Sarvinehbaghi MB, Ahmadi M, Shiran M, Azizkhani M. Antioxidant and antimicrobial activity of red onion (*Allium cepa*, L.) extract nanoencapsulated in native seed gums coating and its effect on shelf-life extension of beef fillet. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021 Oct;15(5):4771-80.

Shin SH, Chang Y, Lacroix M, Han J. Control of microbial growth and lipid oxidation on beef product using an apple peel-based edible coating treatment. *LWT*. 2017 Oct 1;84:183-8.

Solans C, Esquena JO, Forgiarini AM, Uson N, Morales D, Izquierdo P, Azemar N, Garcia-Celma MJ. Nano-emulsions: formation, properties, and applications. *Surfactant science series*. 2003:525-54.

Tabatabaei Yazdi F, Alizadeh Behbahani B, Vasiee A, Roshanak S, Mortazavi A. Production of an antimicrobial edible coating based on *Plantago major* seed mucilage in combination with *Heracleum persicum* essential oil: its properties and application in beef. *Microbiology in Food Industries*. 2017;3(3):1-21

Tadros T. Application of rheology for assessment and prediction of the long-term physical stability of emulsions. *Advances in colloid and interface science*. 2004 May 20 ;108:227-58.

Treviño-Garza MZ, Correa-Cerón RC, Ortiz-Lechuga EG, Solís-Arévalo KK, Castillo-Hernández SL, Gallardo-Rivera CT, Arévalo Niño K. Effect of linseed (*Linum usitatissimum*) mucilage and chitosan edible coatings on quality and shelf-life of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo*). *Coatings*. 2019 Jun;9(6):368.

Tee YB, Wong J, Tan MC, Talib RA. Development of edible film from flaxseed mucilage. *BioResources*. 2016 Oct 20;11(4):10286-95.

Tometri SS, Ahmady M, Ariaii P, Soltani MS. Extraction and encapsulation of *Laurus nobilis* leaf extract with nano-liposome and its effect on oxidative, microbial, bacterial and sensory properties of minced beef. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020 Dec;14(6):3333-44.

Xiong Y, Chen M, Warner RD, Fang Z. Incorporating nisin and grape seed extract in chitosan-gelatine edible coating and its effect on cold storage of fresh pork. Food Control. 2020 Apr 1;110:107018.