



چاپی: ۳۵۴۴-۲۴۲۳  
الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲۴۲۳

# فرآوری و نگهداری مواد غذایی

## فهرست مقالات

- بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دسر لبنی نوشیدنی فراسودمند طالبی حاوی مورینگا اولیفرا و اسپیرولینا پلاتنسیس  
حنانه احمدیان، زهرا بیگ محمدی، مصطفی سلطانی ..... ۳
- امکان‌سنجی استفاده از ژل سدیم آلژینات جهت افزایش عمر نگهداری تاپ اشترودل  
مجید نوش‌کام، علیرضا رحمانیان، سیدعلی خوشبخت، سارا حسین‌پور، عذرا ولایتی ..... ۲۵
- ارزیابی کیفی برخی از ماهیان عرضه شده در بازار ماهی فروشان چابهار  
یاسر ساجدی‌نیا، سراج بیتا، سلیم شریفیان ..... ۴۵
- ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و ضد میکروبی فیلم خوراکی ژلاتین حاوی اسانس پونه  
پریا میری، محمدیار حسینی، طیب سیفی ..... ۵۹
- نقش پست‌بیوتیک‌ها در ارتقاء ایمنی غذایی  
امین عباسی، کیمیا دهقان سانج، علیرضا محمدی، سمانه مرادی، بنت‌الحسنی دهقان نیری، سارا بزاز، هدایت حسینی ..... ۷۷
- تولید پیکرینگ امولسیون پایدار با استفاده از ذرات هیبریدی متشکل از پلیمرهای زیستی  
صدیقه توسلی، یحیی مقصدلو، سیدمهدی جعفری، هدی شهری طبرستانی ..... ۱۱۱



## فهرست مقالات

- بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دسر لبنی نوشیدنی فراسودمند طالبی حاوی مورینگا اولیفرا و اسپیرولینا پلاتنسیس  
حنانه احمدیان، زهرا بیگ‌محمدی، مصطفی سلطانی ..... ۳
- امکان‌سنجی استفاده از ژل سدیم آلژینات جهت افزایش عمر نگهداری تاپ اشترودل  
مجید نوش‌کام، علیرضا رحمانیان، سیدعلی خوشبخت، سارا حسین‌پور، عذرا ولایتی ..... ۲۵
- ارزیابی کیفی برخی از ماهیان عرضه شده در بازار ماهی فروشان چابهار  
یاسر ساجدی‌نیا، سراج بیتا، سلیم شریفیان ..... ۴۵
- ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و ضدمیکروبی فیلم خوراکی ژلاتین حاوی اسانس پونه  
پریا میری، محمدیار حسینی، طیب سیفی ..... ۵۹
- نقش پست‌بیوتیک‌ها در ارتقاء ایمنی غذایی  
امین عباسی، کیمیا دهقان سانج، علیرضا محمدی، سمانه مرادی، بنت‌الحسنی دهقان نیری، سارا بزاز، هدایت حسینی ..... ۷۷
- تولید پیکرینگ امولسیون پایدار با استفاده از ذرات هیبریدی متشکل از پلیمرهای زیستی  
صدیقه توسلی، یحیی مقصودلو، سیدمهدی جعفری، هدی شهیری طبرستانی ..... ۱۱۱



## Investigation of Physicochemical and Sensory properties of Functional Dairy Drink Dessert of Cantaloupe Containing *Moringa oleifera* and *Spirulina platensis*

Hanane Ahmadiyan<sup>1</sup>, Zahra BeigMohammadi<sup>2\*</sup>, Mostafa Soltani<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Food Science and Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Food Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

Email: [Z.Beigmohammadi@iautnb.ac.ir](mailto:Z.Beigmohammadi@iautnb.ac.ir); [Beigmohammadi.zahra@gmail.com](mailto:Beigmohammadi.zahra@gmail.com)

<sup>3</sup> Nutrition and Food Sciences Research Center, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 2022-06-24  
Revised: 2023-02-13  
Accepted: 2023-01-09

**Keywords:**  
Dairy drink dessert  
Prebiotic  
*Spirulina Platensis*  
*Moringa oleifera*

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** The growth of consumers' attention to the role of nutrition in health and well-being is the first driving force for the production of functional foods. In recent years, the tendency to produce and consume fortified foods has been increasing worldwide. Milk and dairy products are an important group of functional foods. Its protein, calcium, phosphorus, iron, riboflavin, and vitamins A and B12 play important roles in the human diet. Flavored dairy drinks are a major part of dairy products. Although they are considerably consumed, especially their probiotic and prebiotic types, they have a lower sales share compared to yogurt and milk. The purpose of this research was to produce a cantaloupe prebiotic dairy drink dessert. For this purpose, the formulation of this drink was examined in four treatments.

**Materials and Methods:** First, the dry ingredients of the formulation, including cantaloupe essential oil (0.02%), sugar (2.5%), modified corn starch (2.5%), and inulin (5%), were mixed in 100 ml of milk. After the heating and cooling processes, the cantaloupe prebiotic dairy drink dessert was produced (control sample = T0). In order to prepare the treatments, 2% *Spirulina platensis* for the first treatment (T1), 2% *Moringa oleifera* for the second treatment (T2), and a combination of 1% *Spirulina platensis* and 1% *Moringa oleifera* for the third treatment (T3) were used. The protein content was measured by the Kjeldahl method; the color by a colorimeter; the pH by a pH-meter; brix by a refractometer; and the antioxidant activity by the DPPH method. The calcium content was quantified by titration with EDTA; potassium content by a flame photometer; iron content by a spectrophotometer; and viscosity by a viscometer. The sensory properties were assessed by 10 panelists using the five-point hedonic method. The tests were examined for all the treatments on the 1st and 8th days of storage.

**Results:** The results showed that T2 had the highest amounts of calcium, potassium, iron, ash, viscosity, and antioxidant activity, which had a statistically significant difference with the other

---

---

treatments ( $p<0.05$ ). According to the results of sensory evaluation, T2 received significantly higher scores in terms of mouthfeel, appearance, color, taste, consistency, and overall acceptance, compared to the other treatments ( $p<0.05$ ).

**Conclusions:** The results showed that the best treatment in terms of nutritional value, sensory properties, and physicochemical properties, was the treatment containing 2% *Moringa oleifera*. Further studies are suggested for using this nutritive plant in the formulation of other food products.

---

**Cite this article:** Ahmadiyan, H., BeigMohammadi, Z., Soltani, M. 2023. Investigation of Physicochemical and Sensory properties of Functional Dairy Drink Dessert of Cantaloupe Containing *Moringa oleifera* and *Spirulina platensis*. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (1), 1-22.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.20899.1732

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

### بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دسر لبنی نوشیدنی فراسودمند طالبی حاوی مورینگا اولیفرا و اسپیرولینا پلاتنسیس

حنا احمدیان<sup>۱</sup>، زهرا بیگ محمدی<sup>۲\*</sup>، مصطفی سلطانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>۲</sup>گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رایانامه: Z.Beigmohammadi@iau-tnb.ac.ir; [Beigmohammadi.zahra@gmail.com](mailto:Beigmohammadi.zahra@gmail.com)

<sup>۳</sup>مرکز تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی-پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> رشد توجه مصرف‌کنندگان به نقش تغذیه در سلامتی و تندرستی اولین محرک برای تولید غذاهای فراسودمند است. در سال‌های اخیر، تمایل به تولید و مصرف غذاهای فراسودمند رو به افزایش است. شیر و فرآورده‌های لبنی بخش مهمی از غذاهای فراسودمند را تشکیل می‌دهند. شیر به دلیل دارا بودن پروتئین، کلسیم، فسفر، آهن، ریبوفلاوین و ویتامین‌های A و B <sub>12</sub> نقش مهمی را در رژیم غذایی انسان دارد. نوشیدنی‌های لبنی طعم‌دار بخش عمده‌ای از محصولات لبنی هستند که علی‌رغم مصرف قابل توجه آن‌ها به‌خصوص انواع پروبیوتیک و پری‌بیوتیک، دارای سهم فروش کمتری در مقایسه با ماست و شیر ساده هستند. هدف از این پژوهش تولید دسر لبنی نوشیدنی پری‌بیوتیک طالبی حاوی مقادیر مختلف مورینگا اولیفرا و اسپیرولینا (آرتروسپورا) پلاتنسیس، و همچنین ارزیابی ویژگی‌های تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و حسی آن است. بدین منظور، فرمولاسیون این نوشیدنی در چهار تیمار مورد بررسی قرار گرفت.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> دسر نوشیدنی شیری پری‌بیوتیک اسپیرولینا پلاتنسیس مورینگا اولیفرا	<b>مواد و روش‌ها:</b> ابتدا اجزای خشک و ثابت فرمولاسیون شامل؛ اسانس طالبی (۰/۰۲ درصد)، شکر (۲/۵ درصد)، نشاسته ذرت اصلاح‌شده (۲/۵ درصد)، و اینولین (۵ درصد) در ۱۰۰ میلی‌لیتر شیر، ترکیب و پس از فرآیند حرارتی و خنک کردن دسر لبنی نوشیدنی پری‌بیوتیک طالبی تولید گردید (تیمار شاهد؛ T <sub>0</sub> ). به منظور تهیه تیمارهای مورد بررسی مقادیر ۲٪ اسپیرولینا پلاتنسیس برای تیمار اول (T <sub>1</sub> )، ۲٪ مورینگا اولیفرا برای تیمار دوم (T <sub>2</sub> ) و ترکیب ۱٪ اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱٪ مورینگا اولیفرا برای تیمار سوم (T <sub>3</sub> ) استفاده گردید. اندازه‌گیری میزان پروتئین توسط روش کلدال، رنگ توسط رنگ‌سنج، pH توسط pH متر، بریکس توسط رفاکتمتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط روش DPPH، اندازه‌گیری عناصری همچون کلسیم توسط تیتراسیون با EDTA، پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر، آهن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و ویسکوزیته توسط دستگاه ویسکومتر انجام گردید. بررسی خواص حسی نیز توسط ۱۰ نفر ارزیاب با روش هدونیک پنج نقطه‌ای صورت گرفت. آزمون‌های مذکور برای تمامی تیمارها در روز اول و روز هشتم نگهداری، مورد بررسی قرار گرفتند.

---

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد تیمار T<sub>2</sub> دارای بیشترین میزان کلسیم، پتاسیم، آهن، خاکستر، ویسکوزیته و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود که با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ). مطابق نتایج آزمون حسی، تیمار T<sub>2</sub> به صورت معناداری امتیازات بالاتری را از جنبه های احساس دهانی، ظاهر، رنگ، طعم و مزه، قوام و پذیرش کلی در مقایسه با سایر تیمارها دریافت نمود ( $p < 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که بهترین تیمار از نظر ارزش غذایی، خواص حسی و همچنین خواص فیزیکوشیمیایی تیمار حاوی ۲ درصد مورینگا/اولیفر است و بررسی های بیشتر در زمینه استفاده از این گیاه در فرمولاسیون سایر فرآورده های غذایی پیشنهاد می‌گردد.

---

**استناد:** احمدیان، ح.، بیگ‌محمدی، ز.، سلطانی، م. (۱۴۰۲). بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دسر لبنی نوشیدنی فراسودمند طالبی حاوی مورینگا اولیفر و اسپیرولینا پلاتنسیس. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵ (۱)، ۱-۲۲.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.20899.1732



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## مقدمه

نوشیدنی‌هایی که با ترکیباتی از جمله فیبر، آهن، کلسیم و سایر مواد مغذی غنی‌سازی می‌شوند، در دسته نوشیدنی‌های فراسودمند قرار می‌گیرند. رشد توجه مصرف‌کنندگان به نقش تغذیه در سلامتی و تندرستی اولین محرک برای موفقیت فروش غذاهای فراسودمند است (۱). طبق گزارش ساکلین و همکاران در سال ۲۰۰۳ محصولات لبنی به سه گروه تقسیم می‌شوند: محصولات اصلی لبنی (مانند ماست، کره، پنیر، بستنی و سایر محصولات حاصل از لبنیات)، محصولات با ارزش افزوده بالا<sup>۱</sup> (شامل محصولات با مقدار کم یا فاقد لاکتوز، فرمول‌های هایپوالرژنیک<sup>۲</sup> با پروتئین هیدرولیز شده برای کودکان حساس به شیر، غنی‌سازی شیر با کلسیم، ویتامین‌ها) و غذاهای لبنی فراسودمند که محصولات این گروه علاوه بر ارزش تغذیه‌ای باعث بهبود سلامتی نیز می‌گردند (۲).

شیرمنبع ارزشمندی از پروتئین با ارزش بیولوژیکی بالاست و در مقایسه با گوشت با قیمت ارزانتر در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌گیرد. کلسیم موجود در شیر بهترین شکل قابل جذب کلسیم می‌باشد (۳). مصرف‌کنندگان در سراسر جهان به دنبال مواد غذایی با طعم و مزه مناسب، دسترسی آسان و ارزش تغذیه‌ای بالا هستند و طراحی شیرهای طعم‌دار به عنوان یک انتخاب قابل توجه و موتور محرک برای گسترش صنایع لبنی محسوب می‌شود (۴). نوشیدنی شیری مورد مطالعه از اسپیرولینا پلاتنسیس و مورینگا اولیفرای ساخته شده است که به اختصار توضیحاتی در مورد هر یک داده می‌شود.

مورینگا اولیفرای<sup>۳</sup> معروف‌ترین و پرمصرف‌ترین گونه از ۱۳ گونه مورینگا<sup>۴</sup> از خانواده تک جنس

مورینگاسه<sup>۵</sup> می‌باشد (۵). مورینگا دارای پروتئین با کیفیت بالا است که به راحتی هضم می‌شود (۶). گنجاندن برگ‌های مورینگا اولیفرای به عنوان یک ماده غنی در محصولات غذایی مانند نان، بیسکویت، کیک، ماست و پنیر به منظور بهبود خواص حسی و ماندگاری آن‌ها عمل می‌کند (۷). گزارش شده است که مورینگا بیشتر از اسفناج آهن دارد. برگ‌های مورینگا می‌توانند ۱۰۰۰ میلی‌گرم و پودر مورینگا نیز بیش از ۴۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم فراهم کند (۸).

ریزجلبک‌ها، یکی از منابع نویدبخش برای غذاهای جدید و محصولات غذایی فراسودمند<sup>۶</sup> بوده و به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی متعادل، می‌توانند به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای غذاها مورد استفاده قرار گیرند (۹). ریزجلبک اسپیرولینا از جمله ارگانسیم‌های فتوسنتزکننده و از گروه جلبک‌های سبز-آبی است (۱۰). آهن موجود در این ریزجلبک به میزان ۷۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم منبع مناسبی جهت تأمین آهن در زنان باردار و افراد مبتلا به کم‌خونی است (۱۱). اسپیرولینا پلاتنسیس<sup>۷</sup> حاوی ویتامین B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, K, A می‌باشد (۱۲).

اینولین ترکیبی قندی (از نوع الیگوساکارید) و غیر قابل هضم یا با قابلیت هضم اندک، در بیش از ۳۰۰۰۰ گیاه مختلف یافت می‌شود. از جمله ریشه کاسنی که در کشورهای بلژیک، هلند و فرانسه کشت، تولید، فرآوری و صادر می‌گردد (۱۳). اینولین به‌عنوان یک پری‌بیوتیک<sup>۸</sup> نسبتاً مقاوم، حرارت‌های بالا تا دماهای ۱۲۰ درجه سلسیوس را تحمل می‌نماید. برای تولید محصولی با خاصیت پری‌بیوتیکی بایستی میزان اینولین ۸-۳ گرم باشد (۱۴). از جمله کاربردهای اینولین در فرآورده‌های لبنی می‌توان به جایگزین

5. *Moringaceae*
6. Functional Foods
7. *Spirulina Platensis*
8. Prebiotics

1. Added-value
2. Hypoallergenic
3. *Moringa oleifera*
4. *Moringa*

و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی نوشیدنی شیری با طعم طالبی و بر پایه ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و گیاه مورینگا اولیفرا می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

**مواد اولیه:** مواد مورد استفاده جهت تولید نوشیدنی شیری از قبیل اسپیرولینا پلاتنسیس از شرکت نور دارو گنبد (گرگان-ایران)، مورینگا اولیفرا از شرکت سبز رویان (خوزستان-ایران)، نشاسته ذرت اصلاح شده از شرکت روکت (فرانسه)، اینولین از شرکت بننو (آلمان) و اسانس طالبی از شرکت ژیوادان (سوئیس) تهیه شدند. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد نیاز جهت انجام آزمون‌ها، با درجه خلوص تجزیه‌ای از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

**روش تهیه نوشیدنی لبنی:** دسر نوشیدنی شیری میوه-ای با مقادیر ثابت شیر کم چرب (۱۰۰ میلی‌لیتر)، طعم-دهنده طالبی (۰/۰۲٪)، شکر (۲/۵٪)، نشاسته ذرت اصلاح شده (۲/۵٪)، اینولین متوسط زنجیر (۵٪)، میزان ۲٪ اسپیرولینا پلاتنسیس، ۲٪ مورینگا اولیفرا به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر (۱٪ اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱٪ مورینگا اولیفرا) آماده گردید. ابتدا اجزای خشک شامل شکر و نشاسته ذرت اصلاح شده، اینولین، پودر گیاه مورینگا اولیفرا و اسپیرولینا پلاتنسیس توزین و به ۱۰۰ میلی‌لیتر شیر افزوده و تا انحلال کامل همزده شدند. پس از افزودن اسانس طالبی، نوشیدنی توسط همزنایزر در فشار  $10^5 \times 180$  پاسکال هموژن و سپس در بن‌ماری با دمای ۷۵ درجه سلسیوس، به مدت ۵ دقیقه پاستوریزه گردید و نهایتاً تا ۱۰ درجه سلسیوس سرد گردید. محصول نهایی جهت انجام آزمایشات در دمای ۲ تا ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (۱۸). تمامی نمونه‌ها در طی زمان صفر (یعنی بلافاصله پس از تولید) و در پایان دوره نگهداری (روز هشتم پس از تولید) جهت

چربی و شکر، بهبود دهنده بافت و پایدار کننده کف اشاره کرد (۱۵).

تحقیقات فراوانی بر روی تولید فرآورده‌های غذایی فراسودمند با استفاده از ترکیباتی چون اسپیرولینا پلاتنسیس و مورینگا اولیفرا صورت گرفته است، اما تاکنون از این دو ماده در تولید نوشیدنی لبنی استفاده نشده است. محمدی‌الستی و همکاران در سال ۱۳۹۳ با افزودن غلظت‌های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به ماست اسفناج پروبیوتیک، به بررسی میزان pH، اسیدیته قابل تیتر، ماده خشک، پروتئین، میزان آب‌اندازی، آهن، رنگ و ویسکوزیته (در روزهای ۰، ۷، ۱۴ و ۲۱) و خواص حسی (در روزهای اول و آخر نگهداری) پرداختند. نتایج نشان دادند که غلظت‌های مختلف جلبک ضمن جلوگیری از تغییرات مشخص در pH، اسیدیته را افزایش دادند و باعث کاهش آب‌اندازی محصول شدند. اسپیرولینا پلاتنسیس بر پارامترهای a, b و L رنگ نمونه‌های ماست مؤثر بوده، در ضمن ویسکوزیته نمونه‌ها را کاهش داده است. پروتئین و آهن نمونه‌های ماست غنی شده با ریزجلبک افزایش یافته‌اند (۱۶).

وولانساری و همکاران در سال ۲۰۲۱ به بررسی خواص شیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی کفیر تولید شده از شیر بز غنی شده با پودر برگ مورینگا اولیفرا پرداختند. آن‌ها تأثیر پودر برگ مورینگا (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی) و دوره‌های مختلف نگهداری (۰، ۷ و ۱۴ روز) را بر کیفیت کفیر شیر بز ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که پودر برگ مورینگا باعث افزایش اسیدیته، میزان فنل کل و DPPH شده بود. زمان انبارداری میزان فنل کل و DPPH را افزایش داده بود. میزان ۲٪ پودر برگ مورینگا همراه با انبارداری ۱۴ روزه توانست دو برابر بیشتر از گروه شاهد فنل کل و DPPH تولید کند و بر کیفیت محصول کفیر تأثیر منفی نگذارد (۱۷). هدف از انجام این پژوهش تولید

بریکس<sup>۱</sup>: بریکس نمونه‌ها به وسیله دستگاه رفاکتومتر (مدل VRB-90A - چین) اندازه‌گیری شد (۲۳).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: از طریق مهار رادیکال آزاد DPPH<sup>۲</sup> با نمونه‌های آزمایشی، تغییر در میزان جذب نور در طول موج ۵۱۷ نانومتر مورد بررسی قرار گرفت. درصد مهار رادیکال DPPH (I) از معادله (۲) محاسبه شد:

$$I(\%) = 100 \times (A_0 - A_s) / A_0 \quad (۲)$$

A<sub>0</sub> جذب شاهد  
A<sub>s</sub> جذب نمونه

سپس نتایج به صورت IC50 (مقداری از آنتی‌اکسیدان که لازم است تا غلظت DPPH به ۵۰ درصد مقدار اولیه برسد) بیان می‌گردد (۲۴).

اندازه‌گیری پروتئین: اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها با استفاده از روش کلدال مطابق بر استاندارد شماره ۶۳۹ تعیین گردید (۲۵).

اندازه‌گیری کلسیم: اندازه‌گیری کلسیم با استفاده از روش تیتراسیون با محلول EDTA انجام گرفت. آماده سازی نمونه خاکستر و رقیق سازی در حجم ۴۰ سی‌سی - سی‌سی آب به همراه معرف موروکساید و ۲ سی‌سی سود ۱ نرمال انجام شد. سپس محلول بدست آمده توسط محلول EDTA (۰/۰۲ مولار) تیتراژ شد و نهایتاً میزان حجم مصرفی نیز در زمان تغییر رنگ محلول از صورتی به بنفش بدست آمد. درصد کلسیم از طریق معادله (۳) محاسبه گردید:

$$\text{معادله (۳)}$$

V<sub>1</sub> حجم مصرفی EDTA

N نرمالیه EDTA

V<sub>2</sub> حجم خاکستر (۲۶).

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و حسی ارزیابی شدند.

جدول ۱- تیمارهای دسر نوشیدنی شیری طالبی

Table 1. Treatments of Cantaloupe Dairy Drink Dessert

	<i>Spirulina platensis</i> اسپیرولینا پلاتنسیس	<i>Moringa oleifera</i> مورینگا اولیفرا
T <sub>0</sub>	0%	0%
T <sub>1</sub>	2%	0%
T <sub>2</sub>	0%	2%
T <sub>3</sub>	1%	1%

### آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

ویسکوزیته: ویسکوزیته ظاهری نوشیدنی‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (DV-I Prime- آمریکا) اندازه‌گیری شد (۱۹).

رنگ: رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (هانتربل TES مدل ۱۳۵A - تایوان) اندازه‌گیری شد (۲۰).

میزان pH: آزمون توسط دستگاه pH متر (Martini مدل Mi151 - ایتالیا) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد (۲۱).

خاکستر: برای اندازه‌گیری خاکستر، یک میلی‌لیتر از نمونه پس از انتقال به کوره در کوره ۶۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت سوزانده و خاکستر آن تهیه گردید. سپس درصد خاکستر مطابق معادله (۱) زیر محاسبه شد (۲۲):

$$\text{معادله (۱)}$$

$$\% \text{Ash} = (a-b) / s \times 100$$

$$Ca\% \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{V1 \times N \times 40 \times 1000}{V2}$$

a = وزن اولیه بوته چینی و نمونه  
b = وزن نهایی بوته چینی و نمونه  
s = وزن نمونه

<sup>1</sup> Brix

<sup>2</sup> 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

(مزه و بو)، ظاهر و حس دهانی، قوام و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند و سپس میانگین و انحراف معیار محاسبه گردید. آنالیز واریانس (ANOVA) برای بررسی اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها انجام شد. مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-۱۹ صورت گرفت. پس از محاسبه میانگین و مقدار تفاوت آنها با انحراف معیار، معنی‌داری اختلافات بررسی شد. مقدار P-value آزمون‌ها در سطح ۹۵٪ و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. مقایسه بین تیمارها و مقایسه میانگین‌ها پس از ماندگاری با استفاده از آزمون t انجام گرفت.

### نتایج و بحث

**تغییرات pH:** در شکل ۱ بیان شد که نمونه دسر شیری حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ در روز اول آزمون بیشترین میزان pH را دارا بود. اسیدیته فرآورده‌های شیری تحت تاثیر تعادل میان ترکیبات نیتروژنی محصولات ناشی از واکنش‌های پروتئولیتیک و لاکتیک اسید ناشی از فعالیت تخمیری باکتری‌های لاکتیک اسید قرار می‌گیرد (۲۹). در طول ۸ روز نگهداری این دسر شیری، فعالیت میکروارگانیسم‌های پروتئولیتیک که از مواد اولیه و شیر وارد دسر شده‌اند بر فعالیت باکتری‌های لاکتیک اسید غالب است ولی با گذشت زمان و افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتیکی، تولید لاکتیک اسید غالب شده و اسیدیته افزایش و pH کاهش می‌یابد. مقدار pH دسرهای لبنی مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۶۸، باید بین ۶/۳ تا ۶/۸ باشد که به غیر از نمونه‌های دسر حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ مقادیر pH سایر نمونه‌ها در

اندازه‌گیری پتاسیم: اندازه‌گیری میزان پتاسیم با استفاده از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله‌ای و با انحلال نمونه خاکستر در ۱ سی سی نیتریک اسید ۰/۱ مولار و رقیق‌سازی تا حجم ۲۵۰ سی سی انجام گردید. سپس نمونه جهت قرائت به دستگاه فلیم فتومتر در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر منتقل شد. با استفاده از معادله (۴) میزان پتاسیم محاسبه گردید:

$$W = \frac{c \times V}{m \times 1000} \times f_1 \times f_2 \quad (4)$$

W محتوای عنصر نمونه (پتاسیم) به گرم بر کیلوگرم

C جرم عنصر به میلی‌گرم بر لیتر

V حجم ظرف نمونه به میلی‌لیتر

m وزن نمونه به گرم

f<sub>1</sub> فاکتور رقیق‌سازی که در مرحله آماده سازی بدست می‌آید

f<sub>2</sub> فاکتور رقیق‌سازی

که در مرحله اندازه‌گیری بدست می‌آید (۲۷).

**اندازه‌گیری آهن:** اندازه‌گیری میزان آهن توسط روش اسپکترومتری، با انحلال نمونه خاکستر در ۱ سی سی هیدروکسی آمونیوم هیدروکلراید ۱۰ درصد و ۲ سی سی کلریدریک اسید غلیظ (خلوص ۳۷ درصد) و مخلوط کردن محلول بدست آمده با ۱۰ سی سی آمونیوم استات ۳/۲ درصد و چند قطره معرف فنانترولین و تا حصول محلول نارنجی رنگ انجام شد. سپس داخل دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومتر منتقل شد. میزان آهن از معادله (۵) محاسبه گردید:

$$W_{Fe} = \frac{m_1}{m_2} \quad (5)$$

W<sub>Fe</sub> میزان آهن به میلی‌گرم بر کیلوگرم

m<sub>0</sub> وزن نمونه به گرم

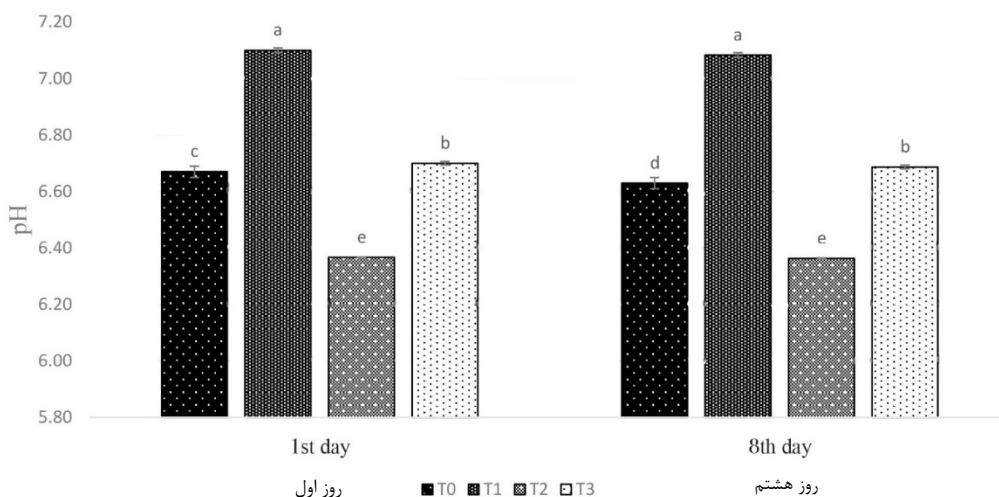
m<sub>1</sub> وزن آهن به میکروگرم

که با استفاده از معادله خط رگرسیون محاسبه شد (۲۸).

**ارزیابی حسی:** ارزیابی حسی با استفاده از روش هدونیک پنج نقطه‌ای و با استفاده از ۱۰ نفر ارزیاب (۵ زن و ۵ مرد در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال) انجام شد. خصوصیات حسی نمونه‌ها از نظر رنگ، طعم

اسیدیته و کاهش pH شده است. دلیل کاهش pH در این پژوهش pH پایین مالت بیان شده است (۳۳). در تحقیق غیائی و همکاران در سال ۱۳۹۳ نشان داده شده است که استفاده از جوانه گندم در فرمولاسیون دسر لبنی فراسودمند منجر به کاهش pH نمونه‌ها شده است (۳۴). کمترین میزان pH را نیز نمونه‌های حاوی مورینگا اولیفر ۲٪ در روز هشتم آزمون داشت. افزایش فعالیت باکتری‌های فلور طبیعی شیر بر اثر استفاده از مواد اولیه از جمله شکر و اینولین، میزان اسیدهای آلی افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر به افزایش میزان اسیدیته و کاهش pH در طی زمان نگهداری گردد.

محدوده استاندارد بوده است (۳۰). با توجه به نتایج وارگا و همکاران در سال ۲۰۱۳ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس ماهیت قلیایی دارد و از عوامل موثر در بالا بودن این فاکتور در نمونه‌های تولید شده با اسپیرولینا پلاتنسیس بوده است (۳۱). بویخوستو در سال ۲۰۱۰ نیز در ارزیابی تغییرات pH در طی نگهداری در دسر شیری ساخته شده از پنیر کاتیج گزارش کردند که مقادیر pH با افزایش زمان نگهداری، افزایش و با افزایش میزان چربی کاهش یافته است (۳۲). میانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ نیز در تحقیقی با عنوان بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی دسر لبنی فراسودمند دارای مالت جو بدون پوشینه نشان دادند که استفاده از مالت جو منجر به افزایش



شکل ۱- بررسی تغییرات pH نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت اثر برهمکنش فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 1. Interactive effect of formulation and time on changes in pH values of cantaloupe dairy dessert drink  
 T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفر، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛  
 حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

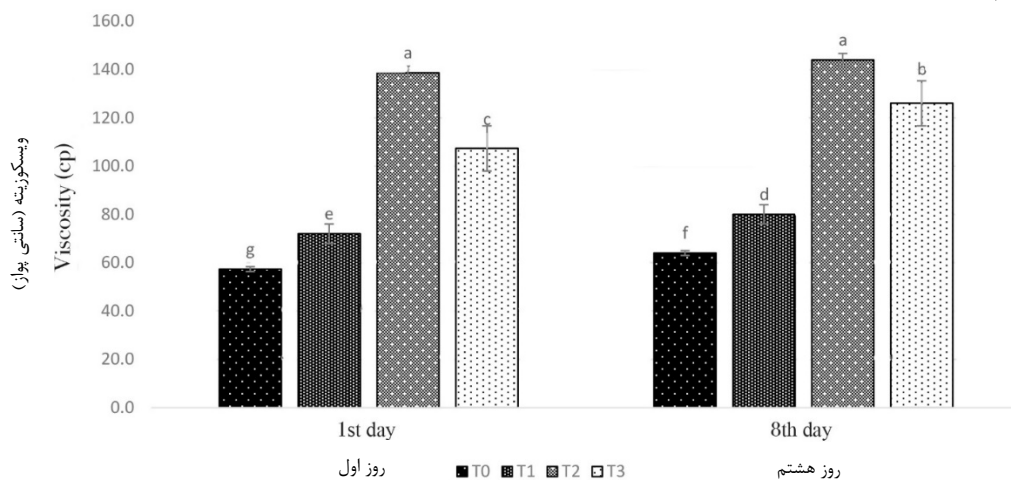
T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
 Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

روز اول آزمون دارا بود. مقادیر بالای فیبر در این ترکیبات و افزایش برهم‌کنش و تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین ترکیبات و آب موجود در فرمول،

تغییرات ویسکوزیته: در شکل ۲ بیان شد که بیشترین مقدار ویسکوزیته را نمونه مورینگا اولیفر ۲٪ در روز هشتم داشت و کمترین مقدار را نمونه‌های شاهد در

لبنی تحت تاثیر متغیرهای متفاوتی مورد بررسی قرار گرفته است، مهربسی و همکاران در سال ۱۳۹۷ تغییرات ویسکوزیته دسر تولید شده با استفاده از عسل خرما، نشاسته ذرت و ژلاتین را بررسی کردند و بیان داشتند که با افزایش ژلاتین و نشاسته ذرت میزان ویسکوزیته افزایش یافته است که به دلیل جذب آب بیشتر این ترکیبات بوده است (۳۸). همچنین میلانی و همکاران در سال ۱۳۹۰ تاثیر عسل خرما و گوار بر ویسکوزیته نمونه‌های دسر بستنی ماست را بررسی کردند که نشان داده شد افزایش عسل خرما و گوار در فرمولاسیون نمونه‌ها منجر به افزایش ویسکوزیته شده است (۳۹).

ممکن است از دلایل افزایش میزان ویسکوزیته نمونه‌های حاوی مورینگا اولیفرای بوده باشد، همچنین پنتوال و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند که فعالیت کازئینولیتیک منجر به افزایش لخته شدن شیر می‌شود که می‌تواند از دلایل احتمالی افزایش ویسکوزیته باشد (۳۵). رسولی و همکاران در سال ۱۳۹۶ با بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی، افزایش ویسکوزیته را در اثر افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس گزارش کردند (۳۶). آیینکا در سال ۲۰۱۶ از پودر برگ‌های مورینگا اولیفرای در تولید نان استفاده کردند. نتایج این محقق نشان داد که استفاده از تیمار مورینگا اولیفرای منجر به کاهش ویسکوزیته خمیر نان شد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی ندارد (۳۷). ویسکوزیته دسرهای



شکل ۲- بررسی تغییرات ویسکوزیته نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت اثر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 2. Interactive effect of formulation and time on changes in viscosity of cantaloupe dairy dessert drink

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی

نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفرای، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفرای؛

حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

پلی فنولی که دارای دو بخش فنولی باشند، فلاونوئیدها را تشکیل می‌دهند. از مهم‌ترین خصوصاتی که به این گروه نسبت داده می‌شود، خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده که به آن‌ها امکان از دست دادن هیدروژن و به دام انداختن رادیکال آزاد را می-

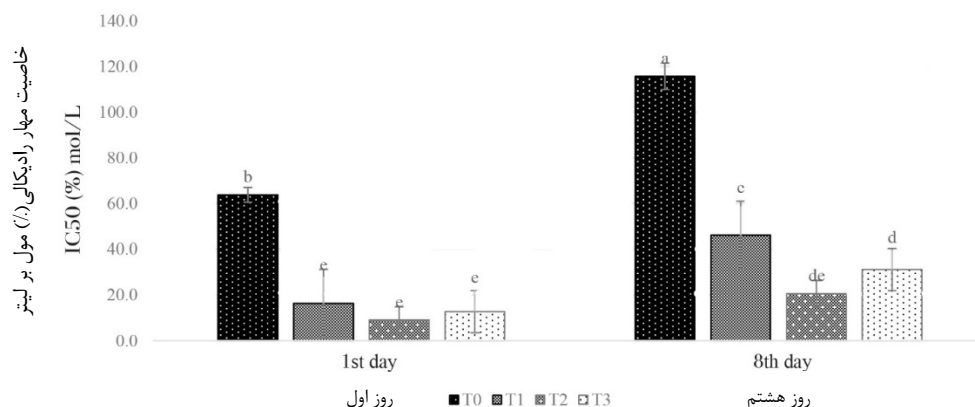
**فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** فعالیت آنتی‌اکسیدانی را می‌توان عمدتاً به حضور ترکیبات فنولی در آن نسبت داد. ترکیبات فنولی شامل فنول‌های ساده، با یک حلقه آروماتیک که حداقل دارای یک گروه هیدروکسی روی آن است و ترکیبات پلی‌فنولی می‌باشند. ترکیبات

کاهش قابل توجهی در رشد قارچ‌های موکور مشاهده شده است که علت آن را حضور ترکیبات فنلیک بالا در عصاره مورینگا *اولیفر* بیان داشته است (۴۷). لالاز و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز فعالیت ضد میکروبی دانه‌های مورینگا در برابر *کاندیدا آلبیکنس*<sup>۲</sup> و *کاندیدا گلابراتا*<sup>۳</sup> را بررسی کردند و بیان داشتند که *کاندیدا گلابراتا* با حداقل غلظت بازدارندگی برابر با ۳/۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کمترین مقاومت و *کاندیدا آلبیکنس* با حداقل غلظت بازدارندگی برابر با ۵/۷۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بیشترین مقاومت را داشته است (۴۸). زرین و همکاران (۱۳۹۳) اثرات ریز جلپیک *اسپیروولینا پلاتنسیس* و صمغ زرد در ماست پروبیوتیک را بررسی کردند. نتایج نشان داده است که بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های ماست را نمونه‌های حاوی ۰/۵٪ *اسپیروولینا پلاتنسیس* در روز اول آزمون داشته است (۲۳). در شکل ۳ بیان شد که بیشترین و کمترین میزان IC50 را به ترتیب نمونه‌های شاهد در روز هشتم و نمونه‌های دسر حاوی مورینگا *اولیفر* ۲٪ در روز اول آزمون داشتند. رومای و همکاران در سال ۱۹۹۸ بیان داشته است که *Candida albicans* (رنگدانه‌های غالب در *اسپیروولینا پلاتنسیس*) دارای خواص مهار انواع رادیکال‌های آزاد مضر مانند آلکوکسی، هیدروکسی و پراکسید هستند و با گذر زمان خاصیت مهار در آن‌ها کاهش می‌یابد (۴۹).

دهد (۴۰). علاوه بر این پلی فنول‌ها فعالیت‌های بیولوژیکی متفاوتی از جمله: فعالیت ضد قارچی، ضد باکتریایی، ضد ویروسی، ضد التهاب، ضد آلرژی و گشادکننده عروق گزارش شده است. امروزه از روش‌های مهار آنزیمی یا مهار رادیکال‌های آزاد برای تخمین خواص آنتی‌اکسیدانی در محلول‌های زیستی استفاده می‌شود. استفاده از محلول‌های ۱ و ۱-دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازیل از رایج‌ترین روش‌های ارزیابی محتوای آنتی‌اکسیدانی است که به علت سهولت و تطابق بالا کاربرد روزافزونی یافته است (۴۱) رادیکال DPPH یک رادیکال پایدار با اتم نیتروژن مرکزی است که به طور گسترده در تخمین توانایی به دام انداختن رادیکال‌های آزاد توسط آنتی‌اکسیدان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴۲). این ترکیب به اندازه کافی حساس است که بتواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی را تخمین بزند و در مقایسه با سایر روش‌های مورد استفاده موثرتر است. محلول‌های الکلیک رادیکال‌های DPPH خاصیت ماکسیمم جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر را دارد. آنتی‌اکسیدان‌ها الکترون یا مولکول هیدروژن را به رادیکال DPPH انتقال می‌دهند و در نتیجه DPPH-H غیر رادیکالی تولید می‌شود (۴۳). ترکیبات فلاونوئیدی و گلوکوزینولات و محصولات حاصل از تجزیه آن از قبیل ایزوتیوسیانات از متابولیت‌های مشخصه‌ی گونه مورینگا *اولیفر* هستند (۴۴، ۴۵). فعالیت ضد میکروبی گیاه مورینگا *اولیفر* در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است، به گونه‌ای که آیاری و همکاران (۲۰۱۴) نیز استفاده از عصاره دانه مورینگا با IC50 ۰/۱ میلی‌مولار را در غیرفعال کردن رشد تریپانوزوما رودزینس<sup>۱</sup> موثر دانسته است (۴۶). و همچنین دونلی و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان داشتند که با افزایش غلظت عصاره آبی دانه مورینگا *اولیفر*،

2. *Candida albicans*  
3. *Candida glabrata*

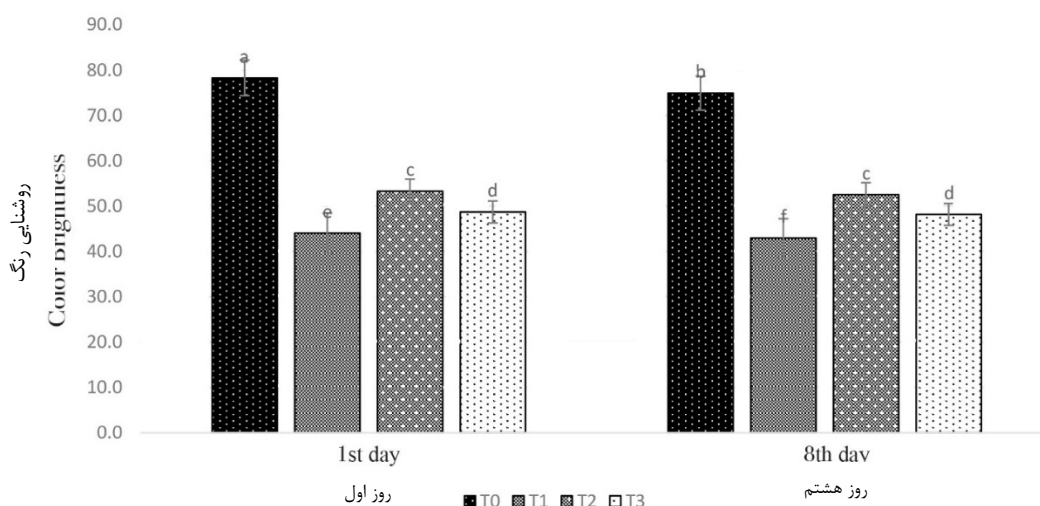
1. *T. brucei rhodesiense*



شکل ۳- بررسی تغییرات فعالیت انتی‌اکسیدانی (IC50) نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت تاثیر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان  
Figure 3. Interactive effect of formulation and time on changes in antioxidant activity (IC50) of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفر، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P < 0.05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P < 0/05).



شکل ۴- بررسی تغییرات روشنایی رنگ نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت اثر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 4. Interactive effect of formulation and time on changes in brightness of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفر، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P < 0.05).

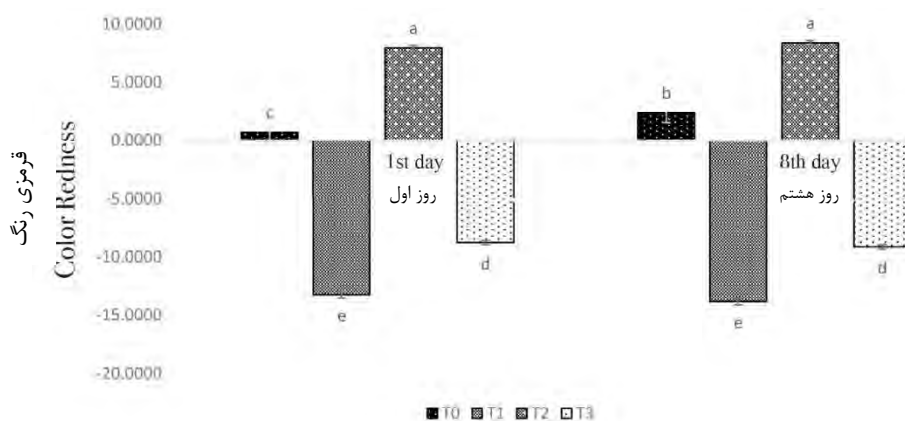
T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P < 0/05).

در روز اول آزمون بود و کمترین مقدار روشنایی را  
نمونه‌های دسر حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ در روز

تغییرات روشنایی رنگ (L\*): با توجه به شکل ۴  
بیشترین میزان روشنایی رنگ مربوط به نمونه شاهد



روز هشتم و اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ در روز هشتم بود. مقادیر پارامتر رنگی  $a^*$  نامحدود است. مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی رنگ سبز هستند. خزایی و همکاران در سال ۱۳۹۲ بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی فعالیت آب، بافت، پارامترهای رنگی و پذیرش کلی پاستیل میوه‌ای بر پایه پوره کیوی را بررسی کردند. در این تحقیق نشان داده شد که اسپیرولینا پلاتنسیس بر پارامترهای رنگی پاستیل کیوی تاثیر معنی‌دار داشته است که مشابه نتایج این پژوهش بود (۵۱).



شکل ۵- بررسی تغییرات قرمزی رنگ نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت اثر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 5. Interactive effect of formulation and time on changes in color redness of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P < 0/05).

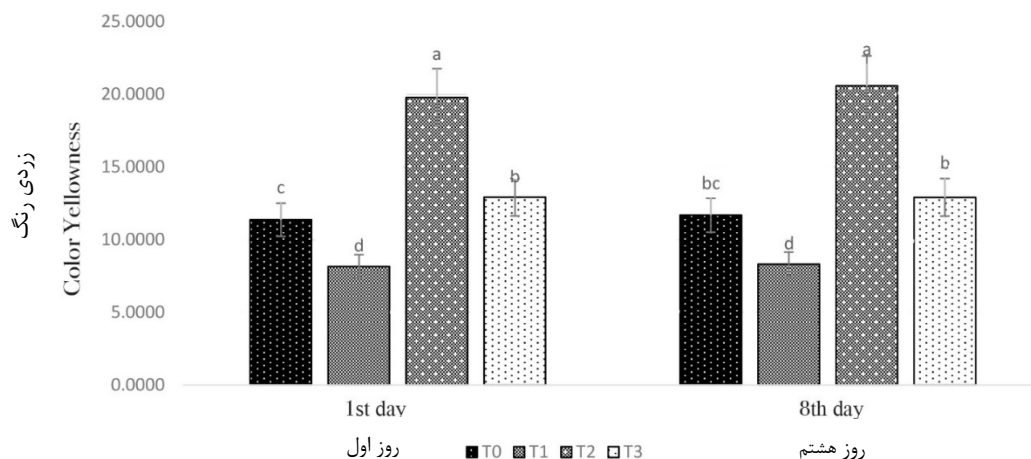
T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P < 0/05)

کمترین میزان زردی را نمونه‌های اسپیرولینا پلاتنسیس داشتند.

هشتم داشتند. پارامتر رنگی  $L^*$  معادل روشنایی، بین صفر (مشکی) تا ۱۰۰ (انعکاس کامل نور) می‌باشد رنگ در مواد غذایی از رنگ‌های طبیعی موجود در ماده خام و یا ترکیبات رنگی تولید شده در حین فرایند حاصل می‌شود. فرادیک و همکاران در سال ۲۰۱۰ نیز نشان دادند که استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس منجر به کاهش پارامتر زردی در نمونه‌های اسپاگتی شده است (۵۰).

تغییرات قرمزی رنگ ( $a^*$ ): با استناد به شکل ۵ مشخص شد بیشترین و کمترین میزان قرمزی رنگ به ترتیب مربوط به نمونه‌های مورینگا اولیفر ۲٪ در

تغییرات زردی رنگ ( $b^*$ ): با توجه به شکل ۶ بیشترین میزان زردی رنگ نمونه‌ها مربوط به نمونه‌های مورینگا اولیفر ۲٪ در روز هشتم بود و

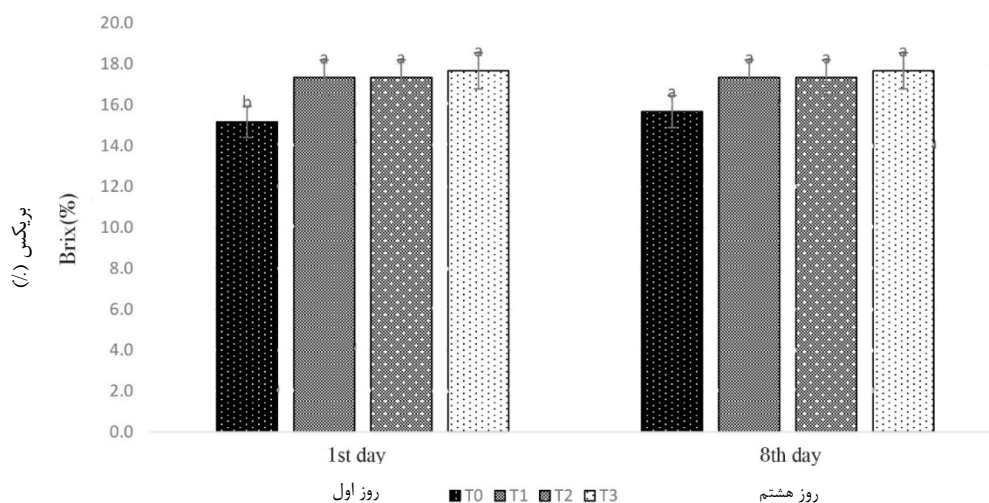


شکل ۶- بررسی تغییرات زردی رنگ نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت اثر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 6. Interactive effect of formulation and time on changes in color yellowness of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).



شکل ۷- بررسی تغییرات بریکس نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت اثر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 7. Interactive effect of formulation and time on changes in brix of cantaloupe dairy dessert drink

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

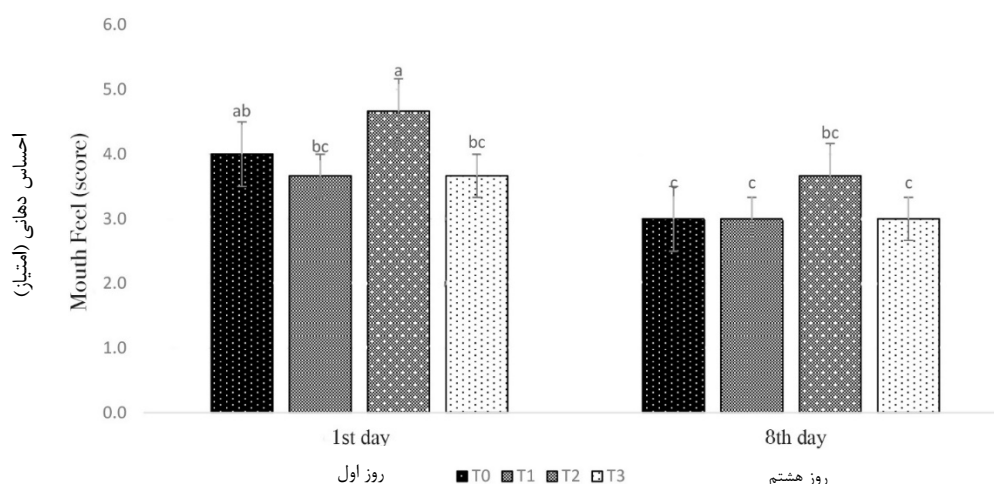
اسپیرولینا پلاتنسیس و مورینگا اولیفر در روز هشتم داشت و کمترین میزان بریکس مربوط به نمونه شاهد

تغییرات بریکس: در شکل ۷ بیان شد که بیشترین میزان بریکس را نمونه دسر لبنی حاوی مخلوط

اولیفرای ۲٪ در روز اول آزمون داشت که با نمونه شاهد در روز اول اختلاف آماری معنی‌دار را نداشت ( $P > 0/05$ ) اما با سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ داشت. تفاوت بین نمونه‌های اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ و مخلوط اسپیرولینا پلاتنسیس و مورینگا اولیفرای در روزهای مختلف آزمون معنی‌دار نبود.

در روز اول آزمون بود. نمونه‌های تیمار شده با مورینگا اولیفرای و اسپیرولینا پلاتنسیس بیشترین میزان مواد جامد محلول را داشتند که می‌توان بیان داشت استفاده از ترکیبات مورینگا اولیفرای و اسپیرولینا پلاتنسیس به دلیل ترکیبات موجود در خود موجب افزایش این پارامتر شدند.

بررسی خواص حسی - احساس دهانی: در شکل ۸ بیان شد، بیشترین امتیاز را نمونه دسر حاوی مورینگا



شکل ۸- بررسی تغییرات امتیاز احساس دهانی نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت تاثیر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

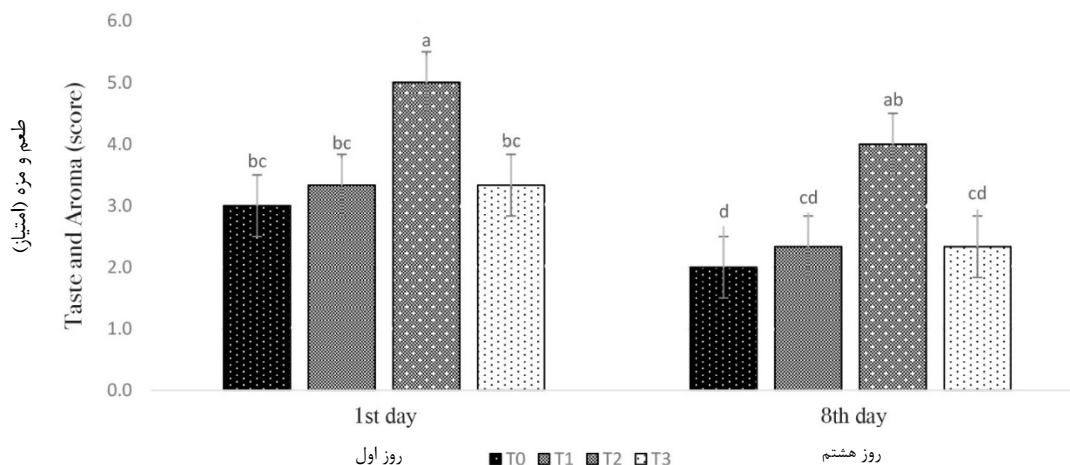
Figure 8. Interactive effect of formulation and time on changes in mouthfeel scores of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفرای، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفرای؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد ( $P < 0/05$ ).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences ( $P < 0/05$ ).

پوشاندن طعم اسپیرولینا پلاتنسیس پیشنهاد کرده‌اند (۵۲). آنها با استفاده از ۹ ارزیاب حسی آموزش دیده، معیار حسی را در ماست‌های پروبیوتیک غنی‌شده با کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا پلاتنسیس سنجیده و نهایتاً کمترین امتیاز حسی را در کاربرد ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس گزارش نمودند (۵۲).

بررسی خواص حسی - طعم و مزه: با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۹ بیشترین امتیاز طعم و مزه مربوط به نمونه مورینگا اولیفرای در روز اول آزمون بود که با همین تیمار در روز هشتم تفاوت آماری نداشت ( $P > 0/05$ ) و نمونه شاهد در روز هشتم کمترین امتیاز را داشت. بهشتی‌پور و همکاران در سال ۲۰۱۳، افزودن پوره‌های میوه و الیگو ساکاریدها را برای



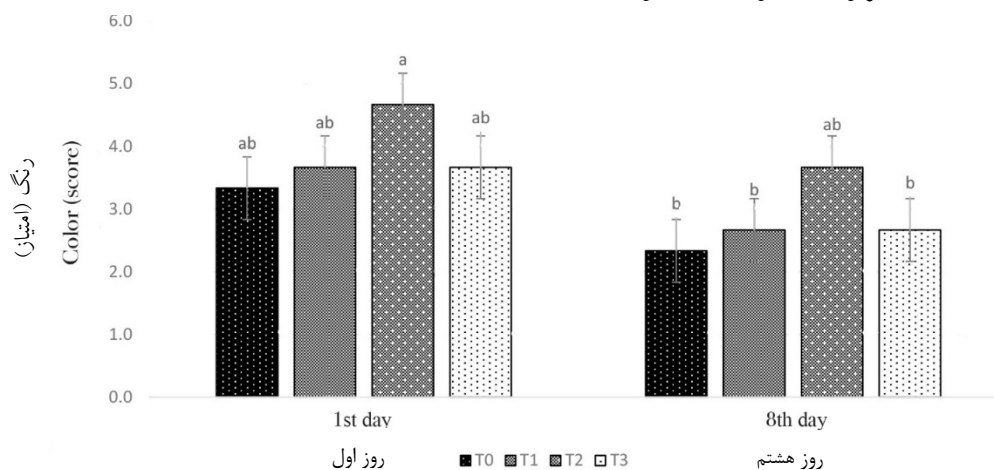
شکل ۹- بررسی تغییرات امتیاز طعم و مزه نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت تاثیر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان  
Figure 9. Interactive effect of formulation and time on changes in taste and aroma scores of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفرا؛  
T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفرا؛  
حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

اولیفرا ۲٪ در روز اول و شاهد در روز هشتم بود.

بررسی خواص حسی - رنگ: در شکل ۱۰ بیشترین و کمترین امتیاز رنگ مربوط به نمونه‌های مورینگا



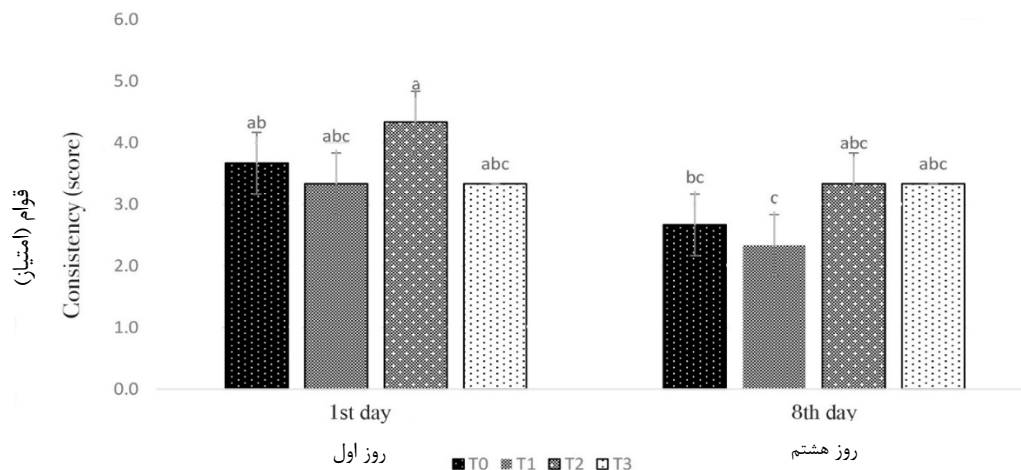
شکل ۱۰- بررسی تغییرات امتیاز رنگ نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت تاثیر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان  
Figure 9. Interactive effect of formulation and time on changes in color scores of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفرا؛  
T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفرا؛  
حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

ویسکوزیته این نمونه نیز قابل توجه است. کمترین امتیاز را نمونه‌های حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ در روز هشتم داشتند.

بررسی خواص حسی - قوام: در شکل ۱۱ نشان بیان شد که بیشترین امتیاز قوام مربوط به نمونه مورینگا اولیفر ۲٪ در روز اول بود که با توجه به بالا بودن

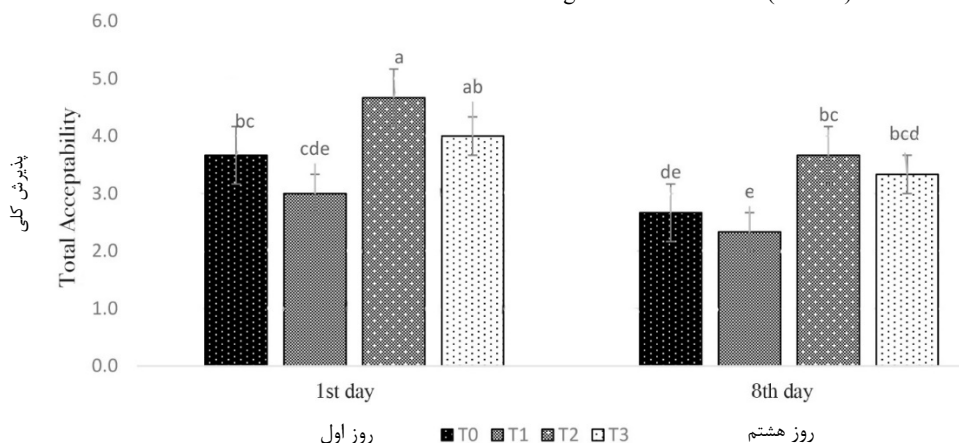


شکل ۱۱- بررسی تغییرات امتیاز قوام نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت تاثیر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

Figure 11. Interactive effect of formulation and time on changes in consistency scores of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفر، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).



شکل ۱۲- بررسی تغییرات امتیاز پذیرش کل نمونه‌های دسر لبنی نوشیدنی طالبی تحت تاثیر متقابل فرمولاسیون و مدت زمان

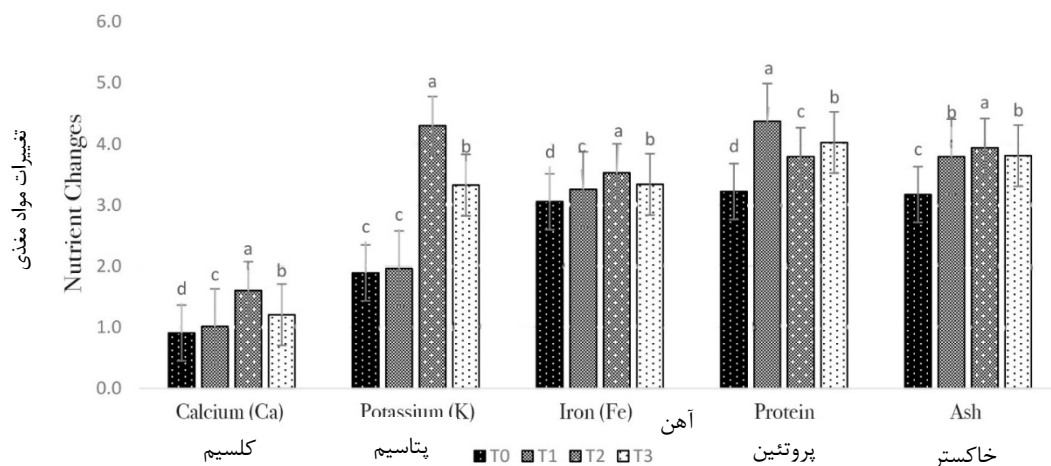
Figure 12. Interactive effect of formulation and time on changes in total acceptance scores of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفر، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

در روز اول بود و کمترین امتیاز را نمونه حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ داشتند.

بررسی خواص حسی - پذیرش کل: مطابق با نتایج شکل ۱۲ بیشترین امتیاز کسب شده پذیرش کل مربوط به نمونه دسر لبنی حاوی مورینگا اولیفر ۲٪



شکل ۱۳- بررسی تغییرات مواد معدنی (کلسیم، پتاسیم، آهن)، پروتئین و خاکستر نمونه‌های دسر تحت اثر فرمولاسیون

Figure 13. Interactive effect of formulation and time on changes in nutrients of cantaloupe dairy dessert drink samples

T<sub>0</sub>: نمونه شاهد دسر لبنی نوشیدنی طالبی، T<sub>1</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی طالبی حاوی ۲ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس، T<sub>2</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۲ درصد مورینگا اولیفر، T<sub>3</sub>: نمونه دسر لبنی نوشیدنی حاوی ۱ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد مورینگا اولیفر؛ حروف متفاوت در ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تیمارها می‌باشد (P<0/05).

T<sub>0</sub>: without *Spirulina Platensis* and *Moringa Oleifera*, T<sub>1</sub>: contains 2% *Spirulina Platensis*, T<sub>2</sub>: contains 2% *Moringa Oleifera*, T<sub>3</sub>: contains 1% *Spirulina Platensis* and 1% *Moringa Oleifera*  
Different letters in the columns indicate significant differences (P<0/05).

کربوهیدرات، ۷ تا ۱۰٪ خاکستر، ۸ تا ۱۰٪ فیبر، ۱ تا ۵ کلروفیل a و ۱٪ انواع ویتامین‌هاست (۵۴). برگ‌های درخت مورینگا اولیفر بسیار سالم هستند، زیرا آن‌ها حاوی تمامی نه اسید آمینه ضروری می‌باشند که معمولاً تنها محصولات حیوانی حاوی تمامی این مواد مغذی ضروری است. برگ‌ها حاوی مقدار قابل توجهی بتاکاروتن، ویتامین C، پروتئین، آهن و پتاسیم است. برگ‌های درخت مورینگا اولیفر حاوی ویتامین C بیشتر از پرتقال، ویتامین A بیشتر از هویج، کلسیم بیشتر از شیر، پتاسیم بیشتر از موز، آهن بیشتر از اسفناج و از لحاظ کیفی حاوی پروتئینی برابر با شیر و تخم مرغ می‌باشد. علاوه بر این برگ‌های مورینگا اولیفر منابع غنی از فیبرهای رژیمی، نشاسته، بتاکاروتن، مواد معدنی (روی، منیزیم و سلنیوم)، ید،

بررسی تغییرات مواد معدنی، پروتئین و خاکستر: همانطور که در شکل ۱۳ ملاحظه می‌شود که بیشترین میزان عناصر معدنی کلسیم، پتاسیم و آهن مربوط به نمونه دسر لبنی حاوی مورینگا اولیفر ۲٪ بود و کمترین میزان عناصر معدنی را نمونه شاهد داشت. بیشترین و کمترین مقدار پروتئین را به ترتیب نمونه‌های اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ و شاهد داشتند. بیشترین میزان محتوای خاکستر مربوط به نمونه مورینگا اولیفر ۲٪ بود. با توجه به وجود فیبر، پروتئین و مواد معدنی زیاد در جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، افزایش میزان ماده خشک در اثر افزایش سطوح اسپیرولینا پلاتنسیس به این امر مربوط بود (۵۳). ماده خشک اسپیرولینا پلاتنسیس شامل ۳ تا ۷٪ رطوبت، ۵۵ تا ۶۰٪ پروتئین، ۶ تا ۸٪ چربی، ۱۲ تا ۲۰٪

دلایل کاهش IC50 بود. در ارزیابی رنگ نمونه‌های دسر مشخص شد که کمترین میزان پارامتر روشنایی، قرمزی و زردی نمونه‌های دسر را نمونه‌های غنی شده با اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ به ترتیب با مقادیر ۴۳/۴۸، ۳۵/۱۳- و ۸/۲۴ داشته است که ماهیت سبز رنگ اسپیرولینا پلاتنسیس، دلیل این تغییرات گزارش شد. تمام نمونه‌های دسر که حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ و مورینگا اولیفرا ۲٪ و همچنین نمونه‌های مخلوط اسپیرولینا پلاتنسیس ۱٪ و مورینگا اولیفرا ۱٪ بیشترین میزان بریکس را داشته‌اند، نمونه‌های حاوی مورینگا اولیفرا ۲٪ بیشترین مقادیر کلریم (۱/۶ میلی‌گرم بر گرم)، پتاسیم (۴/۳ میلی‌گرم بر گرم) و آهن (۳/۵ میلی‌گرم بر گرم) را داشته است و بیشترین مقدار خاکستر نیز مربوط به نمونه مورینگا اولیفرا ۲٪ برابر با ۳/۹ درصد بوده است. غنی‌بودن مورینگا اولیفرا در این فاکتورها دلیل عمده‌ای بر بالا بودن میزان مقادیر عناصر معدنی، پروتئین و خاکستر دسر لبنی نوشیدنی فرموله شده با این ترکیب است. در بررسی خواص حسی نیز مشخص شد که بالاترین امتیاز کسب شده خواص احساس دهانی، ظاهر، رنگ، طعم و مزه، قوام و پذیرش کل مربوط به نمونه دسر حاوی مورینگا اولیفرا ۲٪ بوده است (خوب به بالا). در کل نتایج نشان داد که بهترین نمونه دسر تولیدی از نظر ارزش غذایی و خواص حسی و همچنین خواص فیزیکوشیمیایی نمونه دسر حاوی مورینگا اولیفرا ۲٪ بوده است که می‌توان با توجه به موجود بودن گیاه مورینگا اولیفرا در ایران، در فرمولاسیون مواد غذایی متفاوت قرار گیرد.

لوتئین، زئانتین و غیره می‌باشند. ۱۰۰ گرم از برگ درخت مورینگا اولیفرا حاوی ۳/۸ گرم پروتئین، ۴۳۴ میلی‌گرم کلریم، ۴۰۴ میلی‌گرم پتاسیم، ۷۳۸ میکروگرم ویتامین A و ۱۶۴ میلی‌گرم ویتامین C می‌باشد (۸). که از مهم‌ترین دلایل تغییر در مقادیر خاکستر، عناصر معدنی و پروتئینی نمونه‌های آزمون بود.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که نمونه‌های دسر لبنی حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس ۲٪ بیشترین مقدار pH را با مقدار ۷/۰۹ دارا بود. با افزایش مدت زمان نگهداری از pH نمونه‌ها کاسته و اسیدیته آن افزایش یافته است، دلایل این تغییرات به ماهیت مورینگا اولیفرا و اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت داده شده است. نمونه‌های دسر تولید شده با ۲٪ مورینگا اولیفرا بیشترین میزان ویسکوزیته را با میزان ۱۳۱/۳ سانتی‌پواز نسبت به سایر نمونه‌ها نشان دادند و با افزایش مدت زمان نگهداری نیز میزان ویسکوزیته نمونه‌ها افزایش یافت، حضور ترکیبات نیتروژنی و فیبر بالا از مهمترین دلایل افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها اعلام شده است. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های دسر با آنالیز پارامتر IC50 صورت گرفت. هرچه میزان این پارامتر کمتر باشد، نشان از توانایی بالاتر نمونه در خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد است. نمونه‌های دسر لبنی حاوی مورینگا اولیفرا ۲٪ کمترین مقدار IC50 را داشته است که میزان آن برابر با ۱۴/۸۱ درصد بود، حضور ترکیبات فنولی بالا در گیاه مورینگا اولیفرا از مهم‌ترین

### References

- Ozer, BH., Kirmaci HA. 2010. Functional milk and dairy beverages. International Journal of Dairy Technology. 63:1. 1-15.
- Saxelin, M., Korpela, R., Mäyrä-Mäkinen, A. 2003. Introduction: Classifying Functional Dairy Products. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Pp: 1-16.

3. Hogan, SA., O'Callaghan, DJ. 2010. Influence of milk proteins on the development of lactose-induced stickiness in dairy powders. *International Dairy Journal*. 20: 212-221.
4. Givens, DI., Kliem, KE. 2009. *Functional and Specialty Beverage Technology* in: P Paquin(Ed). Improving the nutritional quality of milk, Washington, CRC Press, Pp: 135-169.
5. Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, DS. 2016. Moringa Oleifera: A Review on Nutritive Importance and its Medicinal Application. *Food Science and Human Wellness Journal*. 1:1. 49-56.
6. Moyo, B., Masika, PJ., Hugo, A., Muchenje, V. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*. 10:60. 12925-12933.
7. Oduro, I., Ellis, WO., Owusu, D. 2008. Nutritional potential of two leafy vegetables: Moringa Oleifera and Ipomoea Batatas leaves. *Scientific research and Essay Journal*. 3: 2. 57-60.
8. Ghebremichael, KA., Gunaratna, KR., Henriksson, H., Brumer, H., Dalhammar, G. 2005. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa Oleifera seed. *Water Research Journal*. 39. 2338-2344.
9. Babakhani, Z., Karami, M., Rezazadeh bari, M. 2019. The use of *Spirulina Platensis* in formulation of functional low-calorie sauce fortified with iron and zinc. *Journal of Food Science and Technology*. 84:145. 125-136. (In Persian)
10. Yi, Z., Fan, Z., Dan, L., Jun, W., Yichao, Z., Bohn, M. 2016. Optimization of formulation and processing of Moringa Oleifera and Spirulina complex tablets. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 24:1. 122-126.
11. Puyfoulhoux, G., Rouanet, JM., Besançon, P., Baroux, B., Baccou, JC., Caporiccio, B. 2001. Iron availability from iron-fortified *Spirulina* by an invitro digestion/Caco-2 cell culture model. *Agricultural and Food Chemistry Journal*. 49: 3. 1625-1629.
12. Mohan, A., Misra, N., Srivastav, D., Umpathy, D., Kumar, S. 2014. *Spirulina*- The nature's wonder: A Review. *Scholars Journal of Applied Medical Sciences*. 2: 4. 1334-1339.
13. Kim, Y., Faqih, MN., Wang, SS. 2001. Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrate Polymers Journal*. 46: 2. 135-145.
14. Teimouri, S., Abbasi, S., Scanlon, MG. 2017. Stabilization mechanism of various inulin and hydrocolloids: Milk-sour cherry juice mixture. *International Journal of Dairy Technology*. 70: 1-8.
15. Damanafshan, P., Salehifar, M., Ghiassi Tarzi, B., Bakhoda, H. 2014. Effect of inulin on the qualitative characteristics of cake. *Journal of Food Science and Technology*. 46: 12. 41-48. (In Persian)
16. Mohamadi Alasti, F., Fadaei Noghani, V., Khosravi Darani, k. 2014. Influence of different concentrations of *Spirulina Platensis* on some physicochemical and sensory properties of probiotic spinach yoghurt. *Food Industries Research Journal*. 26: 2:127-143. (In Persian)
17. Wulansari, PD., Nurliyani Endah, SRN., Nofriyaldi, A., Harmayani, E. 2022. Microbiological, chemical, fatty acid and antioxidant characteristics of goat milk kefir enriched with *Moringa Oleifera* leaf powder during storage. *Journal of Food Science and Technology*: 42: 1-10.
18. Keshtkaran, M., Mohammadifar, MA., Asadi GH., Azizi Nejad, R., Balaghi, S. 2013. Effect of gum tragacanth on rheological and physical properties of a flavored milk drink made with date syrup. *Dairy Science Journal*. 96: 4794-4803.
19. Sahia, H., Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocolloids Journal*. 18: 1015-1022.
20. Yam, KL., Papadakis, SE. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surface. *Food Engineering Journal*. 61: 137-142.
21. National standard of Iran; Milk and milk products- Determination of titrable acidity and value pH-Test method, No.2852.
22. Azarkia, F., Abbasi, S. 2010. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids Journal*. 24: 4. 358-363.



23. Abbasi, S., Mohammadi, S. 2013. Stabilization of milk-orange juice mixture using Persian gum: Efficiency and mechanism. Food Bioscience Journal. 2: 53-60.
24. Brand-Williams, W., Culivier, ME., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology Journal. 28: 25-30.
25. National standard of Iran; Determination of total nitrogen in milk (Kjeldahl method), No.639.
26. Bird, EW., Weber, J, Cox, CP., Chen, TC. 1961. Determination of Calcium and Magnesium in milk by E.D.T.A titration. Elsevier Journal. 1036-1046.
27. Noel, L., Carl, M., Vastel, C., Guerin, T. 2008. Determination of sodium, potassium, calcium and magnesium content in milk products by flame atomic absorption spectrometry (FAAS): A joint ISO/IDF collaborative study. International Dairy Journal. 18. 899-904.
28. International Standard milk and milk products determination of iron content spectrometric method (Reference Method), ISO 6732: 2010|IDF103: 2010.
29. Fox, PF., Guinee, TP., Cogan, TM., McSweeney, PLH. 2000. Fundamentals of cheese science. New York, Aspen publication, Pp: 100-102.
30. National standard of Iran; Milk and milk Products-Milk-based Desserts-Specification and Test method, No.14681.
31. Varga, L., Molnar, N., Szigeti, J. 2012. Manufacturing technology for a *Spirulina* enriched mesophilic fermented milk. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint Journal. 101. 1707-1713
32. Boikhutso, JM. 2012. Microbiological, physico-chemical and sensory quality aspects of dairy desserts manufactured from cottage cheese. University of Pretoria, South Africa.
33. Mianisaryazdi, S., A'lami, M., Aminifar, M., Ghafarpour, M., Dastmalchi, F., Maghsoudlou, Y., Mohammadi, M. 2016. Investigation of physicochemical, textural and sensory characteristics of a beneficial dairy dessert with uncoated barley malt. Iran Biosystem Engineering Journal. 47:3. 501-509. (In Persian)
34. Ghiasi, F., Majzoubi, M., Farahnaki, A. 2014. Production of functional dairy dessert containing wheat germ and investigation of its physicochemical and sensory properties. 1st National Conference of Snacks. (In Persian)
35. Pontual, EV., Carvalho, BEA., Bezzera, RS., Coelho, LCBB., Napoleao, TH., Paiva, PMG. 2012. Caseinolytic and milk-clotting activities from *Moringa Oleifera* flowers. Food Chemistry Journal. 135. 1848-1854.
36. Rasouli, F., Berenji, S., Shahablavasani, A. 2017. Optimization of traditional Iranian ice cream containing *Spirulina* microalgae using Response Surface Methodology (RSM). Food Technology and Nutrition Journal. 14:3. 15-28. (In Persian)
37. Oyeyinka, AT., Oyeyinka, SA. 2016. *Moringa Oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. Saudi Society of Agricultural Sciences Journal. 1-10.
38. Mehrabi, Z., Goli, M. 2018. Production of Dairy Dessert Based on Formulation of Date Syrup, Corn Starch and Gelatin Using Response Surface Methodology (RSM). Nutrition Sciences & Food Technology Journal. 13:3: 115-125. (In Persian)
39. Milani, E., Baghaei, H., Mortazavi, SA. 2011. Evaluation of Dates Syrup and Guar Gum Addition on Physicochemical, Viscosity & Textural Properties of Low Fat Orange Yog-Ice Cream. Food Science and Technology Research Journal. 7:2. 115-120.
40. Falleh, H., Jalleli, I., Ksouri, R., Boulaaba, M., Guyot, S., Magné, C., Abdelly, C. 2012. Effect of salt treatment on phenolic compounds and antioxidant activity of two Mesembryanthemum edule provenances. Plant Physiology and Biochemistry Journal. 52. 1-8.
41. Mishra, SL., Sinhamahapatra, PK., Nayak, A., Das, R., Sannigrahi, S. 2010. In vitro antioxidant potential of different parts of *Oroxylum indicum*: a comparative study. Pharmaceutical Sciences Journal. 72:2. 267-269.
42. Sánchez-Moreno, C. 2002. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. Food Science and Technology International Journal. 8:3. 121-137.

43. Wang, S., Melnyk, JP., Tsao, R., Marcone, MF. 2011. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. *Food Research International Journal*. 44:1. 14-22.
44. Furst, P. 1996. Antioxidative power of non-nutritive substances in foodstuffs: *Ernahrung*. 19. 457- 460.
45. Bennett, RN., Mellon, FA., Foidl, N., Pratt, JH., Dupont, MS., Perkins, L., Kroon, PA. 2003. Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51. 3546–3553.
46. Ayyari, M., Salehi, P., Nejad Ebrahimi, S., Zimmermann, S., Portmann, L., Luise Krauth-Siegel, R., Kaiser, M., Brun, R., Rezadost, H., Rezazadeh, S., Hamburger, M. 2014. Antitrypanosomal isothiocyanate and thiocarbamate glycosides from *Moringa peregrina*. *Planta Med Journal*. 80. 86-89.
47. Donli, P., Dauda, H. 2003. Evaluation of aqueous *Moringa* seed extract as a seed treatment biofungicide for groundnuts; *Pest Management Science Journal*. 59.1060-1062.
48. Lalas, S., Gortzi, O., Athanasiadis, S., Tsaknis, J., Chinou, L. 2012. Determination of Antimicrobial Activity and Resistance to Oxidation of *Moringa peregrina* Seed Oils. *Molecules Journal*. 17. 2330-2334.
49. Romay, CH., Armesto, J., Ramirez, D., Gonzalez, R., Ledon, N., Garcia, I. 1998. Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycoerythrin from blue-green algae; *Inflammation research Journal*. 47:1. 36-41.
50. Fradique, M., Batista, AP., Nunes, MC., Gouveia, L., Bandarra, NM., Raymundo, A. 2010. *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass incorporation in pasta products. *Science of Food and Agriculture Journal*. 90: 1656-1664.
51. Khazaiypool, E., Shahidi, F., Mortazavi, SA., Mohebbi, M. 2015. The effect of different levels of *Spirulina Platensis* micro- algae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. *Journal of Food Science and Technology*. 48:12. 47-59. (In Persian)
52. Beheshtipour, H., Mortazavian, AM., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S., Khosravi- Darani, K. 2013. Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety J*. 12. 144-154.
53. Belay, A. 2002. The potential application of *Spirulina (Arthrospira)* as a nutritional and therapeutic supplement in health management. *Journal of the American Nutraceutical Association*. 5. 26-48.
54. Varga, L., Szigeti, J., Kovacs, R., Foldes, T., Buti, S. 2002. Influence of *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage. *Journal of Dairy Science*. 85:5. 1031-1038.

## Feasibility of Using Sodium Alginate Gel to Increase the Shelf Life of Top Strudel

Majid Nooshkam<sup>1,2\*</sup>, Alireza Rahmanian<sup>1</sup>, Seyed Ali Khoshbakht<sup>1</sup>,  
Sara Hosseinpour<sup>1</sup>, Ozra Velayati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ghods Razavi Bread Company, Mashhad, Iran.

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email: nooshkamma@gmail.com

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 2023-03-09  
Revised: 2023-05-05  
Accepted: 2023-06-13

**Keywords:**  
Staleness  
Polysaccharide gel  
Storage time  
Texture  
Strudel

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** The staleness of baking products is considered one of the most important causes of waste of these products. It indicates a change in the taste, flavor, appearance, and texture of products and finally reduces their consumer acceptance. The Strudel is one of the well-known fermented sweet layered products in Iran. In this product, after incubating and baking the layered dough, chocolate or oil-based filling is injected into the middle of the bread by a pump, and the final product is packaged. However, this product is prone to staleness and texture hardening during the storage period; therefore, the methods that preserve the product during the storage period are able to increase the storage time of the product and its marketability. Normally, hydrocolloids are widely used as additives to modify the rheological and textural properties of baking products. The high water-holding capacity of hydrocolloids enables them to prevent the staleness of baked products during long-term storage periods.

**Materials and Methods:** The production steps of the fermented layered product were carried out according to the method of Sheikholeslami et al. (2018) with the necessary changes. The moisture content, water activity, specific volume, hardness, color, microbial load, and sensory properties of the Top Strudel were determined during storage time (32 °C for 30 days). The experiments were performed according to a completely randomized design in factorial arrangement. Minitab 16 software was used to analyze the data, and the differences between means were determined by Tukey test at  $p < 0.05$ .

**Results:** Although increasing the storage time caused a significant decrease in moisture and water activity of the samples, the samples containing alginate gel had more moisture and water activity than the control sample. The specific volume of the samples containing 1.25% and 2.5% of gel was 9.45% and 18.51% higher than the sample without gel (control). The hardness of the sample containing 1.25% gel was significantly lower than other samples. In general, the hardness of the samples based on 1.25% and 2.5% of gel was 30.21% and 8.58% lower than the control sample, respectively. The

---

---

use of gel in the Top Strudel formulation decreased the brightness index ( $L^*$ ) and increased the redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) of the final product. The microbial results showed that the microbial load of the samples was within the standard range. According to the results of the sensory evaluation, the sample containing 1.25% of gel received the highest scores for color and appearance, aroma, taste, and overall acceptance.

**Conclusion:** Based on the results obtained in this research, the samples containing gel had higher moisture content, water activity, specific volume, texture softness, and sensory scores than the control sample. In general, the best level of sodium alginate gel consumption for use in Top Strudel formulation in order to achieve the lowest level of hardness and the highest overall acceptance score is 1.25% gel.

---

**Cite this article:** Majid Nooshkam, Alireza Rahmanian, Khoshbakht, S.A., Hosseinpour, S., Velayati, O. 2023. Feasibility of Using Sodium Alginate Gel to Increase the Shelf Life of Top Strudel. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (1), 23-42.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21171.1745

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---



### امکان سنجی استفاده از ژل سدیم آلژینات جهت افزایش عمر نگهداری تاپ اشترودل

مجید نوش کام<sup>۱\*</sup>، علیرضا رحمانیان<sup>۱</sup>، سیدعلی خوشبخت<sup>۱</sup>، سارا حسین پور<sup>۱</sup>، عذرا ولایتی<sup>۱</sup>

۱ شرکت نان قدس رضوی، خراسان رضوی، مشهد، ایران

۲ گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، رایانامه: nooshkamma@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b></p> <p>مقاله کامل علمی-پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۸</p> <p>تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۵</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۳</p> <p><b>واژه‌های کلیدی:</b></p> <p>بیاتی</p> <p>ژل پلی ساکاریدی</p> <p>زمان نگهداری</p> <p>بافت</p> <p>اشترودل</p>	<p><b>سابقه و هدف:</b> بیاتی محصولات پخت از مهم‌ترین عوامل ایجاد ضایعات این محصولات در نظر گرفته می‌شود. بیاتی حاکی از تغییر در مزه، طعم، ظاهر و بافت محصولات پخت و در نهایت کاهش پذیرش این محصولات توسط مصرف‌کننده است. اشترودل یکی از فراورده‌های لایه‌ای تخمیری شیرین شناخته شده در ایران می‌باشد که بعد از گرمخانه گذاری و پخت خمیر لایه‌ای، ماده شکلاتی یا پر کننده بر پایه روغن توسط پمپ در وسط نان تزریق و محصول نهایی بسته‌بندی می‌گردد. با این حال، این محصول مستعد بیاتی و سفت شدن بافت طی دوره نگهداری می‌باشد؛ بنابراین، روش‌هایی که سبب حفظ رطوبت محصول طی دوره نگهداری می‌شوند، قادر به افزایش زمان نگهداری محصول و بازار پسنندی آن می‌باشند. هیدروکلوئیدها بطور گسترده‌ای بعنوان افزودنی جهت اصلاح ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی در محصولات پخت استفاده می‌شوند. این ترکیبات دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی بوده و قادر به جلوگیری از بیاتی شدن محصولات پخت طی دوره‌های نگهداری طولانی مدت می‌باشند.</p> <p><b>مواد و روش‌ها:</b> در این پژوهش، اثر ژل آلژینات سدیم در سه سطح ۰، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (رطوبت، فعالیت آبی، بافت، حجم مخصوص و رنگ)، میکروبی (کپک و مخمر، اشرشیا کلی و انتروباکتریاسه) و حسی (رنگ و ظاهر، آروما، مزه، بافت و پذیرش کلی) نمونه تاپ اشترودل طی دوره زمان نگهداری تسریع یافته (۳۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ روز) بررسی گردید. نتایج این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار Minitab مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها در صورت معنی داری با استفاده از آزمون توکی در سطح ۵ درصد انجام شد.</p> <p><b>یافته‌ها:</b> اگرچه افزایش زمان نگهداری سبب کاهش معنی دار رطوبت و فعالیت آبی نمونه‌ها شد، نمونه‌های حاوی ژل آلژینات دارای رطوبت و فعالیت آبی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بودند. حجم مخصوص نمونه‌های حاوی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به ترتیب ۹/۴۵ درصد و ۱۸/۵۱ درصد بالاتر از نمونه فاقد ژل (شاهد) بود. میزان سفتی نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل بطور معنی داری کمتر از سایر نمونه‌ها بود. بطور کلی، سفتی نمونه‌های بر پایه ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به ترتیب به میزان ۳۰/۲۱ و ۸/۵۸ درصد کمتر از نمونه شاهد بود. استفاده از ژل در فرمولاسیون</p>

---

تاپ اشترودل سبب کاهش شاخص روشنایی ( $L^*$ ) و افزایش قرمزی ( $a^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) محصول نهایی گردید. نتایج میکروبی نشان داد که بار میکروبی نمونه‌ها در محدوده استاندارد می‌باشد. مطابق نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل بالاترین امتیازات رنگ و ظاهر، آروما، مزه و پذیرش کلی را به‌خود اختصاص داد.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، نمونه‌های حاوی ژل نسبت به نمونه شاهد دارای رطوبت، فعالیت آب، حجم ویژه، نرمی بافت و نمرات حسی بالاتری بودند. به‌طور کلی بهترین سطح مصرف ژل آلژینات سدیم برای استفاده در فرمولاسیون تاپ اشترودل به‌منظور دستیابی به کمترین سطح سفتی و بالاترین نمره پذیرش کلی ژل ۱/۲۵ درصد است.

---

**استناد:** نوش‌کام، م.، رحمانیان، ع.، خوشبخت، س.ع.، حسین‌پور، س.، ولایتی، ع. (۱۴۰۲). امکان‌سنجی استفاده از ژل سدیم آلژینات جهت افزایش عمر نگهداری تاپ اشترودل. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵ (۱)، ۴۲-۳۳.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21171.1745

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.

### مقدمه

بیاتی محصولات پخت از مهم‌ترین عوامل ایجاد ضایعات این محصولات در نظر گرفته می‌شود. بیاتی حاکی از تغییر در مزه، طعم، ظاهر و بافت محصولات پخت و در نهایت کاهش پذیرش این محصولات توسط مصرف‌کننده است. بطور کلی، تغییرات فیزیکی و شیمیایی که سبب کاهش کیفیت محصولات پخت می‌گردد، بیات شدن نامیده می‌شود (۱). لازم به ذکر است که کریستالیزاسیون مجدد مولکول‌های نشاسته، بویژه آمیلوپکتین‌های کوتاه زنجیر، بعنوان عامل اصلی و کلیدی بیات شدن در محصولات پخت شناخته می‌شود. علاوه بر این، مهاجرت رطوبت از مغز به سطح محصول از دیگر عوامل مهم در ایجاد سفتی و در نتیجه بیاتی این محصولات می‌باشد (۲).

خمیرهای لایه‌ای تخمیری به روشی ساخته می‌شوند که در آن چربی بین لایه‌های خمیر پراکنده می‌شود و در فرآیند غلتاندن و لمینت کردن محصول نهایی با بافت پوسته‌ای به دست می‌آید. اشترودل یکی از این فرآورده‌های شناخته شده در ایران می‌باشد که به بازار عرضه گردیده است. در این محصول، بعد از گرمخانه گذاری و پخت خمیر لایه‌ای، ماده شکلاتی یا پرکننده بر پایه روغن توسط پمپ در وسط نان تزریق و محصول نهایی بسته‌بندی می‌گردد (۳). با این حال، این محصول مستعد بیاتی و سفت شدن بافت طی دوره نگهداری می‌باشد؛ بنابراین، روش‌هایی که سبب حفظ رطوبت محصول طی دوره نگهداری می‌شوند، قادر به افزایش زمان نگهداری محصول و بازار پسندی آن می‌باشند.

بطور معمول، محققان صنعت غذا استفاده از افزودنی‌های مجاز جهت بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و حسی و جلوگیری از بیات شدن و کاهش کمیت و کیفیت محصولات فرپزی یا پخت را توصیه می‌کنند (۴). هیدروکلئیدها بطور گسترده‌ای

بعنوان افزودنی جهت اصلاح ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی دیسپرسیون‌های آبی در صنایع غذایی و بویژه در محصولات پخت استفاده می‌شوند. این ترکیبات دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی بوده و قادر به بهبود پایداری محصولاتی می‌باشند که متحمل مراحل انجماد-رفع انجماد متعددی می‌گردند (۵). ظرفیت نگهداری آب بالای هیدروکلئیدها این ترکیبات را قادر می‌سازد که از بیاتی شدن محصولات پخت طی دوره‌های نگهداری طولانی مدت جلوگیری کنند (۶). علاوه بر این، بعضی از هیدروکلئیدها قادر به افزایش توسعه خمیر و حفظ آب بوده و بنابراین سبب بهبود ویسکوزیته بین مولکولی و به دام انداختن گاز در خمیر می‌گردند (۷ و ۸).

در مطالعه‌ی گودا و همکاران (۲۰۰۴)، هیدروکلئیدهای سدیم آلزینات، زانتان، کاراگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز جهت بهبود کیفیت نان تازه و جلوگیری از بیاتی محصول مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت نان تحت تأثیر هیدروکلئیدها قرار گرفت و غلظت ۰/۱ درصد از این ترکیبات جهت اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و حسی محصول کافی بود. از میان هیدروکلئیدهای مورد مطالعه، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز سبب بهبود شاخص حجم مخصوص و کاهش سفتی مغز نان در کنار ویژگی‌های حسی قابل قبول گردید. تمامی هیدروکلئیدها قادر به جلوگیری از افت رطوبت طی دوره نگهداری و در نتیجه کاهش سرعت دهیدراسیون مغز نان بودند. علاوه بر این، آلزینات و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز اثر ضدبیاتی نشان دادند و سفت شدن مغز نان را به تأخیر انداختند (۵). در مطالعه‌ی دیگر، گزارش شده است که هیدروکلئیدهای آلزینات، صمغ زانتان و لوبیای لوکاست اثر نرم‌کنندگی بر بافت محصول پخت دارند و این حالت به ظرفیت نگهداری آب بالای پلی ساکارید لوبیای لوکاست و

استفاده قرار گرفت. اهداف این پروژه را می‌توان بصورت زیر بیان نمود:

### مواد و روش‌ها

**مواد اولیه:** مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل آرد گندم، مخمر، نمک، شکر و مارگارین بودند و از شرکت نان قدس رضوی (مشهد، ایران) تهیه شدند.

**تولید تاپ اشترودل:** مراحل تولید محصول لایه‌ای تخمیری شیرین مطابق روش شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) با تغییرات موردنیاز انجام گردید (۱۰). خمیر اشترودل دارای ۱۰۰ درصد آرد، ۶۳ درصد آب، ۲ درصد مخمر، ۲ درصد نمک، ۲ درصد شکر و ژل آلژینات (۰، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد) بود. کلیه مواد به‌صورت یکجا در همزن ریخته شدند و خمیر مورد نظر بعد از طی مدت ۱۵ دقیقه آماده گردید. بعد از مرحله خمیرگیری، خمیرها با استفاده از مارگارین و توسط لامیناتور لایه‌لایه شدند. خمیرها سپس وارد اتاق تخمیر شده و فرایند تخمیر به مدت ۵۵ دقیقه در رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد تکمیل گردید. در مرحله بعد، نمونه‌ها وارد اتاق پخت شده و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد فرایند پخت انجام شد. محصول نهایی سپس خنک شده و ۱۲ گرم مغزی شکلاتی در آن تزریق گردید. تاپ اشترودل تولیدی در نهایت بسته‌بندی شده و آزمون‌های زیر در فواصل زمانی مختلف روی آن انجام گردید.

**رطوبت:** رطوبت محصول توسط دستگاه رطوبت‌سنج Kern (Kern، آلمان) اندازه‌گیری گردید. برای این منظور، ابتدا محصول پودر گردید و سپس ۲ گرم از آن در دستگاه قرار داده شد و اندازه‌گیری صورت پذیرفت.

**فعالیت آبی:** از دستگاه LabMaster-aw (Novasina،

قابلیت صمغ زانتان و آلژینات در جلوگیری از برهمکنش‌های گلوتن-نشاسته نسبت داده شده است (۹). شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر عصاره چوبک (غنی از ترکیبات ساپونینی دوگانه دوست) و صمغ ریحان بر بافت و ظاهر اشترودل حاصل از خمیر منجمد را مورد بررسی قرار دادند. افزایش سطح این دو افزودنی طبیعی در فرمولاسیون اولیه سبب افزایش میزان رطوبت و شاخص روشنایی و کاهش شاخص قرمزی نمونه‌ها گردید. سطح ۰/۵ درصد عصاره چوبک و ۰/۳ درصد صمغ ریحان بیشترین اثر را در افزایش حجم مخصوص و تخلخل و کاهش سفتی بافت نشان داد. علاوه بر این، اشترودل حاوی ۰/۵ یا ۱ درصد عصاره چوبک و ۰/۳ درصد صمغ ریحان بیشترین امتیاز حسی پذیرش کلی را به خود اختصاص داد (۱۰).

با این‌حال، تاکنون مطالعه‌ای در مورد اثر ژل آلژینات بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و حسی اشترودل انجام نشده است. سدیم آلژینات پلی‌ساکاریدی طبیعی و خطی با بار منفی، ایمن، غیر سمی، زیست‌سازگار و زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشد که از جلبک قهوه‌ای استخراج می‌گردد. این پلی‌ساکارید بطور گسترده‌ای بعنوان عامل قوام‌دهنده و پایدارکننده در صنایع غذایی استفاده می‌شود. سدیم آلژینات از زنجیره‌های مانورونیک اسید و گلورونیک اسید تشکیل شده است که با پیوندهای گلیکوزیدی ۴→۱ به یکدیگر متصل شده‌اند (۱۱ و ۱۲). گزارش شده است که آلژینات از طریق حفظ آب و جلوگیری از برهمکنش نشاسته-گلوتن قابلیت تولید محصولات پخت با بافت نرم‌تر و بیاتی کمتر را دارا می‌باشد (۹). بنابراین، در این پژوهش، سدیم آلژینات با هدف بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کاهش شدت بیاتی و افزایش عمر انبارمانی محصول تاپ اشترودل مورد



رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را بیان می‌کند و از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است. تصاویر تهیه شده از پوسته تاپ اشترودل در اختیار نرم‌افزار ImageJ (نسخه 1.52) قرار گرفت و شاخص‌های رنگی با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins نرم‌افزار محاسبه شدند (۱۳).

**آزمون میکروبی:** آزمون‌های کپک و مخمر، اشرشیا کلی و انتروباکتریاسه نمونه‌های تاپ اشترودل به ترتیب مطابق استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۹۹۷، ۲۹۴۶ و ۲۴۶۱ انجام گردید (۱۶-۱۴).

**ویژگی‌های حسی:** ارزیابی حسی نمونه‌های تاپ اشترودل بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱) = بسیار بد؛ ۲ = بد؛ ۳ = متوسط؛ ۴ = خوب؛ ۵ = بسیار خوب) در روزهای اول و سی‌ام نگهداری در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد، مطابق روش خسروی دارانی و همکاران (۲۰۱۷) با تغییرات موردنیاز انجام شد. ویژگی‌های ارزیابی شده شامل رنگ و ظاهر، طعم، آروما، بافت و پذیرش کلی بودند. میانگین پاسخ‌های داوران برای هر یک از ویژگی‌ها محاسبه شد (۱۷).

**آنالیز آماری:** نتایج این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با دو فاکتور ژل آلزینات (در ۳ سطح) و زمان نگهداری (در ۴ سطح) با استفاده از نرم‌افزار Minitab (نسخه ۱۶) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها در صورت معنی‌داری با استفاده از آزمون توکی<sup>۱</sup> در سطح ۵ درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

**رطوبت:** نتایج تأثیر افزودن ژل آلزینات بر محتوای رطوبت محصول تاپ اشترودل طی زمان ماندگاری در شرایط تسریع یافته در شکل ۱ گزارش شده است. اثر اصلی زمان نگهداری بر میزان رطوبت محصول

سوئیس) جهت تعیین میزان فعالیت آبی تاپ اشترودل استفاده گردید. دوسوم از حجم سل دستگاه با پودر نمونه پر شد و سپس میزان فعالیت آبی نمونه توسط دستگاه ثبت گردید.

**حجم مخصوص:** از روش جایگزینی حجم با دانه برای اندازه‌گیری حجم و حجم مخصوص تاپ اشترودل استفاده شد (۳). برای این منظور، ابتدا حجم ظرف و خاکشیر را اندازه گرفته، سپس محصول را داخل ظرف گذاشته و خاکشیر اضافه می‌گردد. سپس محصول را خارج کرده و حجم اشغالی توسط دانه‌های خاکشیر اندازه‌گیری می‌شود. اختلاف عدد حاصله بیانگر حجم محصول است. حجم مخصوص محصول مطابق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{Specific volume } \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}}\right) = \frac{V(\text{cm}^3)}{M(\text{g})} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این فرمول، V و M به ترتیب حجم و وزن محصول می‌باشند.

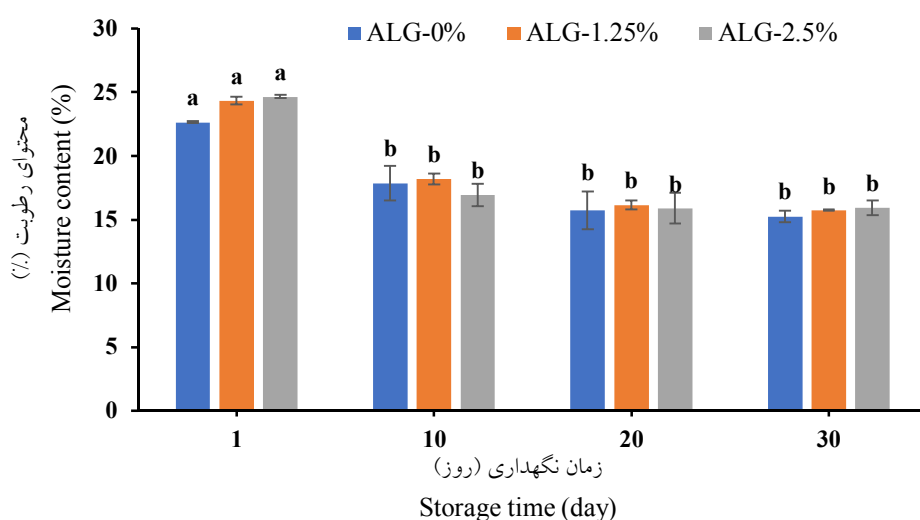
**ارزیابی بافت:** ارزیابی بافت تاپ اشترودل در فواصل زمانی ۱، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز نگهداری و توسط دستگاه بافت سنج (Koopa، ایران) بررسی گردید. نمونه‌ها در ابعاد یکسان برش داده شده و سپس توسط پروب استوانه‌ای به میزان ۴۰ درصد ارتفاع اولیه تحت فشار قرار گرفتند. حداکثر نیروی موردنیاز برای فشردن نمونه توسط پروب با سرعت یک میلی‌متر در ثانیه، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید (۱۰).

**رنگ پوسته:** آنالیز رنگ پوسته تاپ اشترودل از طریق اندازه‌گیری سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  انجام گردید. شاخص  $L^*$  بیانگر میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص رنگی  $a^*$  میزان نزدیک بودن رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص رنگی  $b^*$  میزان نزدیکی

<sup>1</sup> Tukey

اگرچه اثر اصلی افزودن درصدهای مختلف ژل آلژینات بر محتوای رطوبت معنی دار نبود ( $p > 0.05$ )، اما میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی ژل بالاتر از نمونه کنترل بود. محتوای رطوبت در نمونه‌های تاپ اشترودل حاوی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به ترتیب ۳/۹۴ درصد و ۲/۶۴ درصد بیشتر از نمونه کنترل (ALG-0%) بود. این حالت به ظرفیت نگهداری آب بالای پلی‌ساکاریدها نسبت داده می‌شود (۵).

معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ) و افزایش زمان نگهداری از ۱ به ۳۰ روز سبب کاهش پیوسته و معنی‌دار میزان رطوبت گردید. بطوریکه محتوای رطوبت از ۲۳/۸۷ درصد در روز اول نگهداری به ۱۵/۶۳ درصد در روز آخر نگهداری کاهش یافت. به نظر می‌رسد این کاهش رطوبت ناشی از توزیع مجدد آب و مهاجرت آن از مرکز (مغز) محصول به پوسته می‌باشد (۱۸). نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (۱۹ و ۲۰).



شکل ۱ - محتوای رطوبت تاپ اشترودل حاوی درصدهای مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.

Figure 1 - Moisture content of Top Strudel containing different percentages of alginate gel during the storage time.

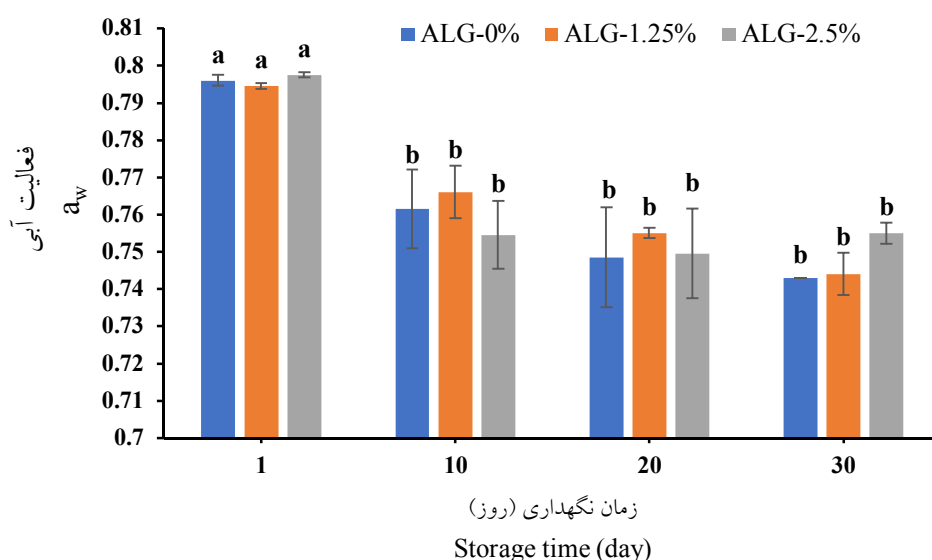
رطوبت گردید. در انتهای دوره نگهداری، میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی ۰، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به ترتیب برابر با ۱۵/۲۴، ۱۵/۷۲ و ۱۵/۹۲ درصد بود. در راستای نتایج این پژوهش، اثر هیدروکلوئیدهای سدیم آلژینات، زانتان، کاراگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر محتوای رطوبت نان بررسی گردید. نتایج نشان داد که نمونه‌های حاوی هیدروکلوئید از دست دادن رطوبت کمتری را طی زمان نشان دادند و این حالت به ظرفیت نگهداری آب بالای پلی‌ساکاریدها نسبت داده شد (۵). ظرفیت

مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۱، میزان رطوبت نمونه‌های حاوی ژل در روز اول نگهداری بالاتر از نمونه کنترل بود (۲۲/۶۴، ۲۴/۳۴ و ۲۴/۶۴ درصد به ترتیب در نمونه‌های کنترل و حاوی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل)؛ اگرچه میزان رطوبت نمونه‌ها در محدوده مقادیر استاندارد بود. مطابق استاندارد ملی ایران مربوط به ویژگی‌های شیمیایی شیرینی‌های آردی تخمیری، بیشینه رطوبت محصول بایستی ۲۷ درصد باشد (۲۱). همان‌طور که از نتایج مشخص است، افزایش زمان نگهداری سبب کاهش معنی‌دار محتوای

بیانگر ۶/۱۶ درصد کاهش فعالیت آبی طی دوره نگهداری می‌باشد. با اینکه فعالیت آبی نمونه‌ها تحت تأثیر درصدهای مختلف ژل قرار نگرفت ( $p > 0.05$ )، اما فعالیت آبی نمونه‌های حاوی ژل بالاتر از نمونه کنترل بود؛ بطوریکه میزان فعالیت آبی برای نمونه‌های کنترل و حاوی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به ترتیب برابر با ۰/۷۶۲، ۰/۷۶۴ و ۰/۷۶۵ مشاهده گردید. همان‌طور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، بیشترین و کمترین فعالیت آبی در روز اول به ترتیب در نمونه‌های حاوی ۲/۵ درصد و ۱/۲۵ درصد ژل (۰/۷۹۸) در برابر (۰/۷۹۵) و در روز ۳۰ام نگهداری به ترتیب در نمونه‌های حاوی ۲/۵ درصد ژل و کنترل (۰/۷۵۵) در برابر (۰/۷۴۳) مشاهده گردید. نتایج این بخش هماهنگ با میزان رطوبت نمونه‌ها می‌باشد (شکل ۱). به‌طور کلی، فرایند نگهداری ممکن است منجر به کاهش فعالیت آبی محصول گردد و این حالت به دلیل از دست دادن آب و کاهش محتوای رطوبت و همچنین برهمکنش آب در واکنش رتروگرادیون در محصول نهایی می‌باشد (۲۴).

نگهداری آب بالای هیدروکلوئیدها این ترکیبات را قادر می‌سازد که از بیاتی شدن محصولات پخت طی دوره‌های نگهداری طولانی مدت جلوگیری نمایند (۶ و ۲۲). نتایج مشابهی توسط شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش شده است. این محققین بیان نمودند که استفاده از صمغ ریحان در فرمولاسیون اشترودل سبب افزایش میزان رطوبت محصول در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود و این اثر را به ویژگی آب‌دوستی صمغ و قابلیت آن در حفظ رطوبت محصول نهایی در حین پخت و نگهداری نسبت دادند (۱۰).

**فعالیت آبی:** فعالیت آبی، معیاری از آب قابل استفاده برای رشد میکروارگانیسم‌های درون مواد غذایی است و بنابراین بعنوان یک عامل اساسی تأثیرگذار بر عمر مفید محصولات غذایی شناخته می‌شود (۲۳). شکل ۲، نتایج میزان فعالیت آبی نمونه‌های اشترودل به‌عنوان تابعی از درصد ژل آلژینات و زمان نگهداری را نشان می‌دهد. میزان فعالیت آبی نمونه‌ها بطور معنی‌داری با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). میزان فعالیت آبی نمونه‌ها در ابتدا و انتهای دوره نگهداری به ترتیب برابر با ۰/۷۹۶ و ۰/۷۴۳ بود که

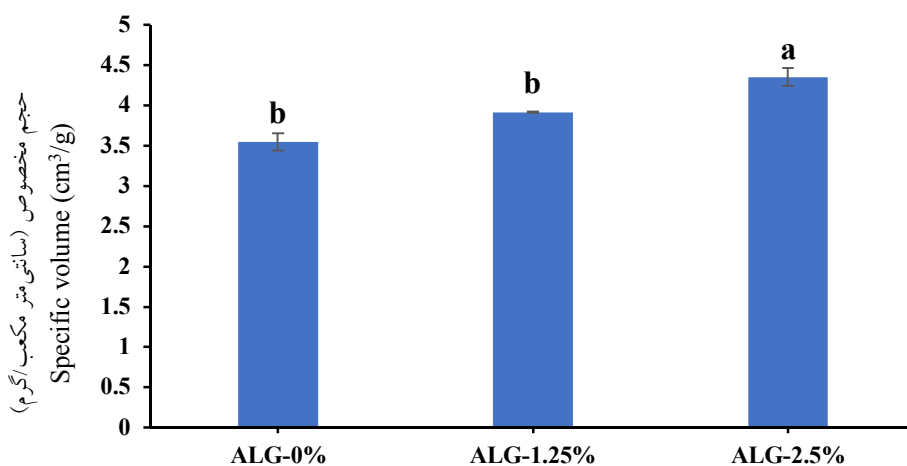


شکل ۲ - فعالیت آبی تاپ اشترودل حاوی درصدهای مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.

Figure 2- Water activity ( $a_w$ ) of Top Strudel containing different percentages of alginate gel during the storage time.

هیدروکلوئیدی به توانایی خمیر در به دام انداختن هوا در حین پخت بستگی دارد. در واقع اثر هیدروکلوئیدها بر حجم این محصولات به دلیل افزایش ویسکوزیته خمیر است که به حفظ گاز داخل کیک در مرحله اولیه فرآیند پخت کمک می‌کند (۲۶ و ۲۷). علاوه بر این، گزارش شده است که پلی‌ساکاریدهای آنیونی با گروه‌های کربوکسیل با بار منفی در ساختار خود منجر به افزایش برهمکنش‌ها با مولکول‌های آب، نشاسته و سایر زنجیره‌های پلی‌ساکارید می‌شوند و یک شبکه مستحکم برای جذب گازها ( $CO_2$ ) را ممکن می‌سازند (۲۸ و ۲۹). هماهنگ با نتایج این پژوهش، گزارش شده است که افزودن صمغ ریحان سبب افزایش حجم مخصوص اشرودل می‌شود و این اثر به قابلیت صمغ در افزایش ضخامت دیواره حباب‌های هوای موجود در خمیر و جلوگیری از پاره شدن سلول‌های گازی بر اثر انبساط ناشی از دمای پخت نسبت داده شد (۱۰).

حجم مخصوص: حجم مخصوص با اندازه و توزیع حباب‌ها مرتبط است. حباب‌های کوچک پایدارتر هستند و هوای کمتری در حین پخت از بین می‌رود و در نتیجه منجر به حجم بالاتر می‌شود. ویسکوزیته متوسط خمیر برای دستیابی به یک انبساط حباب خوب ضروری است: ویسکوزیته بالا مانع انبساط می‌شود و ویسکوزیته کمتر افت گاز را تسهیل می‌کند (۲۵). نتایج حجم مخصوص نمونه‌های شاهد و حاوی ژل آلژینات در شکل ۳ گزارش شده است. حجم مخصوص نمونه حاوی ۲/۵ درصد ژل بطور معنی‌داری بالاتر از سایر نمونه‌ها بود ( $p < 0.05$ ). علاوه بر این، لازم به ذکر است که نمونه‌های تاپ اشرودل حاوی ژل دارای حجم مخصوص بیشتری در مقایسه با نمونه کنترل بودند؛ بطوریکه حجم مخصوص در نمونه‌های حاوی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به ترتیب ۹/۴۵ درصد و ۱۸/۵۱ درصد بالاتر از نمونه فاقد ژل (کنترل) محاسبه گردید. حجم مخصوص محصولات نانوائی حاوی سامانه‌های



شکل ۳ - حجم مخصوص تاپ اشرودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات.

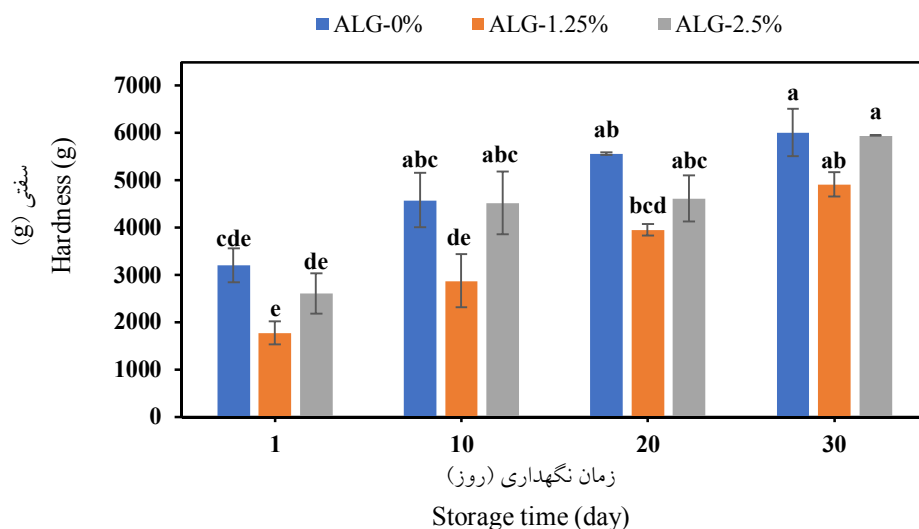
Figure 3- Specific volume of Top Strudel containing different percentages of alginate gel.

سفتی از  $g \ 2522/83$  در روز اول به  $g \ 5618/17$  در انتهای دوره نگهداری افزایش یافت که این حالت عمدتاً ناشی از کاهش محتوای رطوبت طی زمان

سفتی بافت: همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد (شکل ۴)، تمام نمونه‌ها دستخوش افزایش معنی‌دار سفتی بافت طی دوره نگهداری شدند ( $p < 0.05$ ) و میزان

نگهداری می‌باشد (۳۰). افزودن ژل آلژینات به فرمولاسیون تاپ اشترودل نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان سفتی نمونه‌ها نشان داد ( $p < 0.05$ ). میزان سفتی نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل به‌ترتیب به میزان ۳۰/۲۱ و ۸/۵۸ درصد کمتر از سایر نمونه‌ها بود ( $p < 0.05$ ). بطور کلی نمونه‌های حاوی ژل بافت نرم‌تری نسبت به نمونه کنترل داشتند؛ بطوریکه سفتی نمونه‌های بر پایه ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به‌ترتیب به میزان ۳۰/۲۱ و ۸/۵۸ درصد کمتر از نمونه کنترل بود. این حالت ناشی از وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هیدروکلوئیدها و واکنش آنها با آب است که باعث افزایش ظرفیت اتصال به آب از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی و در نهایت کاهش سفتی محصول نهایی می‌شود (۳۱). مطابق نتایج، در روز اول نگهداری، بیشترین و کمترین میزان سفتی به ترتیب در نمونه‌های کنترل و حاوی ۱/۲۵ درصد ژل مشاهده شد و افزایش زمان نگهداری سبب افزایش معنی‌دار سفتی نمونه‌ها گردید. در انتهای دوره

نگهداری، بیشترین میزان سفتی در نمونه کنترل (g) ۶۰۰۵ و کمترین میزان در نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل (g) ۴۹۰۸ مشاهده گردید که بیانگر نرمی بافت قابل توجه این نمونه طی دوره نگهداری می‌باشد. میزان سفتی نمونه‌ها در راستای نتایج محتوای رطوبت و حجم مخصوص می‌باشد. بطور کلی می‌توان ذکر نمود که ژل مورد استفاده در این تحقیق موجبات نرمی بافت و به تعویق انداختن بیاتی نمونه‌های تاپ اشترودل را مهیا نموده است و این اثر را احتمالاً از طریق افزایش رطوبت محصول و حجم مخصوص و در نهایت کاهش فشردگی بافت نشان داده است. نتایج مشابهی در مورد اثر افزودن هیدروکلوئید بر بافت اشترودل توسط محققین گزارش شده است (۱۰). علاوه بر این، گزارش گردید که آلژینات از طریق حفظ آب و جلوگیری از برهم‌کنش نشاسته-گلوتن قابلیت تولید محصولات پخت با بافت نرم‌تر و بیاتی کمتر را دارا می‌باشد (۹).



شکل ۴ - تغییرات میزان سفتی تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.  
Figure 4 - Changes in hardness of Top Strudel containing different percentages of alginate gel during the storage period.

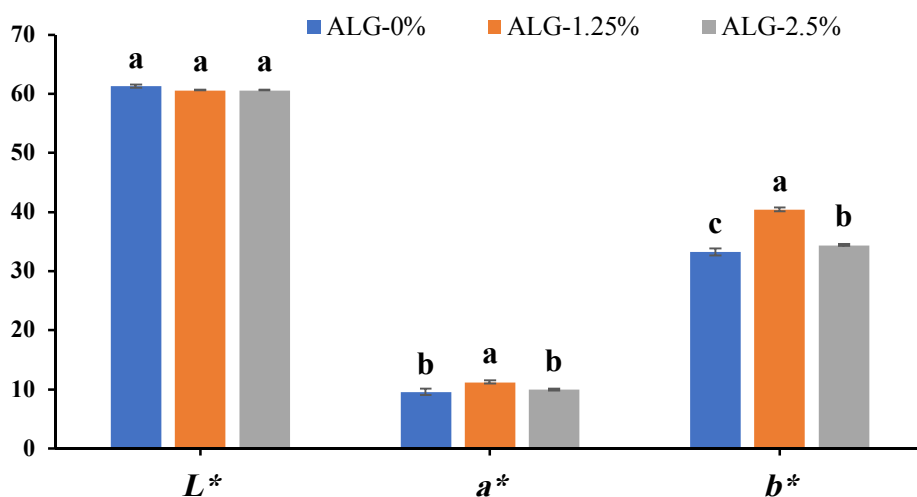
رنگ پوسته: نتایج شاخص‌های رنگی نمونه‌های تاپ اشترودل در روز اول نگهداری در شکل ۵ ارائه شده است. مطابق نتایج، افزودن ژل آلژینات به فرمولاسیون

تاپ اشترودل تأثیر معنی‌داری بر شاخص سفیدی محصول نهایی نداشت ( $p > 0.05$ )؛ با این حال، میزان شاخص  $L^*$  نمونه‌های حاوی ژل نسبت به نمونه

ناشی از پیشرفت بیشتر واکنش میلارد و تشکیل رنگدانه‌های زرد تا قهوه‌ای رنگ ملانوئیدین در این نمونه‌ها باشد. علاوه بر این، رطوبت و فعالیت آبی می‌تواند بسته به هیدروکلونید و آب‌پوشانی خمیرها متفاوت باشد و این حالت می‌تواند بر واکنش میلارد تأثیر بگذارد و به تحرک واکنش‌دهنده‌ها کمک کند (۳۵). بنابراین، رطوبت بالاتر نمونه‌های حاوی ژل آلزینات می‌تواند به تحرک بیشتر واکنشگرها (پروتئین/اسیدآمین و قندهای احیاء کننده) و در نهایت شدت بیشتر واکنش میلارد منجر شود که این حالت سبب افزایش شاخص‌های زردی و قرمزی این نمونه‌ها شده است. لازم به ذکر است که کانژوگه‌های پروتئین- پلی‌ساکارید حاصل از واکنش میلارد قابلیت تشکیل لایه بین‌سطحی ضخیم اطراف حباب‌های هوا و افزایش پایداری آنها را دارا می‌باشند (۳۴). بنابراین، افزایش حجم مخصوص نمونه‌های حاوی ژل می‌تواند ناشی از تشکیل لایه بین‌سطحی ضخیم کانژوگه در اطراف حباب‌های هوا و پایداری آنها در دمای پخت باشد.

شاهد بطور جزئی کمتر بود. شاخص قرمزی نمونه‌ها بطور معنی‌داری تحت تأثیر درصد ژل قرار گرفت و نمونه بر پایه ۱/۲۵ درصد ژل دارای شاخص  $a^*$  بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها بود ( $p < 0.05$ ). بطور کلی، شاخص  $a^*$  نمونه‌های حاوی ژل بالاتر از نمونه شاهد بود. نتایج مشابهی در مورد شاخص زردی مشاهده شد و بیشترین و کمترین شاخص  $b^*$  در نمونه‌های حاوی ۱/۲۵ درصد ژل و شاهد مشاهده گردید ( $p < 0.05$ ). با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۵، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از ژل در فرمولاسیون تاپ اشترودل سبب کاهش روشنایی و افزایش قرمزی و زردی محصول نهایی شده است.

رنگ پوسته اساساً از واکنش میلارد بین پروتئین‌ها/اسیدهای آمینه و قندهای احیاء کننده و از واکنش کاراملیزاسیون قندها که در دمای پخت اتفاق می‌افتد منشأ می‌گیرد (۳۲ و ۳۳). با توجه به اینکه آلزینات قابلیت شرکت در واکنش میلارد را دارا می‌باشد (۳۴)، بنابراین افزایش شاخص زردی و قرمزی نمونه‌های حاوی این پلی‌ساکارید می‌تواند



شکل ۵- شاخص‌های رنگی تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلزینات.

Figure 5- Color indexes of Top Strudel containing different percentages of alginate gel.

رشد ناخواسته قارچ می‌تواند باعث بیماری‌های منتقله از طریق غذا شود که خطرات سلامتی جدی به دنبال دارد. آلودگی محصولات توسط مخمرها معمولاً ناشی از ظروف و تجهیزات آلوده است.

بار میکروبی: نتایج شمارش کپک، مخمر، اشرشیا کلی و انتروباکتریاسه طی دوره زمانی در نمونه‌های تاپ اشترودل در جدول ۱ ارائه شده است. رشد کپک و مخمر ماندگاری محصولات نانویی را محدود می‌کند.

جدول ۱- بار میکروبی نمونه‌های تاپ اشترودل طی دوره نگهداری.

Table 1- Microbial load of Top Strudel samples during the storage period.

Samples (نمونه‌ها)	Storage time(day) زمان نگهداری (روز)	Mold (/g) کپک	Yeast (/g) مخمر	E. coli (/g) اشرشیا کلی	Enterobacteriaceae (/g) انتروباکتریاسه
ALG-0%	1	40	50	-	< 10
	30	< 30	< 30	-	< 10
ALG-1.25%	1	40	30	-	< 10
	30	< 30	< 30	-	< 10
ALG-2.5%	1	70	20	-	< 10
	30	< 30	< 30	-	< 10

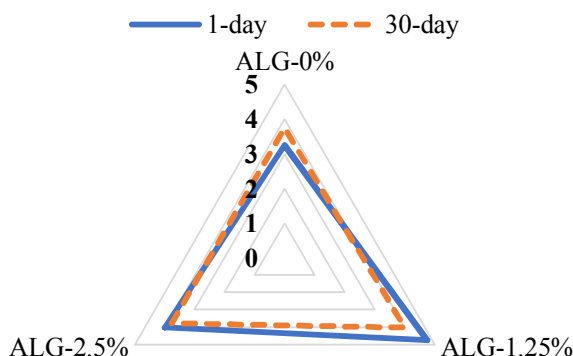
طول پردازش محصول باید از روش‌های بهداشتی و استریل استفاده گردد.

**ویژگی‌های حسی:** شکل‌های ۶-۱۰، تغییرات ویژگی‌های حسی نمونه‌های تاپ اشترودل طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر رنگ و ظاهر نمونه‌ها نشان نداد ( $p > 0.05$ ) (شکل ۶)، اما امتیاز رنگ و ظاهر نمونه‌ها در روز اول بالاتر از روز آخر نگهداری بود (۴ در برابر ۳/۸۶). تأثیر درصد ژل بر امتیاز رنگ و ظاهر نمونه‌ها معنی‌دار بود و نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل (۴/۳۸) امتیاز حسی بالاتری نسبت به نمونه شاهد (۳/۵) نشان داد ( $p < 0.05$ ). مطابق نتایج، بیشترین کمترین امتیاز حسی رنگ و ظاهر به ترتیب مربوط به نمونه بر پایه ۱/۲۵ درصد ژل در روز اول و نمونه شاهد در روز اول نگهداری مشاهده گردید ( $p < 0.05$ ).

آلودگی مخمر را می‌توان با شیوه‌های تولید خوب<sup>۱</sup> برای نانویی‌ها کاهش داد. آلودگی محصولات نانویی توسط مخمر ممکن است با استفاده از روش‌های آسپتیک<sup>۲</sup> کنترل شود. فساد کپک یک مشکل جدی برای نانویی‌ها است زیرا ماندگاری محصولات نانویی را محدود می‌کند که در نهایت منجر به زیان اقتصادی می‌شود (۳۶). مطابق استاندارد ملی ایران مربوط به ویژگی‌های میکروبیولوژی شیرینی‌های نیمه‌خشک، بیشینه تعداد کپک، مخمر، اشرشیا کلی و انتروباکتریاسه بایستی ۱۰۰، ۱۰۰، منفی و ۱۰۰ در هر گرم محصول باشد (۳۷). نتایج حاضر در محدوده استاندارد بود. علاوه بر این، کاهش تعداد کپک و مخمر طی دوره نگهداری می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت آبی نمونه‌ها طی زمان باشد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نمونه‌های تاپ اشترودل از نظر بار میکروبی در وضعیت استاندارد و قابل قبول قرار دارند. با این حال، صنایع تولیدی باید مراقب باشند تا از آلودگی محصولات نانویی جلوگیری شود زیرا می‌تواند برای سلامتی افراد مضر باشد و بنابراین در

<sup>1</sup> Good Manufacturing Practices

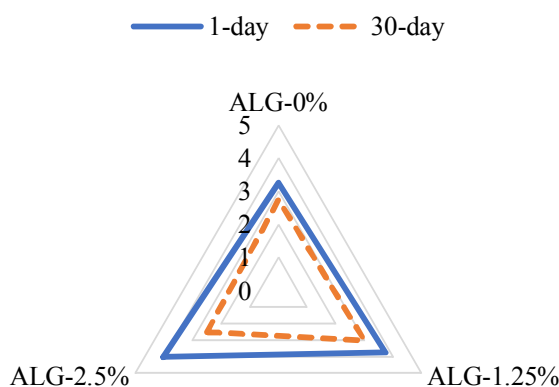
<sup>2</sup> Aseptic



شکل ۶- امتیاز حسی رنگ و ظاهر نمونه‌های تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.  
 Figure 6- Color and appearance sensory scores of Top Strudel samples containing different percentages of alginate gel during the storage period.

امتیازات ۳/۷۵، ۳/۲۵ و ۳ به ترتیب برای نمونه‌های حاوی ۱/۲۵ درصد ژل، ۲/۵ درصد ژل و فاقد ژل (شاهد) اختصاص یافت. علاوه بر این، نتایج نشان داد که نمونه تاپ اشترودل حاوی ۲/۵ درصد ژل، بیشترین و کمترین امتیاز آروما را به ترتیب در روزهای اول و آخر نگهداری را توسط داوران کسب نموده است.

تغییرات امتیاز آروما نمونه‌ها طی زمان در شکل ۷ گزارش شده است. امتیاز حسی آروما نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری بطور معنی‌داری کاهش یافت ( $p < 0.05$ )؛ بطوریکه امتیاز نمونه‌ها در روزهای اول و آخر نگهداری به ترتیب برابر با ۳/۶۷ و ۲/۷۵ بود. اگرچه درصد ژل تأثیر معنی‌داری بر این مشخصه نداشت، اما نمونه‌های حاوی ژل از امتیاز حسی آروما بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند و

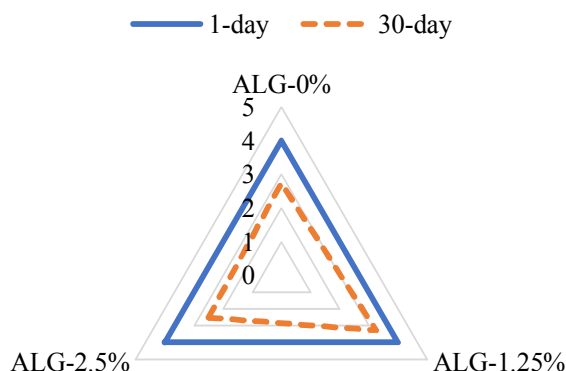


شکل ۷- امتیاز حسی آروما نمونه‌های تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.  
 Figure 7 - Aroma sensory score of Top Strudel samples containing different percentages of alginate gel during the storage period.



ترتیب بالاترین و پایین‌ترین امتیاز مزه را به خود اختصاص دادند. امتیاز حسی تمام نمونه‌ها در روز اول برابر بود (امتیاز ۴) و افزایش زمان نگهداری سبب کاهش امتیاز مزه گردید و کمترین میزان (۲/۵) در نمونه حاوی ۲/۵ درصد ژل مشاهده گردید.

بررسی نتایج تغییر امتیازات حسی مزه طی زمان نگهداری (شکل ۸) نشان داد که افزایش زمان نگهداری از ۱ به ۳۰ روز سبب کاهش امتیاز مزه به میزان ۲۹/۲۵ درصد گردید ( $p < 0.05$ ). تأثیر درصد ژل بر این مشخصه معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ )؛ با این حال، نمونه‌های حاوی ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد ژل به

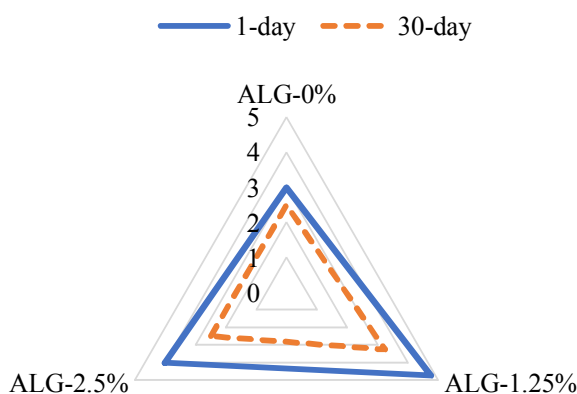


شکل ۸ – امتیاز حسی مزه نمونه‌های تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.

Figure 8 – Taste sensory score of Top Strudel samples containing different percentages of alginate gel during the storage period.

مربوط به نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل و نمونه شاهد بود ( $p < 0.05$ ). به‌طور کلی، امتیاز حسی بافت نمونه‌های بر پایه ۱/۲۵ و ۲/۵ ژل به ترتیب به میزان ۳۱/۲۵ و ۱۵/۳۸ درصد بیشتر از نمونه شاهد مشاهده گردید. مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۹، بیشترین و کمترین امتیازات حسی بافت به ترتیب در روز اول و آخر نگهداری به نمونه‌های بر پایه ۱/۲۵ ژل (۴/۷۵) و شاهد (۲/۵) اختصاص یافت.

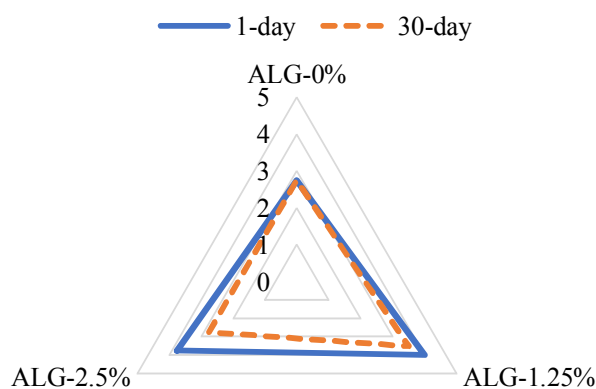
نتایج امتیاز بافت نمونه‌ها (شکل ۹) در راستای یافته‌های آزمون بافت سنجی بود (شکل ۴). افزایش زمان نگهداری منجر به کاهش معنی‌دار امتیاز حسی بافت از ۳/۹۲ در روز اول به ۲/۷۵ در انتهای دوره نگهداری گردید ( $p < 0.05$ ). همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شد، این حالت عمدتاً ناشی از کاهش رطوبت طی نگهداری می‌باشد. درصد ژل نیز تأثیر معنی‌داری بر امتیاز بافت نمونه‌ها نشان داد و بالاترین و پایین‌ترین امتیاز حسی بافت به ترتیب



شکل ۹ - امتیاز حسی بافت نمونه‌های تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.  
Figure 9 - Texture sensory score of Top Strudel samples containing different percentages of alginate gel during the storage period.

زمان نگهداری و درصد ژل بر پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد که بیشترین امتیاز (۴) مربوط به نمونه حاوی ۱/۲۵ درصد ژل در روز اول نگهداری و کمترین امتیاز (۲/۷۵) مربوط به نمونه حاوی ۲/۵ درصد ژل در روز آخر نگهداری و نمونه شاهد در روزهای اول و آخر نگهداری می‌باشد. بطور کلی، نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ژل آلژینات به میزان ۱/۲۵ درصد در فرمولاسیون تاپ اشترودل قابلیت بهبود ویژگی‌های حسی آن را دارا می‌باشد.

نتایج امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها در شکل ۱۰ ارائه شده است. مطابق نتایج، اگرچه پذیرش کلی نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری به میزان ۱۴/۲۸ درصد کاهش یافت، اما این روند معنی‌دار نبود ( $p>0.05$ ). تأثیر افزودن ژل آلژینات در فرمولاسیون تاپ اشترودل بر پذیرش کلی محصول نهایی معنی‌دار بود ( $p<0.05$ ) و بیشترین و کمترین امتیاز پذیرش کلی به ترتیب در نمونه‌های بر پایه ۱/۲۵ درصد ژل (۳/۷۵) و شاهد (۲/۷۵) مشاهده شد. بررسی نتایج اثر متقابل



شکل ۱۰ - امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های تاپ اشترودل حاوی درصد‌های مختلف ژل آلژینات طی زمان نگهداری.  
Figure 10 - Overall acceptance score of Top Strudel samples containing different percentages of alginate gel during the storage period.

اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، نمونه‌های حاوی ژل از میزان رطوبت، فعالیت آبی، حجم مخصوص، نرمی بافت و امتیازات حسی بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند. بطور کلی، بهترین سطح مصرف ژل آلزینات سدیم جهت استفاده در فرمولاسیون تاپ اشترودل به منظور دستیابی به کمترین میزان سفتی بافت و بیشترین امتیاز پذیرش کلی، ۱/۲۵ درصد ژل معرفی می‌گردد. با این حال، پیشنهاد می‌گردد که مطالعات گسترده‌ای جهت بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و ساختاری خمیر و محصول نهایی در آینده انجام شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از شرکت نان قدس رضوی به دلیل حمایت‌های مالی و معنوی تشکر و قدردانی نمایند.

در راستای نتایج این پژوهش، شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش نمودند که استفاده از صمغ ریحان در فرمولاسیون تاپ اشترودل سبب بهبود پذیرش کلی این محصول می‌شود (۱۰). علاوه بر این، گزارش شده است که استفاده از برخی صمغ‌های تجاری و بومی (آلزینات، گوار، زانتان، قدومه شهری و قدومه شیرازی) در محصولات صنایع پخت از طریق کنترل رطوبت در طی زمان پخت و پس از آن منجر به ایجاد بافتی نرم و خصوصیات سطحی و طعم مطلوب‌تری می‌گردد (۳۸).

### نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بهبود بافت و عمر نگهداری تاپ اشترودل با استفاده از ژل پلی‌ساکاریدی انجام گردید. بدین منظور ژل آلزینات سدیم در سطوح ۰، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد در فرمولاسیون استفاده شد. بر

### References

1. Akbari, N., Mohammadzadeh Milani, J., and Alaedini, B. 2014. Effect of potato paste on stalling of Barbari flat bread. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(4), 339-350. (In Persian).
2. Gray, J., and Bemiller, J. 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(1), 1-21.
3. Ghaur Asli, M.A., Hadad Khodaparast, M.H., and Karimi, M. 2012. Effect of gluten and emulsifier (DATEM) on rheological properties of dough and specific volume of strudel bread. *Journal of Food Science and Technology*, 8(33), 59-65. (In Persian).
4. Fardinia, S., Movahed, S., and Shakouri, M.J. 2020. Effect of Oat and Psyllium Fibers on Qualitative Properties of Toast Bread. *Food Processing and Preservation Journal*, 12(1), 67-80. (In Persian).
5. Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18(2), 241-247.
6. Lee, M., Baek, M., Cha, D., Park, H., and Lim, S. 2002. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids*, 16(4), 345-352.
7. Das, L., Raychaudhuri, U., and Chakraborty, R. 2015. Effects of hydrocolloids as texture improver in coriander bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3671-3680.
8. Ferrero, C. 2017. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*, 68, 15-22.
9. Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E., and Bekaert, D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 10(4), 375-383.
10. Sheikholeslami, Z., Karimi, M., Ghiyafeh Davoodi, M., Sahraian, B., and Naghipour, F. 2018. The influence of chubak extraction and Basil seed gum on texture and appearance of

- strudel produced by frozen dough. *Journal of Food Science and Technology*, 14(71), 159-169. (In Persian).
11. Bennacef, C., Desobry-Banon, S., Probst, L., and Desobry, S. 2021. Advances on alginate use for spherification to encapsulate biomolecules. *Food Hydrocolloids*, 118, 106782.
  12. Reyhani Poul, S., and Alishahi, A. 2021. Comparison of the effect of sodium alginate, sodium caseinate and gelatin coatings in combination with thyme essential oil on shrimp shelf life. *Food Processing and Preservation Journal*, 13(1), 15-30. (In Persian).
  13. Rahmanian, A., and Ghiafeh Davoodi, M. 2017. Investigation on improvement of technological, visual and sensory properties of composite fermented doughnut (Wheat-Potato) by adding alcohol sugar. *Journal of Food Science and Technology*, 14(69), 243-253. (In Persian).
  14. Iranian-National-Standard. 1995. Detection and enumeration of mould and colony count technique at 25 °C. 1st Revision, Standard No. 997. (In Persian).
  15. Iranian-National-Standard. 2005. Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* -Most probable number technique. 2nd Revision, Standard No. 2946. (In Persian).
  16. Iranian-National-Standard. 2018. Microbiology of the food chain-Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae. Part 1: Detection of Enterobacteriaceae. 2nd Revision, Standard No. 2461-1. (In Persian).
  17. Khosravi-Darani, K., Gholami, Z., and Gouveia, L. 2017. Effect of *Arthrospira platensis* on the shelf life, sensorial and rheological properties of strudel. *Romanian Biotechnological Letters*, 22(1), 12250-12258.
  18. López Tenorio, J.A., Rodríguez Sandoval, E., and Sepúlveda Valencia, J. U. 2015. The influence of different emulsifiers on the physical and textural characteristics of gluten-free cheese bread. *Journal of Texture Studies*, 46(4), 227-239.
  19. Ukom, A.N., Ezenwigbo, M.C., and Ugwuona, F.U. 2022. Grapefruit peel powder as a functional ingredient in cake production: Effect on the physicochemical properties, antioxidant activity and sensory acceptability of cakes during storage. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28, 100517.
  20. Milani, J.M. 2018. Application of coated wheat bran to producing barbari bread with increased nutritional value and improved bread texture and shelf life. *Acta Alimentaria*, 47(3), 259-266.
  21. Iranian-National-Standard. 2017. Cookies and Pastry - Specifications and test methods. 2nd Revision, Standard No. 3493. (In Persian).
  22. Sheikholeslami, Z., Mortazavi, S. A., Porazarang, H., and Nasiri, M. 2009. Effect of guar gum and ascorbic acid on rheological and baking properties of insect damaged wheat flour. *Food Processing and Preservation Journal*, 1(3), 65-82.
  23. Mathlouthi, M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food control*, 12(7), 409-417.
  24. Azmoon, E., Saberi, F., Kouhsari, F., Akbari, M., Kieliszek, M., and Vakilinezam, A. 2021. The effects of hydrocolloids-protein mixture as a fat replacer on physicochemical characteristics of sugar-free muffin cake: Modeling and optimization. *Foods*, 10(7), 1549.
  25. Rocha- Parra, A. F., Belorio, M., Ribotta, P. D., Ferrero, C., and Gómez, M. 2019. Effect of the particle size of pear pomace on the quality of enriched layer and sponge cakes. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1265-1275.
  26. Goranova, Z., Marudova, M., and Baeva, M. 2019. Influence of functional ingredients on starch gelatinization in sponge cake batter. *Food Chemistry*, 297, 124997.
  27. Bajaj, R., Singh, N., and Kaur, A. 2019. Effect of native and gelatinized starches from various sources on sponge cake making characteristics of wheat flour. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 1046-1055.
  28. Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C. G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047.

29. Peressini, D., Pin, M., and Sensidoni, A. 2011. Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 340-349.
30. Ji, Y., Zhu, K., Chen, Z.C., Zhou, H., Ma, J., and Qian, H. 2010. Effects of different additives on rice cake texture and cake staling. *Journal of Texture Studies*, 41(5), 703-713.
31. Salehi, F. 2019. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. *Food Science & Nutrition*, 7(11), 3391-3402.
32. Hedayati, S., Jafari, S. M., Babajafari, S., Niakousari, M., and Mazloomi, S. M. 2022. Different food hydrocolloids and biopolymers as egg replacers: A review of their influences on the batter and cake quality. *Food Hydrocolloids*, 128, 107611.
33. Mir, N.A., Gul, K., and Riar, C. S. 2015. Technofunctional and nutritional characterization of gluten-free cakes prepared from water chestnut flours and hydrocolloids. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 978-984.
34. Cai, B., Saito, A., and Ikeda, S. 2018. Maillard conjugation of sodium alginate to whey protein for enhanced resistance to surfactant-induced competitive displacement from air-water interfaces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(3), 704-710.
35. Gonzales, A. P., Naranjo, G., Leiva, G., and Malec, L. 2010. Maillard reaction kinetics in milk powder: Effect of water activity at mild temperatures. *International Dairy Journal*, 20(1), 40-45.
36. Saeed, I., Shaheen, S., Hussain, K., Khan, M. A., Jaffer, M., Mahmood, T., Khalid, S., Sarwar, S., Tahir, A., and Khan, F. 2019. Assessment of mold and yeast in some bakery products of Lahore, Pakistan based on LM and SEM. *Microscopy Research and Technique*, 82(2), 85-91.
37. Iranian-National-Standard. 2018. Microbiological of pastry and confectionary products - Specifications and test method. 1st Revision, Standard No. 2395. (In Persian).
38. Kochehi, A., Shahidi, F., Mortazavie, S., Karimi, M., and Milani, E. 2011. Effect of Alyssum homolocarpum seed gum and xanthan on dough rheology properties and quality of wheat bread. *Iranian Food Science Technology Research Journal*, 7(1), 9-16.



## Quality evaluation of some fish sold in Chabahar fish market

Yaser Sajedinia<sup>1</sup>, Seraj Bita<sup>2\*</sup>, Salim Sharifiyan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduated student of fisheries product processing, Faculty of marine sciences, Chabahar maritime University, Chabahar, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of marine sciences, Chabahar maritime University, Chabahar, Iran,  
Email: serajbita@yahoo.com

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of marine Sciences, Chabahar maritime University, Chabahar, Iran

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 2023-01-16  
Revised: 2023-03-05  
Accepted: 2023-03-14

**Keywords:**  
Freshness  
Fish  
Quality assessment  
Fish market  
Chabahar

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** After catching fish, various changes occur in the fish body and as a result of these changes the quality of the fish gradually decreases. The reduction of fish quality is due to the growth of bacteria, autolysis process, lipid oxidation, physical and mechanical damage, that affects the fish freshness. Since freshness is one of the most important parameters in the fish market for the consumer, so the present study was conducted with the aim of evaluation of freshness and sensory, chemical and microbiological quality of fish sold to the Chabahar fish market.

**Materials and Methods:** 30 fish belonging to 10 species including yellowfin sea bream (*Acanthopagrus latus*), frigate tuna (*Auxis thazard*), largemouth queenfish (*Scomberoides commersonianus*), Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*), shrimp scad (*Alepes djedbada*), tigertooth croaker (*Otolithes ruber*), pickhandle barracuda (*Sphyræna jello*), golden snapper (*Lutjanus johnii*), javelin grunter (*Pomadasy s kaakan*) and goldstripe sardinella (*Sardinella gibbosa*) were purchased from Chabahar fish market and immediately transferred to the laboratory after icing. The quality of studied fish was evaluated using sensory, biochemical (TVN, TMA, TBA and pH) and microbial (mesophilic and psychrophilic) methods.

**Results:** According to the results, in terms of sensory evaluation, no significant difference was observed between different fishes ( $p > 0.05$ ), but the highest and lowest scores of sensory factors were related to tigertooth croaker (*Otolithes ruber*), pickhandle barracuda (*Sphyræna jello*) and goldstripe sardinella (*Sardinella gibbosa*), respectively. The results showed that, except for pH, the highest amount of these biochemical evaluation is related to *Auxis thazard* and *Sardinella gibbosa*, and there was a significant difference in the amount of TVN, TMA and TBA with other fish species ( $p < 0.05$ ). The bacterial counts in all samples was less than the permissible limit, but in *Auxis thazard* and *Sardinella gibbosa*, the load of mesophilic bacteria was significantly higher than other fish ( $p < 0.05$ ), as well as the Also, the lowest and highest load of psychrophilic bacteria was related to *Otolithes ruber* and *Auxis thazard*, which were significantly different from each other

---

---

( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Generally, the results of this study showed that the fish sold in the Chabahar fish market had suitable and acceptable quality, and fatty fish such as sardines are more susceptible to spoilage than low-fat fish due to their TMA content in this species with a rate of  $7.48 \pm 1.00$  mg/100 g (permissible level of spoilage).

---

**Cite this article:** Yaser Sajedinia, Bitra, S., Sharifiyan, S. 2023. Quality evaluation of some fish sold in Chabahar fish market. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (1), 43-56.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.20973.1736

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---



### ارزیابی کیفی برخی از ماهیان عرضه شده در بازار ماهی فروشان چابهار

یاسر ساجدی نیا<sup>۱</sup>، سراج بیتا<sup>۲\*</sup>، سلیم شریفیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران، رایانامه: sarajbita@yahoo.com  
<sup>۳</sup> استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی-پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> پس از صید ماهی تغییرات مختلفی در بدن ماهی ایجاد می‌شود که در اثر این تغییرات کیفیت ماهی به تدریج کاهش پیدا می‌کند. کاهش کیفیت ماهی به دلیل رشد باکتری‌ها، فرایند خودهضمی، اکسیداسیون چربی‌ها، آسیب‌های فیزیکی و مکانیکی بوده که تازگی ماهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از آنجا که تازگی یکی از مهم‌ترین پارامترهای موجود در بازار ماهی برای مصرف کننده است، بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تازگی و کیفیت حسی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی ماهیان عرضه شده به بازار ماهی فروشان چابهار انجام شد.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> تازگی ماهی ارزیابی کیفی بازار ماهی چابهار	<b>مواد و روش‌ها:</b> تعداد ۳۰ قطعه ماهی از ۱۰ گونه شامل شانک زردباله ( <i>Acanthopagrus latus</i> )، بچه زرده ( <i>Auxis thazard</i> )، سارم دهان بزرگ ( <i>Scomberoides commersonianus</i> )، طلال ( <i>Rastrelliger kanagurta</i> )، گیش میگوی ( <i>Alepes djedbada</i> )، شوریده ( <i>Otolithes ruber</i> )، کوتر ساده ( <i>Sphyræna jello</i> )، سرخوی معمولی ( <i>Lutjanus johnii</i> )، سنگسر معمولی ( <i>Pomadasys kakkan</i> ) و ساردین پهلو طلایی ( <i>Sardinella gibbosa</i> ) از بازار ماهی فروشان چابهار خریداری و پس از یخ گذاری بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. بررسی کیفیت ماهیان مورد مطالعه با استفاده از روش‌های حسی، بیوشیمیایی (بازهای نیتروزنی فرار، تری متیل آمین، تیوباریتوریک اسید و pH) و میکروبی (بار باکتریایی مزوفیل و سرما دوست) انجام شد.
	<b>یافته‌ها:</b> بر طبق نتایج، از نظر ارزیابی حسی تفاوت آماری معناداری بین ماهیان مختلف مشاهده نشد ( $p > 0.05$ )، اما بیشترین میزان امتیاز عوامل حسی مربوط به ماهی شوریده ( <i>Otolithes ruber</i> ) و کوتر ساده ( <i>Sphyræna jello</i> ) و کمترین آن مربوط به ساردین پهلو طلایی ( <i>Sardinella gibbosa</i> ) بود. نتایج نشان داد که به جز pH بیشترین میزان این شاخص‌های بیوشیمیایی مربوط به ماهیان بچه زرده و ساردین پهلو طلایی هست که با سایر گونه‌های ماهیان تفاوت معناداری در مقدار بازهای نیتروزنی فرار، تری متیل آمین و تیوباریتوریک اسید وجود داشته است ( $p < 0.05$ ). بار باکتریایی در تمام نمونه‌ها کمتر از میزان حد مجاز بود، اما در ماهیان بچه زرده و ساردین پهلو طلایی تعداد بار باکتریایی مزوفیل نسبت به سایر ماهیان به طور معناداری بیشتر بود ( $p < 0.05$ )، همچنین کمترین و بیشترین میزان بار باکتریایی سرما دوست

---

مربوط به ماهیان شوریده و بچه زرده بود که با یکدیگر تفاوت معناداری داشتند ( $p < 0/05$ ).

**نتیجه گیری:** در مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ماهیان عرضه شده به بازار ماهی فروشان چابهار از کیفیت مناسب و قابل قبولی برخوردار بوده و ماهیان پرچرب مثل ساردین نسبت به ماهیان کم چرب زودتر مستعد فساد هستند زیرا در این ماهی تری متیل آمین با میزان  $1/00 \pm 7/48$  میلی گرم در صد گرم عضله نزدیک به حد مجاز فساد رسیده بود.

---

**استناد:** ساجدی نیا، ی.، بیتا، س.، شریفیان، سلیم (۱۴۰۲). ارزیابی کیفی برخی از ماهیان عرضه شده در بازار ماهی فروشان چابهار. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵ (۱)، ۴۳-۵۶.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.20973.1736



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

---

## مقدمه

کیفیت در ماهی تازه و به‌طورکلی در غذا، مفهوم گسترده‌ای است که شامل ویژگی‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی، میکروبی و حسی است که می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم اندازه‌گیری شود. کیفیت و تازگی در ماهی را می‌توان ترکیبی از ویژگی‌های مختلف تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی در نظر گرفت که به سرعت پس از صید ماهی یعنی در طی فرآوری، نگهداری، حمل و نقل، توزیع و خرده فروشی دچار افت می‌شود که این افت کیفیت می‌تواند روی زمان ماندگاری، پذیرش به وسیله مصرف کننده، عملکرد و ایمنی محصولات ماهی تاثیر داشته باشد (۱، ۲، ۳). ماهیان سرشار از انواع مواد مغذی بوده که برای سلامتی انسان مفید می‌باشند و به دلیل داشتن مقادیر زیادی از اسیدهای آمینه آزاد و سایر مواد غیرنیترژنی که به عنوان منبع مواد مغذی برای رشد میکروب‌ها هستند، به عنوان مواد غذایی فساد پذیر طبقه بندی می‌شوند که فسادپذیری بالای آن بر میانگین مصرف جهانی نیز تأثیر منفی می‌گذارد (۴، ۵). مصرف کنندگان معمولاً کیفیت و تازگی ماهی را بر اساس ظاهر آن در محل فروش ارزیابی می‌کنند، با این وجود، تغییرات در ویژگی‌های حسی مانند رنگ و بافت به تدریج به دلیل چندین فرآیند میکروبی و فیزیکوشیمیایی رخ می‌دهد که باعث می‌شود مصرف کنندگان در هنگام انجام ارزیابی‌های تازگی دچار مشکلات و عدم قطعیت شوند (۶، ۷). بازاریابی عبارت است از تجمع در یک مکان عمومی برای خرید و فروش کالا یا محصولات شیلاتی مانند ماهی و فرآورده‌های حاصل از ماهی (۸). سیستم بازاریابی ماهی در چابهار شامل دو بازار اصلی و بازارهای خرده فروشی است، البته در سیستم فعلی بازار ماهی در چابهار بازار عمده فروشی سازمان یافته‌ای برای ماهی وجود ندارد و تنها بازار بزرگ آن بازار سوله

ماهی فروشان هست که عرضه ماهی در آنجا روزانه بصورت عمده فروشی و خرده فروشی و به شکل سنتی انجام می‌شود و علاوه بر این در دو نقطه دیگر از شهر نیز دارای بازار فروش ماهی می‌باشد که هر سه بازار آن در امتداد یک خیابان تحت عنوان خیابان دریا هستند. مشکلاتی که در بازاریابی ماهیان تازه بوجود می‌آیند، خصوصاً در بازارهای سنتی به صورت کاهش کیفیت ماهی است که مشکل اصلی کاهش کیفیت ماهی تازه به عملکرد فروشنده در مورد روند کار با ماهی تا زمانی که ماهی به بازار عرضه شود، بستگی دارد (۸). در بازار ماهی فروشان چابهار گونه‌های مختلفی از آبزیان بصورت صید روز عرضه می‌شوند که بررسی کیفیت آن‌ها دارای اهمیت بسیار بالایی می‌باشد، زیرا سنجش تازگی و مقبولیت ماهی برای مصرف کنندگان و صنایع شیلاتی مهم بوده و بر ارزش تجاری ماهی تاثیر می‌گذارد (۷)، همچنین پس از صید ماهی تا رسیدن به دست مصرف کننده، عوامل متعددی بر کیفیت آن تأثیر می‌گذارند، بنابراین پیش بینی کیفیت ماهی در بازار ماهی فروشان برای تعیین قیمت محصول و فروش آن و نیز اطمینان ایمنی از مصرف بسیار مهم است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کیفیت و تازگی ماهیان عرضه شده به بازار ماهی فروشان چابهار انجام شد.

## مواد و روش‌ها

**تهیه ماهیان:** به منظور بررسی کیفیت، تعداد ۳۰ عدد ماهی تازه صید شده از بازار ماهی فروشان چابهار خریداری شده و در داخل یونولیت همراه با لایه‌های متناوبی از پودر یخ قرار داده شدند. ماهیان پس از یخ گذاری بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه، ماهیان با کلید شناسایی معتبر شناسایی شدند (۹)، که در مجموع شامل ۱۰ گونه ماهی بودند (جدول ۱).

جدول ۱- گونه‌های ماهیان شناسایی شده و مورد بررسی از بازار ماهی فروشان چابهار

Table 1- Identified and studied fish species in Chabahar fish market

اسم علمی	گونه ماهی	نام خانواده
Scientific name	Fish Species	Family name
<i>Acanthopagrus latus</i>	شانک زرد پاله (Yellowfin sea bream)	شانک ماهیان (Sparidae)
<i>Auxis thazard</i>	بچه زرده (Frigate tuna)	تون ماهیان (Scombridae)
<i>Scomberoides commersonianus</i>	سارم دهان بزرگ (Largemouth queenfish)	گیش ماهیان (Carangidae)
<i>Alepes djedbada</i>	گیش میگوی (Shrimp scad)	گیش ماهیان (Carangidae)
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	طلال (Indian mackerel)	تون ماهیان (Scombridae)
<i>Otolithes ruber</i>	شوریده (Tigertooth croaker)	شوریده ماهیان (Sciaenidae)
<i>Sphyaena jello</i>	کوتر ساده (Pickhandle barracuda)	کوتر ماهیان (Sphyaenidae)
<i>Lutjanus johnii</i>	سرخوی معمولی (Golden snapper)	سرخو ماهیان (Lutjanidae)
<i>Pomadasys kakaan</i>	سنگسر معمولی (Javelin grunter)	سنگسر ماهیان (Haemulidae)
<i>Sardinella gibbosa</i>	ساردین پهلو طلایی (Goldstripe sardinella)	شگ ماهیان (Clupeidae)

ارزیابی بیوشیمیایی: در این مطالعه از برخی شاخص‌ها شامل سنجش بازهای نیتروژنی فرار، تری متیل آمین و تیوباربتوریک اسید و pH به منظور ارزیابی بیوشیمیایی ماهیان مورد مطالعه استفاده شد. اندازه‌گیری pH: برای اندازه‌گیری pH، ۵ گرم عضله ماهی با ۴۵ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۲ دقیقه هم‌وزن گردید و سپس با دستگاه pH متر تغییرات pH عضله گونه‌های ماهیان مورد مطالعه اندازه‌گیری شد (۱۱).

سنجش ترکیبات نیترونی فرار (TVN): بر اساس روش AOAC (۲۰۰۲)، ۱۰ گرم عضله ماهی، ۲ گرم اکسید منیزیم به‌عنوان کاتالیزور و ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر همراه با چند عدد پرل شیشه‌ای و اکتان نرمال (ضد کف) به بالن تقطیر کج‌دال اضافه شد. در یک ارلن مایر به عنوان ظرف گیرنده زیر قسمت سرد کننده دستگاه تقطیر، ۲۵ میلی لیتر از اسید بوریک ۲ درصد، به همراه چند قطره معرف متیل رد اضافه شد، سپس بالن تقطیر را حرارت داده و از زمان جوشیدن، ۲۵ دقیقه عمل تقطیر ادامه پیدا کرد که در این حالت آنچه بازهای فرار در عضله باشد تقطیر و جذب محتویات ارلن گیرنده شده و رنگ محلول را به رنگ آبی در خواهد آورد، سپس حرارت را قطع نموده و

ارزیابی کیفیت: به منظور سنجش تازگی و کیفیت از هر گونه تعداد ۳ نمونه انتخاب شد و شاخص‌های حسی، میکروبی (بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست) و بیوشیمیایی (بازهای نیتروژنی فرار، تری متیل آمین و تیوباربتوریک اسید و pH) به روش‌های ذیل مورد سنجش قرار گرفتند:

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی طبق روش ۱۶ نمره‌ای پیشنهاد شده توسط لودرف و مایر (۱۹۷۳) انجام شد (۱۰). معمولاً در کارخانجات فرآوری مواد غذایی به منظور ارزیابی حسی محصول عوامل حسی نظیر بو، مزه، رنگ، بافت و غیره با استفاده از حواس پنج‌گانه چشایی بویایی، بینایی، شنوایی و لامسه ارزیابی می‌شوند که در این مطالعه نیز نمونه‌ها در ۴ درجه کیفی از نظر رنگ، بافت، طعم و مزه، بو و پذیرش کلی توسط ۷ نفر پنل نیمه‌آموزش دیده ارزیابی شدند. در این روش نمونه‌های دارای درجه کیفی ۱ با نمره ۱۵-۱۶، درجه کیفی ۲ نمره ۱۴/۹۰-۱۳، درجه کیفی ۳ نمره ۱۲/۹۰-۱۱ و درجه کیفی ۴ نمره ۱۰/۹۰-۶ امتیازدهی شدند. نمونه‌های با امتیاز کمتر از ۶ به عنوان غیر قابل مصرف در نظر گرفته شدند. در نهایت امتیازدهی بر اساس میانگین امتیازات ۷ نفر ارزیاب برای هر کدام از شاخص‌های حسی انجام شد.

حجم ۴ میلی‌لیتر رسانده شد و به آن یک میلی‌لیتر فرم آلدئید ۲۰ درصد، ۱۰ میلی‌لیتر تولوئن و ۳ میلی‌لیتر کربنات پتاسیم اضافه گردید و در داخل بن‌ماری در حمام آب گرم ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. در مرحله بعد لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار داده شدند تا دو فاز کاملاً جدا از هم تشکیل شود. بعد از تشکیل فازها، ۵ میلی‌لیتر از فاز بالایی را برداشته و به آن ۰/۱ سولفات سدیم بدون آب اضافه نموده و به خوبی تکان داده تا تولوئن خشک شود، سپس ۵ میلی‌لیتر اسید پیریک ۰/۲ درصد به آن اضافه شد و میزان جذب نوری در طول موج ۴۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل نمونه بلانک قرائت شد.

**ارزیابی میکروبی:** ۱۰ گرم عضله با ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی ۰/۸۵ درصد هموزن شده و از آن رقت‌های مختلف تهیه و میزان ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های هموزن شده به محیط کشت‌های پلت کانت آگار اضافه شد. پلیت‌های کشت‌داده شده برای شمارش بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست به ترتیب در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز گرمخانه گذاری شدند. با توجه به فاکتور رقت تعداد آن‌ها به صورت  $\log \text{cfu/g}$  گزارش شد (۱۵).

**تجزیه و تحلیل آماری:** برای تحلیل داده‌های حاصل از شاخص‌های کیفیت از برنامه نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۲ و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون توکی استفاده شد. مقدار  $p < 0/05$  به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

### نتایج و بحث

**ارزیابی حسی:** نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان دهنده کیفیت خوب نمونه‌ها و عدم وجود تفاوت

محلول تقطیر شده را توسط اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ قرمز تیتراسیون و عدد تیتراسیون را در عدد ۱۴ ضرب کرده و مقدار TVB-N به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی به دست می‌آید (۱۲).

**سنجش تیوباریتوریک اسید (TBA):** شاخص تیوباریتوریک اسید با استفاده از روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از عضله‌ی چرخ شده ماهی در یک ارلن ۲۵ میلی‌لیتری قرار داده شد و با ۱- بوتانول به حجم رسانده شد این مخلوط به خوبی همگن گردید. میزان ۵ میلی‌لیتر از مخلوط همگن شده به لوله‌های درب‌دار منتقل گردید و به آن ۵ میلی‌لیتر معرف TBA اضافه گردید. سپس لوله‌های درب‌دار در بن ماری با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت قرار داده شدند و پس از آن در دمای محیط قرار گرفته تا خنک گردند. مقدار جذب (As) در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (برحسب میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی) بر اساس فرمول ذیل محاسبه می‌شود (۱۳):

$$\text{رابطه ۱)} \quad \text{TBA} = \text{As} - \text{Ab} \times 50 / 200$$

**سنجش تری متیل آمین (TMA):** سنجش تری متیل آمین بر اساس روش ارائه شده توسط مال و پومیرول (۱۹۸۹) با اندکی تغییرات انجام شد (۱۴). بدین منظور ۱۰ گرم عضله ماهی با ۲۰ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۷/۵ درصد با دستگاه هموژنایزر به مدت دو دقیقه تا بدست آمدن محلول شیری رنگ یکنواخت گردید و بعد بافت یکنواخت شده با سرعت ۴۰۰ g به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و محلول رویی با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ فیلتر شد. برای سنجش تری متیل آمین یک میلی‌لیتر از محلول فوق در داخل لوله آزمایش با آب مقطر به

معنادار بین گونه‌های مورد بررسی است ( $p > 0/05$ ) که با نتایج تحقیق الشیهای و همکاران (۲۰۱۶) و لوجو و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد (۲، ۱۶). در مطالعه ما ماهی شوریده با بالاترین امتیازات حسی و ماهی

جدول ۲- ارزیابی حسی ماهیان عرضه شده در بازار ماهی فروشان چابهار

Table 2- The sensory evaluation of fish sold in Chabahar fish market

پذیرش کلی Total acceptance	بافت Texture	طعم و مزه Taste	بو Odor	رنگ Color	گونه ماهی Fish Species
15.66±0.98 <sup>a</sup>	15.55±0.62 <sup>a</sup>	15.90±2.93 <sup>a</sup>	15.70±1.92 <sup>a</sup>	15.60±2.45 <sup>a</sup>	شانک زرد باله Yellowfin sea ) (bream
14.86±1.22 <sup>a</sup>	15.81±4.12 <sup>a</sup>	15.28±0.95 <sup>a</sup>	15.70±1.34 <sup>a</sup>	14.75±3.07 <sup>a</sup>	بچه زرده Frigate ) (tuna
15.00±2.24 <sup>a</sup>	15.89±1.17 <sup>a</sup>	14.79±4.65 <sup>a</sup>	15.90±2.15 <sup>a</sup>	15.60± 1.84 <sup>a</sup>	سارم دهان بزرگ Largemouth ) (queenfish
14.43±1.99 <sup>a</sup>	15.81±2.39 <sup>a</sup>	14.36±1.28 <sup>a</sup>	15.94±3.03 <sup>a</sup>	15.40±2.45 <sup>a</sup>	گیش میگوئی (Shrimp scad)
14.82±2.15 <sup>a</sup>	14.87±2.15 <sup>a</sup>	14.02±1.92 <sup>a</sup>	14.98±3.14 <sup>a</sup>	15.32±0.99 <sup>a</sup>	طلال Indian ) (mackerel
15.94±2.50 <sup>a</sup>	15.86±1.17 <sup>a</sup>	15.95±2.54 <sup>a</sup>	15.93±4.00 <sup>a</sup>	15.83±1.39 <sup>a</sup>	شوریده Tigertooth ) (croaker
15.92±1.73 <sup>a</sup>	15.86±2.15 <sup>a</sup>	15.84±3.07 <sup>a</sup>	15.94±2.36 <sup>a</sup>	15.80±2.43 <sup>a</sup>	کوتر ساده Pickhandle ) (barracuda
14.99±1.36 <sup>a</sup>	15.55±2.25 <sup>a</sup>	15.33±1.45 <sup>a</sup>	14.49±1.87 <sup>a</sup>	15.63±3.00 <sup>a</sup>	سرخوی معمولی (Golden snapper)
15.66±1.49 <sup>a</sup>	14.81±2.10 <sup>a</sup>	15.68±2.36 <sup>a</sup>	15.12±1.65 <sup>a</sup>	15.00±2.01 <sup>a</sup>	سنگسر معمولی (Javelin grunter)
12.88±1.92 <sup>a</sup>	15.03±1.24 <sup>a</sup>	12.74±1.05 <sup>a</sup>	13.90±0.95 <sup>a</sup>	13.44±1.15 <sup>a</sup>	ساردین پهلوی Goldstripe ) (sardinella

حروف ناهمسان در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ درصد است

نیترژنی غیر پروتئینی و در نتیجه تغییر در طعم و بوی ماهی شده است (۶). نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مول و توسون (۲۰۱۱) بر روی بررسی کیفیت ماهیان عرضه شده با بازار خرده فروشی استانبول در کشور ترکیه که در آن تفاوت معناداری از

در ماهی ساردین پهلوی که جزو ماهیان پرچرب می‌باشد، امتیازات مربوط به طعم و مزه و بوی ماهی به پایین‌ترین مقدار خود رسیده است، این امر احتمالاً به دلیل تجزیه پروتئین‌ها و افزایش میزان آبچک در نمونه‌ها می‌باشد که سبب تشکیل ترکیبات

عرضه شده به بازارهای خرده فروشی استانبول ترکیه که جزو ماهیان پرچرب هست کمتر از  $20 \text{ mg}/100\text{g}$  گزارش شده است (۱۸، ۱۹).

در مطالعه حاضر میزان تری متیل آمین ماهیان در محدوده  $0/7-93/48 \text{ mg}/100\text{g}$  بود، کمترین و بیشترین میزان TMA به ترتیب مربوط به ماهی شوریده و ساردین پهلوی بود (جدول ۳) و تفاوت معناداری بین میزان TMA ماهی ساردین پهلوی طلایی با سایر گونه‌ها مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). تری متیل آمین به میزان ۵-۱ درصد وزن خشک عضله ماهی تازه را تشکیل می‌دهد و میزان آن در ماهیان بسته به گونه و اندازه ماهی، منطقه صید و شرایط فیزیکی متفاوت است (۲۰)، پس تفاوت در میزان تری متیل آمین بین گونه‌های مورد بررسی نیز احتمالاً به همین دلیل باشد. تری متیل آمین از تجزیه باکتری‌ها نشأت می‌گیرد و بنابراین به‌عنوان شاخصی برای رشد باکتری‌ها در نظر گرفته می‌شود (۲۱)، بیشتر بودن آن در ماهی ساردین پهلوی طلایی نیز احتمالاً به دلیل فعالیت بیشتر باکتری‌های احیاء کننده تری متیل آمین اکسید و یا وجود مقادیر بالای تری متیل آمین اکسید در این گونه است. میزان تری متیل آمین به جز در ماهی ساردین پهلوی طلایی در اکثر نمونه‌های ماهی فاصله بسیار زیادی با حد مجاز تعیین شده ( $10-15 \text{ mg}/100\text{g}$ ) توسط تاوارس و همکاران (۲۰۲۱) داشت (۲۲)، که نشان از تازه بودن نمونه‌های مورد بررسی است. معمولاً در ماهیان تازه میزان تری متیل آمین کمتر از  $2 \text{ mg}/100\text{g}$  است (۲۳). در مطالعه ادیمو و همکاران (۲۰۰۸) بر روی ماهیان عرضه شده به بازار Ibadan در کشور نیجریه میزان تری متیل آمین در ماهیان زنده و تازه صید شده  $2/2 \text{ mg}/100\text{g}$  بدست آمد (۲۴). در مطالعه انجام شده توسط سومرس و همکاران (۲۰۱۷) میزان TMA در ماهیان تجاری نیوزیلند معمولاً کمتر از ۲ میلی گرم در ۱۰۰

نظر ارزیابی حسی بین ماهیان و نیز بین عوامل حسی وجود داشت (۱۷) مطابقت ندارد. مقایسه بین امتیازات حسی بدست آمده در گونه‌های مختلف ماهیان مورد بررسی در تحقیق حاضر نشان می‌دهد بیشترین امتیازات عوامل حسی رنگ، بو، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی مربوط به ماهیان شوریده، گیش میگوی، شوریده، سارم دهان بزرگ و ماهی شوریده است. کمترین میزان پذیرش کلی نیز مربوط به ماهی ساردین پهلوی طلایی بود. با افزایش اکسیداسیون چربی، طعم و مزه ماهی تغییر می‌کند که نتیجه آن کمتر بودن امتیازات طعم و مزه و بو و پذیرش کلی در ماهی است که این امر در مطالعه حاضر نیز در ماهی ساردین پهلوی طلایی مشاهده شد.

ارزیابی بیوشیمیایی: میزان TVN در مطالعه حاضر در نمونه‌های مورد بررسی در محدوده  $3/11 \text{ mg}/100\text{g}$  تا  $19/35 \pm 2/23 \text{ mg}/100\text{g}$  (شوریده) بود (جدول ۳) که این میزان پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده توسط منابع مختلف است که با نتایج مطالعه الشیهاوی و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد، زیرا طبق منابع مختلف حداکثر میزان قابل قبول TVBN برای ماهی تازه ۳۰-۳۵ میلی‌گرم نیتروژن در هر ۱۰۰ گرم عضله است (۱۶). در ماهی ساردین پهلوی طلایی و بچه زرده و سنگسر معمولی میزان TVN در مقایسه با سایر گونه‌های مورد بررسی به طور معناداری بیشتر بود ( $p < 0/05$ )، ولی خیلی کمتر از حد مجاز تعیین شده بود که نشان دهنده‌ی تازه بودن این ماهیان هست، از طرفی دیگر افزایش جزئی میزان TVN در این ماهیان احتمالاً به دلیل هیدرولیز پروتئین توسط آنزیم‌های احشایی و عضلانی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها به ویژه زمانی که ماهیان تازه در شرایط نامناسب نگهداری شوند اتفاق می‌افتد (۱۶). مطابق با نتایج مطالعه حاضر در مطالعات سایر محققین نیز میزان TVN ماهی آنچوی

هست و در ماهیان تازه pH زیر ۷ نشان دهنده تازگی و کیفیت مناسب ماهی از نظر مصرف هست (۱۶). در مطالعه حاضر در برخی از گونه‌های مورد بررسی از قبیل سنگسر معمولی، شانک زرد باله، سرخوی معمولی و شوریده علی‌رغم اینکه شاخص‌های ارزیابی حسی، بیوشیمیایی و میکروبی در حد قابل قبولی بودند، مقدار pH بالاتر از این میزان رسید که نشان می‌دهد pH نمی‌تواند به تنهایی شاخص مناسبی برای سنجش کیفیت ماهی باشد. بر خلاف نتایج بدست آمده از مطالعه ما یافته‌های بسیاری از محققان نشان داد که بین میزان pH و تازگی ماهی رابطه چشمگیری وجود دارد که طبق یافته‌های این محققان pH می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای ارزیابی تازگی ماهی به جای روش ارزیابی حسی استفاده شود (۲۸)، اما در مطالعه حاضر این امر مشاهده نشد.

**ارزیابی میکروبی:** در مطالعه حاضر بار باکتریایی کل مزوفیلیک و سرمادوست ماهیان با یکدیگر تفاوت معناداری نشان داد ( $p < 0/05$ ) اما بار باکتریایی در تمام نمونه‌ها کمتر از میزان حد مجاز بود، که بر خلاف نتایج مطالعه حاضر در مطالعه کاستا و همکاران (۲۰۲۰)، بار باکتریایی بین نمونه‌های مورد بررسی تفاوت معناداری نشان نداد ( $p > 0/05$ )، زیرا میزان آلودگی به بار باکتریایی می‌تواند به شرایط نگهداری ماهی پس از صید و نحوه عرضه آن در بازار مرتبط باشد (۲۹، ۳۰). در مطالعه حاضر نیز بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست در ماهیان مورد مطالعه کمتر از حد مجاز تعیین شده بود، به طوری که بیشترین میزان بار باکتریایی مزوفیل مربوط به ساردین پهلو طلایی با میزان  $5/26 \log \text{ cfu/g}$  و بار باکتریایی سرمادوست مربوط به بچه زرده با میزان  $\log \text{ cfu/g}$  ۲/۶۶ بود. مطابق با نتایج مطالعه حاضر برخی از محققین تعداد کل بار باکتریایی در ماهیان تازه صید شده را در محدوده مطالعه ما گزارش نمودند (۳۱، ۳۲).

گرم بود (۲۳) که به جز در مورد ماهی ساردین پهلو طلایی و بچه زرده، نتایج مطالعه حاضر با مطالعه ادیمو و همکاران (۲۰۰۸) و سومرس و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد (۲۳، ۲۴).

در مطالعه حاضر میزان TBA در ماهی کوتر ساده، سرخوی معمولی و سنگسر معمولی به طور معناداری کمتر از سایر گونه‌ها بود ( $p < 0/05$ ) و بیشترین میزان آن در ماهی بچه زرده با میانگین  $4/30 \pm 0/088 \text{ mg MDA/kg}$  بدست آمد (جدول ۳). در مطالعه‌ای توسط لاوزون و همکاران (۲۰۱۰) توسعه ترکیبات اکسیداسیون لیپیدهای اولیه و ثانویه در عضلات ماهی تیره و سفید ماهیان مورد مطالعه قرار گرفت، همانطور که انتظار می‌رفت، مقادیر TBA برای عضله تیره به طور قابل توجهی بالاتر از عضله سفید بود که به دلیل محتوای زیاد چربی در عضله تیره است (۲۵)، بنابراین در مطالعه حاضر نیز ماهی بچه زرده و ساردین پهلو طلایی به دلیل داشتن عضلات تیره زیاد دارای میزان بیشتری TBA نسبت به سایر گونه‌ها بودند. در مطالعه‌ای توسط یوککپه و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ماهیان برداشت شده از تالاب Hadejia-Nguru کشور نیجریه میزان TBA در ماهی لجنی و *Gnathonemus petersii* پس از ۶ ساعت نگهداری نزدیک به ۸ و بعد از ۱۲ ساعت به بالاتر از حد مجاز رسید، زمانی که میزان TBA به بالاتر  $8 \text{ mg MDA/kg}$  برسد معمولاً ماهی فاسد در نظر گرفته می‌شود (۲۶)، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت ندارد.

در مطالعه حاضر محدوده pH گونه‌های مختلف ماهیان مورد بررسی بین ۶/۰۵ (گیش میگوی) تا ۷/۶۳ (سنگسر معمولی) بود و بر خلاف نتایج مطالعه الشیهاوی و همکاران (۲۰۱۶) و پدروسامناپیتو و رگن استین (۱۹۸۸) بر روی ماهیان تازه صید شده (۱۶، ۲۷)، تفاوت معناداری در میزان آن در بین گونه‌های مورد بررسی مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). معمولاً میزان pH در ماهیان تازه صید شده در محدوده خنثی



جدول ۳- آنالیز بیوشیمیایی ماهیان عرضه شده به بازار ماهی فروشان چابهار  
Table 3- The biochemical evaluation of fish sold in Chabahar fish market

pH	TBA (mg MDA/kg)	TMA (mg/100g)	TVN (mg/100g)	گونه ماهی Fish Species
7.32±0.62 <sup>a</sup>	2.60±0.099 <sup>ab</sup>	1.22±0.16 <sup>a</sup>	12.60±0.33 <sup>b</sup>	شانک زرد باله Yellowfin sea ) (bream
6.11±0.83 <sup>a</sup>	4.30±0.088 <sup>a</sup>	4.70±1.22 <sup>a</sup>	18.20±1.95 <sup>ab</sup>	بچه زرده Frigate ) (tuna
6.89±0.18 <sup>a</sup>	2.90±0.065 <sup>ab</sup>	1.90±0.15 <sup>a</sup>	12.60±2.06 <sup>b</sup>	سارم دهان بزرگ Largemouth ) (queenfish
6.05±1.03 <sup>a</sup>	2.70±0.085 <sup>ab</sup>	3.94±0.77 <sup>a</sup>	15.40±4.00 <sup>ab</sup>	گیش میگوی Shrimp ) (scad
6.15±0.48 <sup>a</sup>	3.02±0.048 <sup>ab</sup>	2.29±0.68 <sup>a</sup>	16.47±0.99 <sup>ab</sup>	طلال Indian ) (mackerel
7.16±0.62 <sup>a</sup>	1.76±0.094 <sup>ab</sup>	0.93±0.011 <sup>a</sup>	12.44±3.11 <sup>b</sup>	شوریده Tigertooth ) (croaker
6.55±0.99 <sup>a</sup>	0.6±0.17 <sup>b</sup>	2.07±0.29 <sup>a</sup>	15.40±1.19 <sup>ab</sup>	کوتر ساده Pickhandle ) (barracuda
7.48±0.25 <sup>a</sup>	0.48±0.081 <sup>b</sup>	1.33±0.16 <sup>a</sup>	16.00±1.72 <sup>ab</sup>	سرخوی معمولی (Golden snapper)
7.63±1.07 <sup>a</sup>	0.54±0.025 <sup>b</sup>	1.18±0.21 <sup>a</sup>	18.00±1.44 <sup>ab</sup>	سنگسر معمولی Javelin ) (grunter
6.11±0.80 <sup>a</sup>	3.56±0.39 <sup>a</sup>	7.48±1.00 <sup>b</sup>	a19.35±2.33 <sup>a</sup>	ساردین پهلوی Goldstripe ) (sardinella

حروف ناهمسان در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ درصد است.

فعالیت میکروبی و تجزیه ماهی توسط باکتری‌ها پس از صید شروع می‌شود و تغییراتی که از نظر pH، محیط نگهداری و ترکیب مواد مغذی در بدن ماهی اتفاق می‌افتد می‌تواند بر روی میکروفلور ماهی تاثیر داشته باشد (۳۷)، بنابراین اختلاف در شمارش بار باکتریایی کل در مطالعه حاضر با مطالعات سایر محققین احتمالا به همین دلایل هست (جدول ۴).

در مطالعات انجام شده توسط دی فرایرا و همکاران (۲۰۲۱) و اتتی ان و همکاران (۲۰۲۲) بار باکتریایی کل در اغلب نمونه‌های ماهی تازه کمتر از حد مجاز گزارش شده است (۳۳، ۳۴)، اما برخلاف نتایج مطالعه حاضر در مطالعه‌ای توسط پراسای و همکاران (۲۰۲۲) و میتی کو و همکاران (۲۰۲۳) بار باکتریایی کل در تمام ماهیان مورد بررسی بالاتر از حد قابل قبول گزارش شد (۳۵، ۳۶). با توجه به اینکه

جدول ۴- ارزیابی میکروبی ماهیان عرضه شده به بازار ماهی فروشان چابهار

Table 4- The microbial evaluation of fish sold in Chabahar fish market

بakteriایی سرمادوست (log cfu/g)	بakteriایی مزوفیل (log cfu/g)	گونه ماهی Fish Species
1.5±0.56 <sup>ab</sup>	2.16±0.11 <sup>b</sup>	شانک زرد باله (Yellowfin sea bream)
2.66±0.54 <sup>a</sup>	3.86±1.49 <sup>a</sup>	بچه زرده (Frigate tuna)
1.62±0.13 <sup>ab</sup>	1.84±0.15 <sup>b</sup>	سارم دهان بزرگ (Largemouth queenfish)
2.00±0.61 <sup>ab</sup>	2.30±0.35 <sup>b</sup>	گیش میگوی (Shrimp scad)
1.15±0.11 <sup>ab</sup>	2.90±0.63 <sup>b</sup>	طلال (Indian mackerel)
1.00±0.10 <sup>b</sup>	2.25±0.1 <sup>b</sup>	شوریده (Tigertooth croaker)
1.37±0.14 <sup>ab</sup>	1.92±0.12 <sup>b</sup>	کوتر ساده (Pickhandle barracuda)
1.15±0.14 <sup>ab</sup>	2.00±0.27 <sup>b</sup>	سرخوی معمولی (Golden snapper)
1.34±0.21 <sup>ab</sup>	2.00±0.22 <sup>b</sup>	سنگسر معمولی (Javelin grunter)
2.45±0.50 <sup>ab</sup>	5.26±0.45 <sup>a</sup>	ساردین پهلوی (Goldstripe sardinella)

حروف ناهمسان در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ درصد است.

هست، هر چند که نقایصی در بحث دستکاری ماهی هم پس از صید و هم طی نگهداری و عرضه در بازار ماهی فروشان چابهار از جمله شرایط نامناسب بهداشتی سالن فروش، کارگران و ماشین‌های حمل و نقل وجود دارد، بنابراین پیشنهاد می‌شود که در کنار توجه به تازگی و حفظ کیفیت ماهی و صید آن‌ها با استفاده از قلاب، در بحث خرده‌فروشی بایستی ساماندهی بازار ماهی، کنترل شرایط بهداشتی از زمان صید تا عرضه به بازار، چینش ماهیان، نحوه یخ‌گذاری و عرضه در محل بایستی مورد توجه قرار گرفته و برای عمده‌فروشی کاهش واسطه‌ها به منظور عرضه ماهی با قیمت مناسب نقش مهمی دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج بدست آمده از مقادیر شاخص‌های حسی و شیمیایی در گونه‌های مورد بررسی نشان داد که تمام نمونه‌های ماهی مورد مطالعه کیفیت قابل قبولی داشتند و تفاوت قابل توجهی بین گونه‌های ماهیان مورد بررسی از نظر کیفی وجود نداشت، اما در ماهیان با چربی بالاتر مانند ساردین پهلوی میزبان TMA و TBA بیشتر از سایر گونه‌ها بود، بنابراین در مقایسه با بقیه ماهیان، بیشتر مستعد افت کیفیت و فساد هستند. پایین بودن مقادیر شاخص‌های شیمیایی و میکروبی و بالابودن امتیازات حسی گونه‌های مورد بررسی در مطالعه نشان دهنده تازه بودن این ماهیان

### References

- García, M.R., Ferez-Rubio, J.A., and Vilas, C. 2022. Assessment and Prediction of Fish Freshness Using Mathematical Modelling: A Review. *Foods*. 11:15.2312.
- Lujuo, E.J., Mkupasi, E.M., and Lamtane, H.A. 2022. Assessment of the physico-chemical and sensory properties of frozen fillets of tuna and tuna-related fish species marketed along the Tanga and Mtwara coastlines, Tanzania. *International Journal of Food Properties*. 25:1.2661-2673.
- Zhang, Z., Sun, Y., Sang, S., Jia, L., and Ou, C. 2022. Emerging Approach for Fish Freshness Evaluation: Principle, Application and Challenges. *Foods*. 11:13.1897.
- Monteiro, M.L.G., Mársico, E.T., Mano, S.B., da Silveira Alvares, T., Rosenthal, A., Lemos, M., Ferrari, E., Lázaro, C.A., and Conte-Junior, C.A. 2018. Combined effect of high

- hydrostatic pressure and ultraviolet radiation on quality parameters of refrigerated vacuum-packed tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Scientific Reports*. 8:1.1-11.
5. Prabhakar, P.K., Vatsa, S., Srivastav, P.P., and Pathak, S.S. 2020. A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food Research International*. 133.109157.
  6. Freitas, J., Vaz-Pires, P., and Câmara, J.S. 2021. Quality Index Method for fish quality control: Understanding the applications, the appointed limits and the upcoming trends. *Trends in Food Science & Technology*. 111.333-345.
  7. Viana, F.M., Monteiro, M.L.G., Ferrari, R.G., Mutz, Y.S., Martins, I.B., Salim, A.P.A., De Alcantara, M., Deliza, R., Mano, S.B., and Conte-Junior, C.A. 2022. Multivariate Nature of Fish Freshness Evaluation by Consumers. *Foods*. 11:14.2144.
  8. Asogwa, V.C., and Asogwa, J.N. 2019. Marketing of fish products. *Journal of Marine Biology and Aquaculture*. 8.55-61.
  9. Ravi, V. 2014. *Practical Manual on Keys to Marine Fish Identification*. Narendra Publishing House, New Delhi, 158p.
  10. Ludroff, W., and Meyer, V. 1973. *Fische Und Fischerzeugnisse*. Paul Parey Verlag, Hamburg-Berlin, 294p.
  11. Howgate, P. 2009. Traditional methods. *Fishery products: quality, safety and authenticity*. 19-41.
  12. AOAC. 2002. *Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists*. Association of Official Analytical Chemists, (14th ed.), Washington, DC.
  13. Egan, H., Kirk, R., and Sawyer, R. 1997. *Pearson's Chemical Analysis of Foods*, 9th ed., pp. 609-634. Churchill Livingstone, Edinburgh, Scotland, UK.
  14. Malle, P., and Poumeyrol, M. 1989. A new chemical criterion for the quality control of fish: trimethylamine/total volatile basic nitrogen (%). *Journal of food protection*. 52:6.419-423.
  15. Sallam, K.I., Ahmed, A.M., Elgazzar, M.M., and Eldaly, E.A. 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4 C. *Food Chemistry*. 102:4.1061-1070.
  16. ElShehawy, S.M., Gab-Alla, A.A.E.F., and Mutwally, H.M. 2016. Quality attributes of the most common consumed fresh fish in Saudi Arabia. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 5:2.85-94.
  17. Mol, S., and Tosun, S. Y. 2011. The quality of fish from retail markets in Istanbul, Turkey. *Journal of Fisheries Sciences*. 5:1.1-16.
  18. Özden, Ö., and Baygar, T. 2003. Farklı Paketleme Yöntemlerinin Marine Edilmifl Balıkların Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 27.899-906.
  19. Varlık, C., Erkan, N., Meten, S., Bayagar, T., and Özden, Ö. 2000. Marine Balık Köftesinin Raf Ömrünün Belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 24.593-597.
  20. Huang, Y.R., Huang, W.Y., Jen, H.C., Liu, B.Y., Huang, K.M., and Hwang, D.F. 2020. Comparative variations of extractive nitrogenous components and quality in fresh muscle and dried product of rabbitfish (*Siganus fuscescens*) in Taiwan. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 29:7.693-706.
  21. Jianadasa, B.K.K.K., Ginigaddarage, P.H., and Ariyawansa, S. 2014. A Comparative quality assessment of five types of selected fishes collected from retail market in Sri Lanka. *American Journal of Food Science and Technology*. 2:1.21-27.
  22. Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L.G., Lima, V., Amaral, R.A., Pinto, C.A., Silva, A.M. and Saraiva, J.A. 2021. Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods*, 10(4):780.
  23. Summers, G., Wibisono, R.D., Hedderley, D.I., and Fletcher, G.C. 2017. Trimethylamine oxide content and spoilage potential of New Zealand commercial fish species. *New Zealand journal of marine and freshwater research* 51:3.393-405.
  24. Adeyemo, O.K., Aluko, O.O., and Agbede, S.A. 2008. Effect of temperature on spoilage of fresh and frozen fish sold in markets in Ibadan. *African Journal of Livestock Extension*. 6.

25. Lauzon, H.L., Margeirsson, B., Sveinsdóttir, K., Gudjónsdóttir, M., Karlsdóttir, M.G., and Martinsdóttir, E. 2010. Overview on fish quality research-Impact of fish handling, processing, storage and logistics on fish quality deterioration. *Skýrsla Matis*. 39-10.
26. Ukekpe, U.S., Gashua, I.B., and Okoye, U.J. 2014. Evaluation of rancidity rate of oil in selected fish species harvested from Hadejia-Nguru Wetlands, Nigeria. *International journal of current microbiology and applied sciences*. 3:11.122-128.
27. Pedrosa-Menabrito, A.L., and Regenstein, J.M. 1988. Shelf-life Extension of Fresh Fish—A Review Part I—Spoilage of Fish. *Journal of Food Quality*. 11:2.117.
28. Abbas, K.A., Mohamed, A., Jamilah, B., and Ebrahimian, M. 2008. A review on correlations between fish freshness and pH during cold storage. *American J of biochemistry and biotechnology*. 4: 4.416-421.
29. Costa, J.C.C.P., Floriano, B., Villegas, I.M.B., Rodríguez-Ruiz, J.P., Posada-Izquierdo, G.D., Zurera, G. and Pérez-Rodríguez, F. 2020. Study of the microbiological quality, prevalence of foodborne pathogens and product shelf-life of Gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from aquaculture in estuarine ecosystems of Andalusia (Spain). *Food microbiology*, 90: 103498.
30. Xu, Y., Zang, J., Regenstein, J.M. and Xia, W. 2021. Technological roles of microorganisms in fish fermentation: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(6):1000-1012.
31. Acuff, G., Izat, A.L., and Finne, G. 1984. Microbial flora of pond-reared tilapia (*Tilapia aurea*) held on ice. *Journal of food protection*. 47:10.778-780.
32. Gelman, A., Glatman, L., Drabkin, V., and Harpaz, S. 2001. Effects of storage temperature and preservative treatment on shelf life of the pond-raised freshwater fish, silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Journal of food protection*. 64:10.1584-1591.
33. de Ferreira, A.C.A., da Silva Monteiro, E., de Oliveira Sousa, D., de Souza Silva, C.M., da Silva, I.C.R. and Orsi, D.C. 2021. Microbiological quality assessment of fresh tilapia marketed in the Federal District and of the ice used for its conservation. *Scientia Plena*, 17(12).
34. Attien, P., Toe, E., Kouassi, K.A., Zébré, A.C., Gomé, M.N., Sina, H., Assohoun-Djeni, N.M.C., Konan, A., Coulibaly, I., Lamine, B.M. and Dadie, A. 2022. Evaluation of health risks related to the consumption of fish from the guéssabo river. *Food and Nutrition Sciences*, 13(1): 55-64.
35. Prasai, S., Shrestha, P., Pandey, S., Adhikary, I., Gurung, S. and Prajapati, K. 2022. Microbial Quality Assessment of Raw Freshwater Fish Sold in Local Markets of Kathmandu Valley. *Nepal Journal of Biotechnology*, 10(1): 7-12.
36. Mitiku, B.A., Mitiku, M.A., Ayalew, G.G., Alemu, H.Y., Geremew, U.M. and Wubayehu, M.T. 2023. Microbiological quality assessment of fish origin food along the production chain in upper Blue Nile watershed, Ethiopia. *Food Science & Nutrition*. 11(2): 1096–1103.
37. Tahsin, K. N., Soad, A. R., Ali, A. M., and Moury, I. J. 2017. A Review on the Techniques for Quality Assurance of Fish and Fish Products. *International J of Advances research in Science, Engineering and Technology*. 4:7.4190-4206.

## Characterization of physicochemical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin edible films containing oregano essence

Parya Miri<sup>1</sup>, Mohammadyar Hosseini<sup>2\*</sup>, Tayeb Saifi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bachelor student of food hygiene, Faculty of paraveterinary, Ilam University, Ilam, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran,  
Email: m.hosseini@ilam.ac.ir

<sup>3</sup> Master of Veterinary Science, Faculty of paraveterinary, Ilam University, Ilam, Iran

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 2023-03-18  
Revised: 2023-05-14  
Accepted: 2023-05-27

**Keywords:**  
Oregano essential oil  
Gelatin  
Mechanical properties  
Antioxidant  
Edible film

### ABSTRACT

**Background and objectives:** In order to reduce the use of antibiotics, additives and chemical preservatives, natural antimicrobial substances can be used in the composition of packaging. In the researches related to the production and evaluation of edible films in recent years, the use of essential oils (such as clove, cinnamon, ginger and basil essential oils) for microbial protection, delay food spoilage (chemical and microbial) and reducing food waste has a significant consideration. Films containing gelatin have good mechanical resistance and this substance can be used in the production of edible film due to its gel-forming properties (the presence of proline and hydroxyproline amino acids). Considering the abundance and availability of oregano in our country and considering the cheap price of gelatin, this type of film composition has no research history and can be used in food.

**Materials and methods:** In this research, the effect of different concentrations of oregano essential oil on properties of gelatin edible film was investigated. The independent variables includes different concentrations of oregano essential oil (0, 1.25, 2.5 and 3.75%) and the dependent variables include physicochemical tests (solubility, vapor permeability, thickness and turbidity), mechanical tests (elongation to the breaking point, tensile strength and Young's model), antioxidant property and antimicrobial activity of edible films. All experiments were performed in three replicates (n=3) with completely random sampling. One-way analysis of variance (ANOVA) and comparison of mean data was performed based on Duncan's multi-range test using Minitab18 software at a probability level of 0.05.

**Results:** In this research, the highest tensile strength and elongation at break point was 2.5% in the treatment. In the treatments of the films, the lowest solubility and permeability were observed in the concentrations of 3.75% and 1.25% of essential oil, respectively. In all treatments, turbidity was not significant, and in essential oil concentration of 2.5%, it had the highest value among the treatments. The maximum thickness was obtained for film

---

---

containing 3.75% essential oil (0.058 mm), which was not significant in all treatments ( $p < 0.05$ ). Antioxidant property was significant in all treatments of edible films ( $p < 0.05$ ). The largest diameter of the inhibition halo in the disk diffusion method in the presence of film containing 3.75% essential oil was related to *Staphylococcus aureus* with an average of 18.26 mm. The mean halo diameter for *Pseudomonas aerogenesa* and *Escherichia coli* was reported to be 8.27 and 8.9 mm, respectively.

**Conclusion:** The results of this research showed that adding oregano essential oil to gelatin film at a concentration of 2.5%, in addition to inhibiting the growth and proliferation of bacteria, creating films with sufficient strength which can be used in perishable foods.

---

**Cite this article:** Miri, P., Hosseini, M., Saifi, T. 2023. Characterization of physicochemical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin edible films containing oregano essence. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (1), 57-74.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21204.1749

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

### ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و ضد میکروبی فیلم خوراکی ژلاتین حاوی اسانس پونه

پریا میری<sup>۱</sup>، محمدیار حسینی<sup>۲\*</sup>، طیب سیفی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی بهداشت مواد غذایی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

<sup>۲</sup> استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: m.hosseini@ilam.ac.ir

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد باکتری شناسی دامپزشکی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی-پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> به منظور کاهش استفاده از آنتی بیوتیک‌ها، افزودنی‌ها و نگهدارنده‌های شیمیایی می‌توان در ترکیب بسته‌بندی‌ها از مواد ضد میکروبی طبیعی استفاده نمود. در پژوهش‌های مربوط به ساخت و ارزیابی فیلم‌های خوراکی در سال‌های اخیر استفاده از انواع اسانس (مانند اسانس میخک، دارچین، زنجبیل و ریحان) برای محافظت میکروبی، به تعویق انداختن فساد مواد غذایی (شیمیایی و میکروبی) و کاهش ضایعات غذایی جایگاه قابل توجهی به دست آورده‌اند. فیلم‌های حاوی ژلاتین مقاومت مکانیکی مناسبی دارند و این ماده به دلیل داشتن خاصیت تشکیل ژل (وجود آمینو اسیدهای پرولین و هیدروکسی پرولین) می‌تواند در تولید فیلم خوراکی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به فراوانی و در دسترس بودن پونه در کشورمان و با توجه به قیمت ارزان ژلاتین، این نوع ترکیب فیلم سابقه پژوهشی ندارد و می‌تواند در مواد غذایی به کار رود.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> اسانس پونه ژلاتین خواص مکانیکی آنتی اکسیدانی فیلم خوراکی	<b>مواد و روش‌ها:</b> در این پژوهش به بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف اسانس پونه بر ویژگی‌های فیلم خوراکی ژلاتین پرداخته شد. متغیر مستقل شامل غلظت‌های مختلف اسانس پونه (۰، ۱/۲۵، ۲/۵ و ۳/۷۵ درصد) و متغیرهای وابسته شامل آزمایشات فیزیکوشیمیایی (حلالیت، نفوذپذیری به بخار، ضخامت و کدورت)، آزمایشات مکانیکی (ازدیاد طول تا نقطه شکست، مقاومت به کشش و مدول یانگ)، خاصیت آنتی اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های خوراکی بود. تمامی آزمایشات در سه تکرار (n=3) با نمونه‌گیری کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار Minitab18 در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گرفت.
	<b>یافته‌ها:</b> در این تحقیق بالاترین میزان استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه شکست در تیمار ۲/۵ درصد بود. در تیمارهای فیلم‌ها، کمترین میزان حلالیت و نفوذپذیری به ترتیب در غلظت ۳/۷۵ و ۱/۲۵ درصد اسانس مشاهده شد. در تمامی تیمارها کدورت معنی دار نبود و در غلظت اسانس ۲/۵ درصد بیشترین مقدار را در بین تیمارها به خود اختصاص داد. مقدار ضخامت در

---

فیلم حاوی ۳/۷۵ درصد اسانس بیشترین مقدار (۰/۰۵۸ میلی‌متر) به‌دست آمد که در همه تیمارها معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ). در تمامی تیمارهای فیلم‌های خوراکی خاصیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). بیشترین قطر‌هاله بازدارندگی در روش دیسک انتشاری در حضور فیلم حاوی ۳/۷۵ درصد اسانس مربوط به استافیلوکوکوس اورئوس با متوسط ۱۸/۲۶ میلی‌متر بود. متوسط قطر‌هاله برای سودوموناس آئروژینوزا و اشریشیاکلی به ترتیب ۸/۲۷ و ۸/۹ میلی‌متر گزارش شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد افزودن اسانس پونه به فیلم ژلاتینی در غلظت ۲/۵ درصد، علاوه بر مهار رشد و تکثیر باکتری‌ها، فیلم‌هایی با استحکام کافی ایجاد کرده که می‌تواند در مواد غذایی با قابلیت فسادپذیری بالا استفاده شود.

---

**استناد:** میری، پ.، حسینی م.ی.، سیفی، ط. (۱۴۰۲). ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و ضد میکروبی فیلم خوراکی ژلاتین حاوی اسانس پونه. فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۱۵ (۱)، ۷۴-۵۷.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21204.1749

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسندگان.



## مقدمه

استفاده از بسته‌بندی‌های پلاستیکی در پوشش مواد غذایی به علت تجزیه‌پذیر نبودن و همچنین بروز مشکلاتی از قبیل مهاجرت مواد شیمیایی سمی نظیر بیسفنل A، آلکیل فنل، اکتیل فنل، فتالات‌ها، سرب و غیره از آن‌ها به درون ماده غذایی نگرانی‌هایی را به دنبال دارد. بنابراین از پوشش‌هایی که در صنایع غذایی به طور وسیعی مورد توجه قرار گرفته‌اند می‌توان به فیلم‌های ترکیبی خوراکی اشاره کرد (۱) و به عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل تغییرات فیزیولوژیکی، میکروبی و فیزیوشیمیایی در مواد غذایی مطرح می‌باشند (۲،۳). فیلم‌های خوراکی حاوی ژلاتین مقاومت مکانیکی مناسب و مقاومت به آب ضعیفی دارند و این ماده به دلیل داشتن خاصیت تشکیل ژل (وجود آمینواسیدهای پرولین و هیدروکسی پرولین) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). ژلاتین می‌تواند فیلم خوراکی برای حفاظت در برابر خشک شدن، نور و اکسیژن تشکیل دهد (۶،۵) از راه‌های بهبود خواص فیزیوشیمیایی فیلم‌های ژلاتین افزودنی‌هایی مانند اسانس‌ها جهت تقویت ساختار آن می‌باشد. با این حال فیلم ژلاتین دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ضعیفی بوده و بنابراین برای بسته‌بندی مواد غذایی فسادپذیر و فرآورده‌های گوشتی مناسب نمی‌باشد (۷، ۸، ۹، ۱۰).

به منظور کاهش استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، افزودنی‌ها و نگهدارنده‌های شیمیایی می‌توان در ترکیب این بسته‌بندی‌ها از مواد ضد میکروبی طبیعی استفاده نمود (۱۱). در پژوهش‌های مربوط به ساخت و ارزیابی فیلم‌های خوراکی در سال‌های اخیر استفاده از انواع اسانس (مانند اسانس میخک، دارچین، زنجبیل و ریحان) برای محافظت میکروبی، به تعویق انداختن فساد مواد غذایی (شیمیایی و میکروبی) و کاهش ضایعات غذایی جایگاه قابل توجهی به دست آورده‌اند

(۴، ۱۲، ۱۳، ۱۴). اسانس‌ها ترکیبات طبیعی فراری هستند که از متابولیت‌های ثانویه گیاهان به شمار می‌آیند که به دلیل ایمن بودن آن‌ها در لیست GRAS قرار گرفته‌اند. در میان ادویه جات، پونه کوهی اغلب به عنوان ادویه ای با عطر و طعم مورد پسند همه است که دارای اسانسی با ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی مناسب است. بیشترین ترکیب فعال اسانس پونه کوهی ترکیبات فنولیک مونوترپن کارواکرول (۳۲ درصد) و تیمول (۳۵ درصد) هستند که اثر آنتی‌اکسیدانی پونه کوهی مربوط به این ایزومرها می‌باشد. هدف استفاده از اسانس‌های گیاهی در فیلم‌های زیست تخریب پذیر، بهبود اثرات ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و نفوذ پذیری فیلم‌های هیدروفیل می‌باشد. از طرف دیگر ترکیب اسانس با فیلم باعث کاهش از دست رفتن ترکیبات فرار اسانس در طول زمان نگهداری می‌شود، لذا اسانس در یک غلظت بالا و برای مدت طولانی تر در سطح فرآورده باقی می‌ماند (۱۵، ۱۶). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی پیرامون نگهدارنده‌های طبیعی صورت گرفته است. محققین استفاده از اسانس‌های گیاهی را برای محافظت از انواع مواد غذایی در مقابل میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماریزا را نشان داده‌اند. بونیلا و همکاران (۲۰۱۸) خواص فیزیکی اسانس‌های اوژنول و زنجبیل در فیلم‌های ژلاتین/کیتوزان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد افزایش قابل توجهی در خاصیت ارتجاعی کلیه فیلم‌ها پس از افزودن ترکیبات فعال مشاهده شد، در حالی که نفوذپذیری بخار آب تا حد زیادی تحت تأثیر قرار نمی‌گرفت (۹). شهبازی و همکاران (۲۰۱۸) اثر ضدباکتریایی فیلم ژلاتین حاوی اسانس گیاه کاکوتی کوهی و عصاره هسته انگور را علیه استافیلوکوکوس اورئوس در گوشت چرخ کرده گاو بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تعداد باکتری‌های

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر اسانس پونه بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، مکانیکی، آنتی اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی فیلم خوراکی ژلاتین می باشد.

### مواد و روش‌ها

**مواد:** ژلاتین، مواد شیمیایی و محیط‌های کشت میکروبی مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت مرک می باشد. گیاه پونه (*Mentha longifolia*) از دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام تهیه شد. سویه‌های میکروبی از دانشکده پیرادامپزشکی دانشگاه ایلام تهیه شدند. آنالیز اسانس پونه با دستگاه GC-MS (Shimadzu ژاپن) انجام شد.

**استخراج اسانس:** استخراج اسانس از گیاه خشک و پودر شده پونه به روش تقطیر آبی با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد (مواد گیاهی پودر شده داخل مخزن تقطیر در آب غوطه ور شده و طی عملیات گرم شدن و جوش آمدن، اسانس‌ها از سطح یا داخل گیاه به وسیله‌ی پدیده‌ی انتشار وارد آب می شوند و با توجه به اختلاف چگالی بین اسانس و آب، این دو از هم جدا می گردند) انجام شد. سپس اسانس جمع‌آوری شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شیشه تیره نگهداری شد (۲۲).

**تهیه فیلم:** محلول‌های ژلاتین و اسانس پونه به صورت جداگانه تهیه شدند. ابتدا محلول ۳ درصد ژلاتین همراه با هم‌زدن ملایم (۴۰۰ دور در دقیقه) با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شد. سپس ۳۵ درصد پلاستی‌سایزر گلیسرول (براساس وزن ماده خشک مصرفی) افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه ترکیب شد. در مرحله بعد غلظت‌های (۰، ۱/۲۵، ۲/۵، ۳/۷۵ درصد) از اسانس پونه به محلول ژلاتین افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه با هم مخلوط شدند و پس از افزودن ۰/۲ درصد

استافیلوکوکوس اورئوس در تمامی نمونه‌های گوشت چرخ شده بسته‌بندی شده با فیلم‌های ژلاتین حاوی اسانس کاکوتی کوهی و عصاره هسته انگور نسبت به گروه کنترل به صورت معنی‌داری کمتر می باشد (۱۸). اختر و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ی نشان دادند که عصاره طبیعی گیاهان یک افزودنی مفید است که باعث افزایش خواص عملکردی این فیلم‌ها می شود و با بررسی اثر رنگهای طبیعی موجود در چغندر قند و هویج روی فیلم HPMC به این نتیجه رسیدند که این ترکیبات باعث افزایش مقاومت در برابر نور و در نتیجه باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی آنها می شود (۱۹). هان و همکاران (۲۰۰۳) خواص فیزیکی فیلم ترکیبی سدیم آلزینات و کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس دارچین را بررسی کردند. تحقیقات آنها نشان داد که اسانس دارچین باعث کاهش ضخامت، نفوذپذیری به بخار آب و نفوذپذیری به اکسیژن می‌شود (۲۰). وو و همکاران (۲۰۱۷) خواص فیزیکوشیمیایی فیلم‌های حاوی اسانس دارچین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استحکام کششی، افزایش طول تا نقطه شکست و محتوای رطوبتی فیلم مبتنی بر ژلاتین با افزایش غلظت اسانس کاهش می‌یابد، اما نفوذپذیری به بخار آب آن افزایش یافت (۴). لنگرودی و همکاران (۲۰۱۸) اثر ضد میکروبی عصاره سماق با پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس پونه شیرازی را بر نگهداری گوشت گاو بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده و معمولی را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که کاهش معنی‌داری در شمارش کلی باکتری‌ها، لاکتیک اسید باکتری‌ها، سودوموناس‌ها، کپک و مخمر در همه‌ی تیمارها نسبت به تیمار کنترل در زمان نگهداری مشاهده شد (۲۱).

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی در مورد فیلم ضد میکروبی ژلاتین حاوی اسانس پونه انجام نشده است،

شد (ASTM-E96-95, 1995). در یک ظرف ۱۴ میلی‌لیتری، ۱۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته شد و توسط فیلم‌های ژلاتینی مورد بررسی با مساحت ۱/۵ سانتی متر مربع درب بندی شد. بطری دربندی شده ابتدا توزین گردید و در محفظه دارای سیلیکاژل با میزان رطوبت نسبی و دمای مشخص قرار گرفت. هر ۱۲ ساعت و به مدت ۳ روز توزین ظرف انجام شد. سپس نمودار تغییرات وزن ظرف در برابر زمان رسم شد. شیب آن محاسبه و میزان نفوذپذیری نسبت به رطوبت با فرمول زیر محاسبه شد (۲۳).

$$WVP^1 (gm^{-1}pa^{-1}s^{-1}) = \frac{W \times X}{A \times t \times \Delta p}$$

W میزان اختلاف وزن بطری، X ضخامت فیلم ژلاتینی، A مساحت فیلم ژلاتینی (m<sup>2</sup>), t زمان بر حسب ثانیه و  $\Delta p$  اختلاف فشار بخار اتمسفر دو سمت فیلم، ظرف حاوی آب خالص و محفظه دارای سیلیکاژل است.

**ویژگی‌های مکانیکی:** خواص مکانیکی فیلم‌ها شامل قدرت کششی (مگاپاسکال)، افزایش طول تا نقطه شکست (درصد) و مدول یانگ (مگاپاسکال) می‌باشد. این ویژگی‌ها بر اساس استاندارد ASTM-D882 و با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TA-Plus, England) محاسبه شد (ASTM, 2001). ابتدا فیلم‌ها به ابعاد ۱×۱۰ cm<sup>2</sup> بریده شدند و ضخامت در ۱۰ نقطه محاسبه گردید. فیلم‌ها به مدت ۳ روز در دسیکاتور حاوی محلول منیزیم نیترات با رطوبت ۵۵ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشروط شدند و سپس بین دو فک دستگاه بافت‌سنج با فاصله اولیه ۵۰mm و سرعت حرکت فک ۵۰mm/min قرار داده شدند و ویژگی‌های مکانیکی شامل قدرت کششی، درصد افزایش طول تا نقطه شکست (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در ۱۰۰) و هم چنین مدول یانگ

توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر به نمونه‌ها با دستگاه هموژنایزر، یکنواخت گردید و به محلول ژلاتین و گلیسرول افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه ترکیب شدند. در نهایت محلول‌های حاصل داخل پلیت‌هایی با قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد و پس از خشک شدن کامل در دمای محیط فیلم‌ها از پلیت جدا شده و داخل فویل‌های آلومینیومی در دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم اشباع در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به مدت ۷۲ ساعت برای انجام آزمایشات قرار داده شد (۲۳).

**اندازه‌گیری ضخامت فیلم‌ها:** تعیین ضخامت فیلم‌ها برای آزمایشات مکانیکی، نفوذپذیری به بخار آب و خواص نوری امری ضروری می‌باشد. ضخامت فیلم‌های تولیدی توسط میکرومتر (Mitutoyo ژاپن) با دقت نزدیک به ۰/۰۰۱ میلی‌متر و در ۱۰ نقطه مختلف از هر نمونه اندازه‌گیری شد و در نهایت مقدار میانگین ضخامت محاسبه شده و در تعیین قدرت کششی، نفوذ پذیری به بخار آب و کدورت استفاده گردید (۲۳).

**حلالیت:** برای تعیین حلالیت ابتدا تکه‌های فیلم (۲cm×۲cm) برش داده شد و در ۵۰ سی سی آب مقطر قرار داده شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت با همزن مغناطیسی هم زده شد. سپس فیلم‌ها توسط کاغذ صافی که قبلاً در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به وزن ثابت رسیده بود صاف گردید و توزین شد (A). کاغذ صافی همراه نمونه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از رسیدن به وزن ثابت مجدداً توزین شد (B). در نهایت میزان حلالیت فیلم‌ها از رابطه زیر محاسبه گردید (۲۳).

$$\text{حلالیت} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

**نفوذپذیری نسبت به بخار آب (تراوش پذیری):** نفوذ پذیری نسبت به بخار آب به روش وزن سنجی انجام

آن در طول موج ۵۰۰ نانومتر بررسی شد. از فرمول زیر برای اندازه گیری کدورت استفاده شد (۲۳).

$$\text{ضخامت فیلم} / \text{میزان جذب در } 500\text{nm} = \text{کدورت فیلم}$$

اندازه گیری فعالیت ضد میکروبی: از روش انتشار دیسک آگار برای تعیین فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها بر روی باکتری‌های مدل *اشریشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* استفاده شد. برای این منظور  $100\ \mu\text{L}$  ( $10^{-6}$  cfu/g) از هریک از سوسپانسیون‌های باکتریایی به محیط کشت مولر هیتون آگار تلقیح شد. سپس دیسک‌هایی به قطر ۶ میلی‌متر از هر فیلم برش داده شد و بر روی سطح آن گذاشته شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $35 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند. در نهایت قطر مناطق مهار رشد (میلی‌متر) برای تعیین فعالیت ضد میکروبی اندازه‌گیری شد (۲۳).

### تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات در سه تکرار ( $n=3$ ) با نمونه‌گیری کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار Minitab<sup>18</sup> در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گرفت.

### نتایج و بحث

آنالیز اسانس پونه: نتایج آنالیز اسانس پونه توسط دستگاه GC-MS شناسایی شد و در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که ترکیب غالب موجود در اسانس پونه، Menthone (۴۵/۵ درصد) و بعد از آن Pulegone می‌باشد که ۳۹/۸ درصد را به خود اختصاص می‌دهند. این نتایج تقریباً مشابه سایر مطالعات می‌باشد که احتمالاً مربوط به جنس و گونه یکسان آنها می‌باشد.

از روی منحنی نیرو بر حسب تغییر شکل محاسبه گردید (۲۳).

خواص آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم‌های ژلاتین توسط تغییر رنگ رادیکال DPPH از بنفش به هیدرازین‌های زرد رنگ اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۳۰ میلی‌گرم از هر فیلم در نسبت‌های برابر آب مقطر و متانول (نسبت ۳ به ۳) حل شد. پس از حل شدن تمام فیلم‌ها، به مدت ۱۵ دقیقه با دور rpm ۴۰۰۰ سانتریفوژ (Universal آلمان) شد. سپس به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داشته شد (۱ شب استراحت) و دوباره به مدت ۱۵ دقیقه با دور rpm ۴۰۰۰ سانتریفوژ شد. سپس یک میلی‌لیتر از قسمت رویی محلول سانتریفوژ شده هر فیلم با ۴ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار متانولی DPPH مخلوط شد و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد. سپس جذب هر یک در ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد ( $A_s$ ). به عنوان شاهد، ۱ میلی‌لیتر از محلول آب و متانول (۳ میلی‌لیتر آب مقطر + ۳ میلی‌لیتر متانول) با ۴ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار متانولی DPPH به مدت ۳۰ دقیقه در انکوباتور (Memmert آلمان) در دمای اتاق نیز نگهداری شد و جذب آن در ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu ژاپن) اندازه‌گیری شد ( $A_b$ ). در نهایت فعالیت مهار رادیکال DPPH مطابق معادله زیر محاسبه شد (۲۳).

$$\text{DPPH scavenging activity (درصد)} = \frac{(A_b - A_s)}{A_b} \times 100$$

اندازه گیری کدورت فیلم: برای تعیین ویژگی‌های نوری فیلم‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu ژاپن) استفاده شد. به این منظور نمونه‌های فیلم به ابعاد  $40 \times 9$  میلی‌متر بریده شده و داخل سلول اسپکتروفتومتر قرار گرفته شدند. یک نمونه سلول خالی نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میزان عبور نور در طول موج‌های مختلف و همچنین جذب

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی اسانس پونه

Table1. Chemical composition of oregano essential oil

Composition ترکیبات	Value (%) مقادیر (درصد)
$\alpha$ -thujene	0.08
$\alpha$ -pinene	0.12
3-methyle-cyclohexanone	0.09
sabinene	0.1
$\beta$ - pinene	0.26
3-octanone	0.34
p-cymene	0.05
limonene	1.32
1,8-cineole	1.17
terpinopene	0.07
3-octanalacetate	0.19
menthone	45.5
menthol	2.07
Cis-isopulegone	1.18
neoisomenthol	0.71
myrtenal	0.04
pulegone	39.8
piperitone	1.57
$\beta$ -caryophyllene	0.47
$\alpha$ -copaene	0.06
$\alpha$ -humulene	0.77
cadinene	0.06
Caryophyllene oxide	0.31

اسانس بیش از ۲/۵ درصد، این روند کاهش می یابد که احتمالاً به دلیل پیوند بین مولکولی در اثر نفوذ پلاستی سایزر می باشد و مقاومت به کشش کم می شود. ازدیاد طول تا نقطه شکست (کشش پذیری) در همه نمونه ها با هم اختلاف معنی دار دارند ( $p < 0.05$ ) و مقدار بیشتری نسبت به تیمار شاهد را دارا می باشد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۲/۵ درصد بوده که احتمالاً به علت جذب آب بیشتر و پیوند هیدروژنی قوی تر در ساختار پروتئین ژلاتین می باشد و پلاستی سایزر روغنی باعث افزایش حجم آزاد در نمونه می گردد و باعث افزایش کشش پذیری فیلم ژلاتین می گردد که با تغییرات مدل یانگ هم جهت است که

آزمون مکانیکی: نتایج حاصل از آزمونهای مکانیکی ترکیب فیلم ژلاتین با غلظت های مختلف اسانس پونه که نشانگر حداکثر استرس کششی و میزان سختی فیلم می باشد و مرتبط با زنجیره ها و پیوندهای داخلی آن می باشد در جدول ۲ آمده است که در تمامی آزمایشات معنی دار است. میزان مقاومت به کشش در همه نمونه ها با هم اختلاف معنی دار دارند ( $p < 0.05$ ). با افزایش درصد اسانس، این شاخص نسبت به فیلم شاهد (۰ درصد) افزایش یافت که می تواند به دلیل افزایش پیوندهای ساختاری و ایجاد برهمکنش های مناسب با ملکول ژلاتین باشد. بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۲/۵ درصد می باشد و با افزایش درصد

پایه ژلاتین، مقاومت کششی و مدول یانگ فیلم‌ها کاهش یافت (۱۵). حسینی و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که با افزایش اسانس پونه کوهی در فیلم‌هایی بر پایه ژلاتین و کیتوزان، مقاومت کششی و مدول یانگ کاهش یافتند (۲۴). پینروس و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی بر روی فیلم‌های بر پایه نشاسته، علت رفتار کاهش مقاومت کششی و مدول یانگ را احتمالاً به علت تاثیر وجود اسانس روی ساختار هتروژن فیلم و تعامل ضعیف بین گلیسرول و نشاسته تخمین زدند (۲۵). تونگوانچان و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی ویژگی‌های فیلم ژلاتین پوست ماهی حاوی روغن پالم و اسانس ریحان با سورفاکتانت‌های مختلف دریافتند که افزودن اسانس باعث کاهش میزان مقاومت کششی شد (۲۶). وو و همکاران (۲۰۱۷) نیز طی بررسی فیلم‌های ژلاتین ماهی حاوی اسانس دارچین به نتایج مشابهی دست یافتند. به دلیل وجود ترکیبات مختلف در اسانس‌های با منشأ متفاوت، این ترکیبات به صورت متفاوتی در تعامل با پروتئین تأثیرگذار هستند (۴).

افزایش مدول یانگ احتمالاً به این دلیل است که اسانس‌ها به شکل قطرات روغن می‌تواند باعث بهبود خواص الاستیسیته گردند که در نتیجه افزایش تغییرات طولی نسبت به تغییرات عرضی در زنجیره و ترکیبات اتفاق می‌افتد.

عوامل متعددی از جمله مورفولوژی و ساختار ماکرومولکولی، اندازه و پراکندگی ذرات و همچنین میزان برهمکنش بین ذرات در خواص مکانیکی موثرند. نتایج پژوهش فلاح و همکاران (۲۰۲۰) بر روی تاثیر اسانس کندر و نقش اتصال دهندگی سدیم هگزامتافسفات بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، ساختاری و میکروبی فیلم خوراکی ژلاتین و اثر تیمار بهینه بر نگهداری یخچالی فیله ماهی قزل‌آلا با نتایج این تحقیق همسو بود (۱۶). حسینی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه ای ویژگی‌های دو پلیمر کیتوزان-ژلاتین را در نسبت‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اضافه کردن کیتوزان باعث افزایش مقاومت کششی فیلم شد (۲۴). نتایج مشابه توسط کاووسی و همکاران (۲۰۱۳) ارائه شده است، به طوری که با افزایش درصد تیمول در فیلم‌های بر

جدول ۲- خواص مکانیکی فیلم‌های خوراکی

Table 2. mechanical properties of edible films

Treatment تیمار	Tensile strength(Mpa) درصد کشش (مگاپاسکال)	Elongation at break(%) ازدیاد طول در نقطه شکست (درصد)	Young modulus(Mpa) مدول یانگ (مگاپاسکال)
0%	4.58±0.5 <sup>a</sup>	14.44±0.02 <sup>a</sup>	46.53±1.26 <sup>a</sup>
1.25%	8.25±0.25 <sup>b</sup>	19.14±0.44 <sup>b</sup>	63.45±1.4 <sup>b</sup>
2.5%	10.25±0.12 <sup>c</sup>	23.43±0.09 <sup>c</sup>	83.46±1.43 <sup>c</sup>
3.75%	6.62±0.28 <sup>d</sup>	17.33±0.25 <sup>d</sup>	53.21±1.11 <sup>d</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف استاندارد در سه تکرار گزارش شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد (p < 0.05) است.

The results in the table have reported as mean ± standard deviation of triplicate analysis. Different words in the same column represent significant difference at 5 % (p < 0.05).

در جدول ۳ نشان داده شده است. خواص حلالیت در همه غلظت‌های اسانس معنی دار بود (p < ۰/۰۵). به طور کلی در حضور غلظت‌های مختلف از اسانس

خواص فیزیکی فیلم‌های تولیدی (حلالیت، نفوذپذیری به بخار آب، کدورت و ضخامت): نتایج حاصل از حلالیت، نفوذپذیری به بخار آب، کدورت و ضخامت

علت تبخیر اسانس موجود در فرمولاسیون فیلم‌ها می‌باشند. علاوه بر آن نسبت ترکیبات هیدروفیلک به هیدروفوبیک مواد موجود در فیلم، تاثیر مستقیمی روی میزان انتقال بخار در فیلم دارد (۲۸). به طوری که بر هم کنش بین اسانس روغنی باعث کاهش خاصیت آبگریزی ماتریس فیلم شده و در نتیجه نفوذپذیری به بخار آب افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج حسینی و همکاران (۲۰۱۵) هماهنگ می‌باشد که با افزایش اسانس پونه کوهی، نفوذپذیری به بخار آب فیلمهایی بر پایه ژلاتین - کیتوزان افزایش یافت (۲۴).

نفوذ و عبور رطوبت از بخش هیدروفیل فیلم بیان‌کننده نفوذپذیری به بخار آب می‌باشد. ماهیت بیوپلیمرها و ترکیبات افزوده شده، ساختار بیوپلیمر در ماتریس فیلم، ضخامت و همچنین نسبت هیدروفیل به هیدروفوب در فیلم‌های خوراکی بر میزان نفوذپذیری به بخار آب تأثیرگذار می‌باشد (۲۹). افزایش میزان نفوذپذیری به بخار آب می‌تواند نشان‌دهنده کاهش میانکنش و اتصالات اسانس پونه با پلیمر ژلاتین و ایجاد ساختار متراکم‌تر باشد. کاهش اتصالات متقاطع در ماتریس پلیمری می‌تواند باعث افزایش حجم آزاد ماتریس فیلم گردد؛ همچنین می‌تواند بر جهت‌گیری نامنظم پروتئین در ساختار فیلم اثرگذار باشد و باعث افزایش آمینواسیدهای آبگریز بر روی سطح فیلم و در نتیجه تغییر در میزان نفوذپذیری فیلم گردد. مهرج احمد و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که اختلاط سطح بیشتر اسانس ترنج باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود که با مشاهدات پژوهش منطبق داشت، اما غلظت بالاتر اسانس لیموترش منجر به کاهش نفوذپذیری فیلم‌های ژلاتین شده است که مطابق با مشاهدات نبود. دلیل آن را تفاوت در ماهیت اسانس‌های مورد بررسی بیان کردند (۲۷).

پونه، بیشترین و کمترین میزان حلالیت به ترتیب مربوط به فیلم شاهد و فیلم ۳/۷۵ درصد بود، به طوری که از ۹۴/۳۱ درصد به ۷۹/۲۳ درصد به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ( $p < 0/05$ ). در غلظت بیشتر اسانس، به دلیل ماهیت روغنی آن، درون شبکه بیوپلیمرها قرار می‌گیرد، بنابراین اسانس سبب تحرک بیشتر شبکه پلیمر شده و به عنوان یک مانع باعث تضعیف شبکه پلیمری می‌شود. تفاوت در میزان حلالیت، وابسته به غلظت و ماهیت گروه‌های عاملی ترکیبات موجود در فیلم‌های ترکیبی می‌باشد.

افزودن اسانس به ترکیب فیلم، بسته به نوع ترکیبات شیمیایی و همچنین ماهیت آبگریز آن می‌تواند سبب شود که اجزای غیرقطبی اسانس با دامنه هیدروفیل ژلاتین در تعامل بوده و باعث افزایش آبگریزی و کاهش حلالیت فیلم حاصل گردد (۲۷). این نتایج قابل مقایسه با یافته‌های شجاعی - علی آبادی و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد که گزارش کردند افزودن اسانس مرزه به فیلم‌های کاپا کاراگینان موجب کاهش حلالیت در آب فیلم‌ها گردید (۱۲). جمریز و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر اسانس اسطوخودوس بر روی فیلم نشاسته/فورسلاران/ژلاتین دریافتند که با افزایش میزان اسانس حلالیت فیلم‌ها در آب کاهش یافت (۲۳). مهرج احمد و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی اثر اسانس ترنج و لیموترش بر روی فیلم تهیه شده از ژلاتین به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۷). نتایج نفوذپذیری با بخار آب نشان داد که با افزودن اسانس پونه نفوذپذیری در تمامی تیمارها نسبت به فیلم شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p < 0/05$ ) و در تیمارهای ۲/۵ درصد و ۳/۷۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). کمترین میزان نفوذپذیری مربوط به فیلم شاهد و بیشترین میزان نفوذپذیری مربوط به فیلم ۳/۷۵ درصد بود. دلیل این رفتار احتمالاً به علت وجود ترک و شکاف ایجاد شده به

همکاران (۲۰۱۲) می باشد که با افزایش درصد اسانس ترنج و همچنین اسانس پوتار میزان عبور نور از فیلم‌ها و کدورت آنها کاهش یافت (۲۷). نتایج حاصل از ضخامت فیلم‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود ضخامت فیلم‌ها از ۰/۰۴۲ تا ۰/۰۵۸ میلیمتر متغیر است. فیلمها در تیمار ۲۵/۱درصد و تیمار ۲/۵درصد اختلاف معنی دار ندارند ( $p > 0.05$ ) و در غلظت‌های اسانس شاهد و بالاتر اسانس معنی دار بود ( $p < 0.05$ ). با افزایش درصد اسانس پونه کوهی، ضخامت فیلم‌ها افزایش یافت. علت این افزایش ضخامت را می توان به تراکم ذرات کوچک اسانس در فیلم نسبت داد که تاثیر کمی بر تغییر ضخامت فیلم‌های تهیه شده دارد. علاوه بر آن، افزودن اسانس سبب ایجاد ساختار غیریکنواخت همراه با منافذ می شود که نشان دهنده افزایش ضخامت است (۳۰، ۳۱).

کدورت معیاری جهت سنجش شفافیت فیلم‌هاست. هر چه کدورت بالاتر باشد شفافیت کمتر است و می‌تواند سبب جلوگیری از فساد در مواد غذایی بسته بندی شده گردد. مقایسه میزان کدورت فیلم‌های تولیدی نشان داد که اختلاف معنی داری بین تیمارها به جز تیمار ۲۵/۱درصد و ۲/۵درصد وجود دارد ( $p < 0.05$ ) و مقدار کدورت با افزایش غلظت اسانس کاهش یافت و فیلم‌ها شفاف تر شدند. کاهش میزان عبور نور بر اثر افزودن اسانس احتمالاً به علت وجود ترکیبات آروماتیک در اسانس پونه کوهی می‌باشد که این ترکیبات موجب می‌شوند اسانس به عنوان مانع خوبی در برابر اشعه UV عمل کند (۳۰). همچنین دلیل این رفتار را می توان به عدم تناسب در ترکیبات مواد نسبت داد که سبب تغییرات قابل توجهی در خواص نوری فیلم‌ها تاثیر می گذارد. همچنین نتایج حاصل در تطابق با یافته‌های احمد و

جدول ۳- خواص فیزیکی فیلم‌های خوراکی

Table 3. Physical properties of edible films

Treatment	Solubility(%)	Permeability(gm-1s-1pa-1)	Turbidity	Thickness(mm)
تیمار	حلالیت(درصد)	نفوذپذیری(گرم بر متر ثانیه پاسکال)	کدورت	ضخامت(میلی متر)
0%	94.31±0.73 <sup>a</sup>	1.6±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.001 <sup>a</sup>	0.042±0.002 <sup>a</sup>
1.25%	87.79±1.67 <sup>b</sup>	1.23±0.02 <sup>b</sup>	0.04±0.002 <sup>b</sup>	0.049±0.001 <sup>b</sup>
2.5%	84.63±0.49 <sup>c</sup>	3.54±0.27 <sup>c</sup>	0.045±0.002 <sup>bc</sup>	0.051±0.0005 <sup>b</sup>
3.75%	79.23±0.8 <sup>d</sup>	6.35±0.55 <sup>c</sup>	0.042±0.001 <sup>c</sup>	0.058±0.001 <sup>c</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف استاندارد در سه تکرار گزارش شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ( $p < 0.05$ ) است.

The results in the table have reported as mean ± standard deviation of triplicate analysis. Different words in the same column represent significant difference at 5 % ( $p < 0.05$ ).

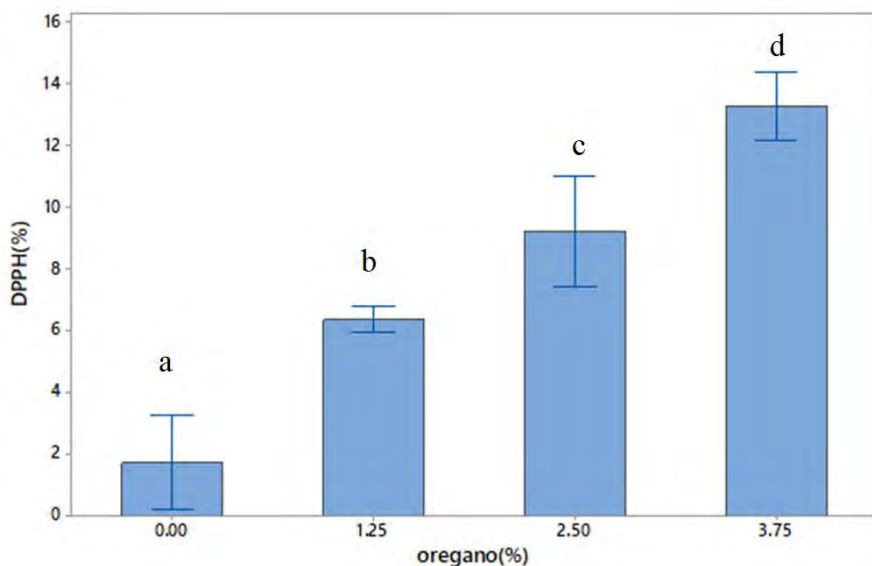
فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد که می‌تواند به دلیل وجود برخی آمینواسیدهای خاص مانند گلایسین و پرولین در ژلاتین و همچنین وجود آمینواسیدهای حلقوی مانند تریپتوفان، فنیل آلانین و تیروزین باشد (۴). رمزی و همکاران (۲۰۱۱) ضعیف بودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گونه‌های باسویلیا را برای کاهش رادیکال DPPH، به محتوای کم ترکیبات

خواص آنتی‌اکسیدانی: شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت اسانس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارها نسبت به فیلم شاهد به صورت معنی‌داری افزایش یافت ( $p < 0.05$ ) که احتمالاً به دلیل افزایش ترکیبات فنلی در اسانس می باشد. نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای مورد مطالعه توانایی مهار رادیکال‌های آزاد را داشتند. در فیلم شاهد مقدار میانگین ۱/۷۲ درصد



تفاوت در قدرت آنتی اکسیدانی ترکیبات افزوده شده بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی فیلم‌ها تأثیرگذار هستند (۱۹).

فنولیک آن نسبت دادند (۳۳) که یافته‌های خاصیت آنتی اکسیدانی این پژوهش همسو و مقادیرش بیش از پژوهش رمزی و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد. اختر و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که ماهیت فیلم و



شکل ۱- خواص آنتی اکسیدانی فیلم‌ها حاوی غلظت‌های مختلف اسانس پونه

Figure 1. Antioxidant properties of films containing different concentrations of oregano essential oil

باکتری استافیلوکوکوس اورئوس در تیمار ۳/۷۵ درصد بود. برای استافیلوکوکوس اورئوس با افزایش غلظت اسانس، میزان مهار رشد افزایش یافت به طوری که بیشترین قطراله عدم رشد ۱۸/۲۶ میلی متر مربوط به تیمار ۳/۷۵ درصد بود.

نتایج نشان داد که در فیلم شاهد، فعالیت ضد میکروبی علیه هر سه گونه مورد مطالعه شبیه یکدیگر و ناچیز می‌باشد. فعالیت ضد میکروبی تیمارهای حاوی اسانس پونه می‌تواند نتیجه اثر هم‌افزایی هیدروکربن‌های مونوترپن و مشتقات آن باشد. مطالعات انجام شده نشان داده است که مواد تشکیل دهنده جزئی (با غلظت کم) در ترکیبات فیلم‌ها می‌توانند نقش مهمی در فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها داشته باشند (۳۳، ۳۲). ریحانا اختر و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی فیلم‌های بیوکمپوزیت

فعالیت ضد میکروبی: اثر فیلم‌های مختلف اسانس پونه جهت کاهش یا جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های استافیلوکوکوس اورئوس، اشریشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا به روش انتشار آگار مورد بررسی قرار گرفت. میزان مهار رشد میکروارگانیسم‌ها (قطراله عدم رشد) در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در فیلم شاهد فعالیت ضد میکروبی ناچیزی علیه هر سه گونه مورد مطالعه مشاهده شد که قابل صرف نظر است. ولی افزودن غلظت‌های مختلف اسانس پونه به ساختار فیلم ژلاتین منجر به مهار رشد هر سه گونه باکتریایی مورد بررسی شد. افزایش غلظت اسانس پونه اثر معنی داری بر افزایش قطراله عدم رشد میکروارگانیسم‌های مورد بررسی داشت ( $p < 0.05$ ). بیشترین میزان مهار رشد در هر سه گونه باکتریایی سودوموناس آئروژینوزا، اشریشیاکلی و

هیدروپراکسیداز (ناشی از اکسیژن رسانی اسیدهای چرب اشباع نشده) می‌توانند بر میکروارگانیسم‌ها اثرگذار باشند. به‌طور کلی، اثربخشی فیلم خوراکی در برابر رشد میکروبی به ماهیت اسانس و نوع میکروارگانیسم بستگی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل مهار رشد هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی توسط فیلم‌های ترکیبی ژلاتین می‌توانند برای نگهداری مواد غذایی مؤثر باشد و باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت و ایمنی محصول گردند (۳۵،۳۴).

حاوی اسانس رزماری و نعناع، مهار رشد هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی را نتیجه وجود اجزای پلی‌فنولیک دانستند (۱۹). اسانس‌ها از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جمله: اختلال در غشای سلولی فسفولیپیدی و نشت سیتوپلاسم، واکنش با آنزیم‌های تنفسی غشاء سلولی و همچنین مهار سنتز آنزیم در میتوکندری، تأثیر بر ماده ژنتیکی و ترکیبات هسته‌ای توسط ترکیبات الکتروفیل، کاهش انرژی در سلول‌های میکروبی ناشی از آزاد سازی پروتون گروه‌های هیدروکسیل و یا تشکیل اسیدهای چرب

جدول ۴- فعالیت ضد میکروبی (قطر منطقه بازدارندگی رشد (mm)) فیلم ژلاتین حاوی اسانس پونه بر روی میکروارگانیسم‌های آزمایش شده  
Table 5. The antimicrobial activity (diameter of the growth inhibition zone (mm)) of gelatin films containing oregano essential oil against the tested microorganisms

Treatment	<i>P.aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E.coli</i>
تیمار	سودوموناس آئروژنز	استاف آئوروس	ایکولای
0%	0.07±0.1 <sup>a</sup>	0.17±0.14 <sup>a</sup>	0.14±0.22 <sup>a</sup>
1.25%	1.76±0.11 <sup>b</sup>	1.46±0.05 <sup>b</sup>	1.7±0.14 <sup>b</sup>
2.5%	2.57±0.27 <sup>c</sup>	12.77±0.2 <sup>c</sup>	2.5±0.14 <sup>c</sup>
3.75%	8.27±0.16 <sup>d</sup>	18.26±0.24 <sup>d</sup>	8.9±0.21 <sup>d</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف استاندارد در سه تکرار گزارش شده است. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد است. ( $p < 0.05$ )

The results in the table have reported as mean ± standard deviation of triplicate analysis. Different words in the same column represent significant difference at 5 % ( $p < 0.05$ ).

( $p < 0.05$ ) به طوری که بیشترین میزان آن در تیمارهای حاوی ۲/۵ درصد اسانس پونه مشاهده شد. همچنین بیشترین قطره‌اله بازدارندگی در غلظت بیش از ۲/۵ درصد مشاهده شد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت فیلم‌های فعال ژلاتین حاوی ۲/۵ درصد اسانس پونه می‌توانند با تأخیر در اکسیداسیون لیپیدها و همچنین تأخیر در فساد میکروبی و کاهش میکروارگانیسم‌ها، به عنوان یک پوشش مناسب برای محافظت مواد غذایی استفاده گردند.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی در این پژوهش ویژگی‌های فیلم خوراکی ژلاتین تحت تأثیر افزودن غلظت‌های مختلف اسانس پونه قرار گرفت. نتایج نشان داد که حلالیت و نفوذپذیری تمامی تیمارها در نتیجه افزودن اسانس پونه نسبت به تیمار شاهد (بدون اسانس پونه) به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). مقاومت کششی و افزایش طول تا نقطه شکست در تمامی فیلم‌ها نسبت به فیلم شاهد به صورت معنی‌داری افزایش یافت

## References

1. Piermaria, JA., Pinotti, A., Garcia, MA., Abraham, AG. 2009. Films based on kefir, an exopolysaccharide obtained from kefir grain: development and characterization. *Food Hydrocolloids*, 23(3):684-90.
2. Prakash, B., Mishra, PK., Kedia, A., Dubey, N. 2014. Antifungal, antiaflatoxin and antioxidant potential of chemically characterized *Boswellia carterii* Birdw essential oil and its in vivo practical applicability in preservation of *Piper nigrum* L. fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2):240-7.
3. Hanani, ZN., Roos, YH., Kerry, J. 2014. Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International journal of biological macromolecules*, 71:94-102.
4. Wu, J., Sun, X., Guo, X Ge S., Zhang, Q. 2017. Physicochemical properties, antimicrobial activity and oil release of fish gelatin films incorporated with cinnamon essential oil. *Aquaculture and Fisheries*. 2(4):185-92.
5. Ahmed, J., Mulla, M., Arfat, YA., Bher, A., Jacob, H., Auras, R. 2018. Compression molded LLDPE films loaded with bimetallic (Ag-Cu) nanoparticles and cinnamon essential oil for chicken meat packaging applications. *LWT*, 93:329-38.
6. Taghizadeh, M., Mohammadifar, MA., Sadeghi, E., Rouhi, M., Mohammadi, R., Askari, F. 2018. Photosensitizer-induced cross-linking: A novel approach for improvement of physicochemical and structural properties of gelatin edible films. *Food research international*, 112:90-7.
7. Ejaz, M., Arfat, YA., Mulla, M., Ahmed, J. 2018. Zinc oxide nanorods/clove essential oil incorporated Type B gelatin composite films and its applicability for shrimp packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 15:113-21.
8. Gennadios, A. 2002. Protein-based films and coatings: *CRC Press*.
9. Bonilla, J., Poloni, T., Lourenço, RV., Sobral, PJ. 2018. Antioxidant potential of eugenol and ginger essential oils with gelatin/chitosan films. *Food bioscience*. 23:107-14.
10. Zafarani, M., Ojagh, SM., Alishahi, A., Kazemi, M. 2017. The effect of chitosan type on the properties of biodegradable films produced from gelatin obtained from the skin of elephant fish. *Quarterly journal of new food technologies*, 6(1): 149-159.
11. European Commission Regulation No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives Text with EEA relevance.
12. Shojaee-Aliabadi S, Hosseini H, Mohammadifar M A, Mohammadi A, Ghasemlou M, Ojagh S M, Hosseini S M and Khaksar R. 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial κ-carrageenan films containing *Satureja hortensis* essential oil. *International journal of biological macromolecules*, 52: 116-124.
13. Jridi, M., Hajji, S., Ayed, HB., Lassoued, I., Mbarek, A., Kammoun, M. 2014. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin-chitosan composite edible films. *International journal of biological macromolecule*, 67:373-9.
14. Tomadoni, B., Ponce, A., Pereda, M., Ansorena, M. 2019. Vanillin as a natural cross-linking agent in chitosan-based films: Optimizing formulation by response surface methodology. *Polymer Testing*, 10(5):93-95.
15. Kavooosi G, Dadfar S M M and Purfard A M, 2013. Mechanical, physical, antioxidant, and antimicrobial properties of gelatin films incorporated with thymol for potential use as nano wound dressing. *Journal of Food Science*, 78(2).
16. Fallah, M., Rouhi, M., Sadeghi, E., Sarlak, Z., Moghadam, A & Mohammadi, R. 2021. Effects of *Olibanum* essential oil on physicochemical, structural, antioxidant and microbial characteristics of Gelatin edible films. *Iranian journal of nutrition science and food technology*, 15(4): 93-102.
17. Echeverría, I., López-Caballero, ME., Gómez-Guillén, MC., Mauri, AN., Montero, MP. 2018. Active nanocomposite films based on soy proteins-montmorillonite-clove

- essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) fillets. *International journal of food microbiology*, 266:142-9.
18. Shahbasi, Y., Rezaei, F. 2018. Evaluation of the antibacterial effect of gelatin film containing the essential oil of Kakuti plant and grape seed extract against *Staphylococcus aureus* in ground beef. The first national and international conference of food industry and organic product in Iran, 1-8.
  19. Akhter, R., Masoodi, F., Wani, TA., Rather, SA. 2019. Functional characterization of biopolymer based composite film: Incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. *International journal of biological macromolecules*, 137:1245-55.
  20. Han, JH 2003. Antimicrobial food packaging. *Novel food packaging techniques*, 8:50-70.
  21. Langroodi, AM., Hossein, Tajik. 2017. Antimicrobial effects of hydroalcohol sumac extract with chitosan containing zataria multiflora boiss essential oil on beef meat in normal and modified atmosphere packaging. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences*, 28(3):192-205
  22. Martucci, JF., Gende, LB., Neira, L., Ruseckaite, R.A. 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*, 71:205-13.
  23. Jamróz, E., Juszczak, L., Kucharek, M. 2018. Investigation of the physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of ternary potato starch-furcellaran-gelatin films incorporated with lavender essential oil. *International journal of biological macromolecules*, 114:1094-101.
  24. Hosseini S.F., Rezaei M., Zandi M. and Farahmandghavi, F. 2015. Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil. *Industrial Crops and products*, 67: 403-413.
  25. Piñeros-Hernandez D., Medina-Jaramillo C., López-Córdoba A. and Goyanes S. 2017. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 63: 488-495.
  26. Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Pisuchpen, S., Osako, K. 2016. Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocolloids*. 56:93-107.
  27. Ahmad, M., Benjakul, S., Prodpran, T., Agustini, TW. 2012. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. *Food Hydrocolloids*, 28(1):189-199.
  28. Alexandre, EMC., Lourenço, RV., Bittante, AMQB., Moraes, ICF. 2016. Gelatin-based films reinforced with montmorillonite and activated with nanoemulsion of ginger essential oil for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 10:87-96.
  29. Al-Hassan, A., Norziah, M. 2012. Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*, 26(1):108-17.
  30. Ghadermarzi, R., Keramat, J and Goli SA, 2013. The effect of oregano essential oil on the properties of hydroxypropyl methyl cellulose edible film. *Quarterly journal of new food technologies*, 2(7) 61-74.
  31. Cheng, S., Wang, W., Li, YGao.G., Zhang, K., Zhou, J. 2019. Cross-linking and film-forming properties of transglutaminase-modified collagen fibers tailored by denaturation temperature. *Food chemistry*, 271:527-35.
  32. Fadaei, M., Fallah, A., Taheri, A., 2020. Effect of Edible Starch Coating Enriched with Pennyroyal (*Mentha pulegium*) Essential Oil on Shelf life of Rainbow Trout Fillet Esmail Pirali kharabadi1, *Journal of Veterinary Research*, 75:3, 300-309.
  33. Hosseini, SF., Rezaei, M. 2016. Development of flexible bactericidal films based on poly (lactic acid) and essential oil and its effectiveness to reduce microbial growth of refrigerated rainbow trout. *LWT-Food Science and Technology*, 72:251-60.

34. Shahbasi, Y., Mosavi, MH. 2016. Study on the effect of Ziziphora clinopodioides essential oil and methanolic pomegranate peel extract on physical, mechanical and antibacterial properties of edible chitosan film. *Food technology research journal*, 27(2): 121-134.
35. Nouraddini, M , M Esmaili, M and Mohtarami, F.2018. Development and characterization of edible films based on corn starch and eggplant powder with Mentha longifolia L. essential oil. *Journal of Food Researches*.29:4, 171-184.



## The Role of Postbiotics in Food Safety Promotion

Amin Abbasi<sup>1</sup>, Kimia Dehghan Sanej<sup>2</sup>, Alireza Mohammadi<sup>3</sup>, Samaneh Moradi<sup>2</sup>,  
Bentolhosna Dehghan Nayeri<sup>4</sup>, Sara Bazzaz<sup>4</sup>, Hedayat Hosseini<sup>5,\*</sup>

<sup>1</sup> PhD student, Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Science and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Master student, Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Science and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Master student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), P.O. Box 14115-336, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Bachelor student, Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Science and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>5</sup> Professor, Department of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Science and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran,  
Email: hedayat@sbmu.ac.ir

### Article Info

**Article type:**  
Review Paper

**Article history:**

Received: 2023-04-05

Revised: 2023-05-27

Accepted: 2023-06-06

**Keywords:**

Postbiotic

Probiotic

Food microbial safety

Food chemical safety

### ABSTRACT

There are numerous physical, chemical, and biological hazards that can threaten and contaminate safe food. Biological factors, including bacteria involved in food spoilage and zoonotic diseases, account for a high percentage of this risk. One of the new approaches developed in food safety is designing and applying the strategy of utilizing cell structures and bioactive metabolites derived from probiotics that are known as postbiotic compounds. Teichoic acid, membrane-bound exopolysaccharides, short-chain fatty acids, bacteriocins, organic acids, and cytoplasmic enzymes are known as functional postbiotics. Due to their unique chemical structure and function, the mentioned compounds play a role in the chemical and microbial safety processes of food by absorbing and destroying chemical agents, toxin detoxifying, and inhibiting the growth and proliferation of pathogenic organisms. Among the functional mechanisms involved in the establishment of chemical safety by postbiotics, we can mention the activity of structural change, deformation, and surface absorption of some heavy metals and mycotoxins, as well as the reduction of heavy metal- and mycotoxin-induced oxidative stress responses. In regard to microbial safety, acidifying the cell cytoplasm, preventing the regulation and production of energy, inhibiting the growth of pathogenic microorganisms by forming pores in the cell membrane, causing morphological and functional changes in sensitive components such as proteins and peptides by creating acidity in the cell cytoplasm, and also stimulating the creation of oxidation pathways in bacterial cells are considered to be the main antimicrobial action mechanisms of postbiotics. Therefore, it can be acknowledged that postbiotic compounds can be used as a new approach and a promising tool to ensure safety parameters, increase the storage time of food matrices, and also formulate and produce functional foods. Technological challenges in the production of postbiotic compounds, the main mechanisms involved

---

---

in establishing chemical and microbial safety, their application in food matrices, the effect of food components on their performance, and the methods of preservation and stability of postbiotics in food matrices are some of the issues discussed in this review.

---

**Cite this article:** Abbasi, A., Dehghan Sanej, K., Mohammadi, A., Moradi, S., Dehghan Nayeri, B.H., Bazzaz, S., Hosseini, H. 2023. The Role of Postbiotics in Food Safety Promotion. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (1), 75-108.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21233.1751

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---





## نقش پست‌بیوتیک‌ها در ارتقاء ایمنی غذایی

امین عباسی<sup>۱</sup>، کیمیا دهقان سانج<sup>۲</sup>، علیرضا محمدی<sup>۳</sup>، سمانه مرادی<sup>۴</sup>، بنت‌الحسنی دهقان نیری<sup>۵</sup>

سارا بزاز<sup>۵</sup>، هدایت حسینی<sup>۵\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران  
<sup>۴</sup> دانش‌آموخته کارشناسی، گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۵</sup> استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.  
رایانامه: [hedayat@sbmu.ac.ir](mailto:hedayat@sbmu.ac.ir)

چکیده	اطلاعات مقاله
<p><b>نوع مقاله:</b> مقاله مروری</p> <p>بسیاری از مخاطرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌تواند موجب تهدید و آلودگی مواد غذایی ایمن شوند. به طور معمول عوامل بیولوژیکی از جمله باکتری‌های دخیل در ایجاد فساد مواد غذایی و بیماری‌های مشترک انسان و حیوانات درصد بالایی از این مخاطره را به خود اختصاص می‌دهند. یکی از رویکردهای نوین توسعه یافته در ایمنی مواد غذایی طراحی و به کارگیری راهبرد استفاده از ساختارهای سلولی و متابولیت‌های زیست فعال مشتق‌شده از پروبیوتیک‌ها تحت عنوان ترکیبات پست‌بیوتیک می‌باشد. اسید تیکوئیک، آگروپلی ساکاریدهای متصل به غشا، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، باکتروسین‌ها، اسیدهای آلی و آنزیم‌های سیتوپلاسمی از جمله ترکیبات عملکردی پست‌بیوتیک‌ها شناخته می‌شوند. ترکیبات مذکور با توجه به ساختار و عملکرد شیمیایی منحصر به فرد خود در فرآیندهای تامین ایمنی شیمیایی و میکروبی غذا به واسطه جذب و تخریب عوامل شیمیایی، سم‌زدایی سموم و همچنین مهار رشد و تکثیر اجرام بیماری‌زا ایفای نقش می‌کنند. از سازوکارهای عملکردی دخیل در برقراری ایمنی شیمیایی توسط پست‌بیوتیک‌ها می‌توان به فعالیت تغییر ساختاری، دگردیسی و جذب سطحی برخی از فلزات سنگین، مایکوتوکسین‌ها و همچنین کاهش استرس اکسیداتیو ناشی از آن‌ها اشاره نمود. در زمینه ایمنی میکروبی نیز اسیدی نمودن سیتوپلاسم سلولی، جلوگیری از تنظیم و تولید انرژی، مهار رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا با تشکیل منافذ در غشای سلول، تغییرات مورفولوژیکی و عملکردی اجزای حساس مانند پروتئین‌ها و پپتیدها با ایجاد اسیدیته در سیتوپلاسم سلولی و همچنین تحریک ایجاد مسیرهای اکسیداسیون در سلول‌های باکتریایی از سازوکارهای اصلی عملکرد ضدمیکروبی پست‌بیوتیک‌ها محسوب می‌شوند. لذا می‌توان اذعان</p>	<p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶</p> <p><b>واژه‌های کلیدی:</b> پست‌بیوتیک‌ها پروبیوتیک‌ها ایمنی میکروبی غذا ایمنی شیمیایی غذا</p>

---

---

نمود که ترکیبات پست‌بیوتیک می‌توانند به عنوان رویکردی نوین و ابزاری امیدوار کننده جهت تامین مولفه‌های ایمنی، افزایش مدت زمان نگهداری ماتریکس‌های غذایی و همچنین جهت فرمولاسیون و تولید غذاهای فراسودمند مورد استفاده قرار گیرند. چالش‌های تکنولوژیکی در تولید ترکیبات پست‌بیوتیک، سازوکارهای اصلی دخیل در برقراری ایمنی شیمیایی و میکروبی، کاربرد در ماتریکس‌های غذایی، تاثیر اجزا غذایی بر عملکرد آن‌ها و روش‌های حفظ و پایداری پست‌بیوتیک‌ها در مواد غذایی از جمله موارد مورد بحث و بررسی در این مطالعه مروری می‌باشند.

---

---

استناد: عباسی، ا.، دهقان سانج، ک.، محمدی، ع.ر. مرادی، س.، دهقان نیری، ب.ح. بزاز، س.، حسینی، ه. (۱۴۰۲). نقش پست‌بیوتیک‌ها در ارتقاء ایمنی غذایی. فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۱۵ (۱)، ۱۰۸-۷۵.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21233.1751



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

امنیت و ایمنی مواد غذایی همواره به عنوان دو مولفه جدایی ناپذیر در نظر گرفته می‌شوند که رابطه تنگاتنگی با یکدیگر داشته و به شکل معنی‌داری در روندهای صعودی و فزونی دو مولفه تاثیر داشته و ایفای نقش می‌کنند. در حال حاضر، علی‌رغم کشورهای در حال توسعه اقتصادی، مسئله امنیت غذایی همچنان در کشورهای توسعه یافته اقتصادی نیز چالش برانگیز بوده و به طور کامل مرتفع نشده است، حال آن‌که به موازات آن موضوع ایمنی مواد غذایی نیز مطرح می‌باشد که طبق تخمین‌های صورت گرفته انتقال بیش از ۲۰۰ نوع بیماری را می‌توان به برخی مواد غذایی نسبت داد. مصرف سرانه غذای نایمن می‌تواند زمینه‌ساز ۶۰۰ میلیون مورد بیماری غذازاد و ۴۲۰ هزار مورد مرگ و میر گردد (۱). فلذا، می‌توان اذعان نمود که تامین وضعیت ایمنی مواد غذایی در سطح بهینه نه تنها حاشیه امنی برای افزایش مصرف سرانه غذا توسط جامعه فراهم می‌کند از سوی دیگر به واسطه کاهش ضایعات غذایی موجب تقویت مولفه امنیت غذایی شده و غذای کافی (با محتوای تغذیه‌ای قابل قبول) در اختیار اقشار مختلف جامعه قرار می‌دهد.

مواد غذایی ایمن می‌تواند توسط بسیاری از عوامل بیماری‌زای منتقل‌شونده از غذا مورد تهدید و آلودگی قرار بگیرد. الگوی رژیم غذایی سالم اولین گام برای اطمینان از سلامت جسمی انسان است. از طرف دیگر، اگر غذا به عوامل میکروبی یا شیمیایی آلوده باشد، ضمن کاهش ارزش تغذیه‌ای آن، ممکن است زمینه‌ساز بروز برخی بیماری‌های جدی شود. غذاهای آلوده می‌تواند منجر به ایجاد بیماری‌های عفونی شده و کل جهان را تحت تاثیر قرار دهد (۲). بنابراین در حال حاضر چالش و مسئله مهم، برقراری و حفظ ایمنی مواد غذایی در حد استاندارد است (۳، ۴).

ایمنی غذا به معنای اطمینان از این است که غذا هنگام تهیه و مصرف به مصرف کننده آسیب نمی‌رساند (۵)، همچنان که مصرف غذاهای غیر ایمن در افراد حساس به ویژه (نوزادان، کودکان، سالخوردگان و بیماران) می‌تواند زمینه‌ساز مشکلات مرتبط با تغذیه گردد (۶). ایمنی غذا مسئله مهمی برای هر دو طیف مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان قلمداد می‌شود. در جوامع صنعتی و علمی تلاش‌های زیادی برای افزایش ایمنی مواد غذایی انجام می‌شود. طراحی و به‌کارگیری مجموعه‌ای از سیستم‌های کنترلی برای کاهش خطر وجود آلاینده‌ها در غذاها و در نتیجه افزایش ایمنی مواد غذایی ضروری است (۷). برای افزایش ایمنی مواد غذایی در کشورهای صنعتی، استانداردهای مختلفی مانند عملیات خوب کشاورزی<sup>۱</sup>، عملیات خوب بهداشتی<sup>۲</sup>، عملیات خوب ساخت<sup>۳</sup> و تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی<sup>۴</sup> توسعه یافته است (۸). علی‌رغم این تلاش‌ها، سالانه ۲۳ میلیون بیماری ناشی از غذا و ۵۰۰۰ مرگ و میر در اروپا وجود دارد که دلیل آن عدم برقراری ایمنی غذایی توصیف شده است. عوامل خطر ساز برای ایمنی غذا شامل عوامل فیزیکی (وجود مو، ضایعات حیوانات، تکه‌های رنگی، مواد چرب و کاغذ)، عوامل شیمیایی (فلزات سنگین، بقایای سموم دفع آفات، بقایای سموم کشاورزی، آنتی‌بیوتیک‌ها و آمین‌های بیوژنیک) و عوامل بیولوژیکی (انگلی، ویروس، باکتری‌ها و قارچ‌ها) است (۹). از بین عوامل ذکر شده گروه عوامل میکروبی به خصوص باکتری‌ها نقش اصلی در تهدید ایمنی مواد غذایی دارند، زیرا توانایی به خصوصی در ایجاد فساد و بروز اثرات بیماری‌زایی در میزبان دارند.

1. Good Agriculture Practice (GAP)
2. Good Hygiene Practice (GHP)
3. Good Manufacturing Practice (GMP)
4. Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)

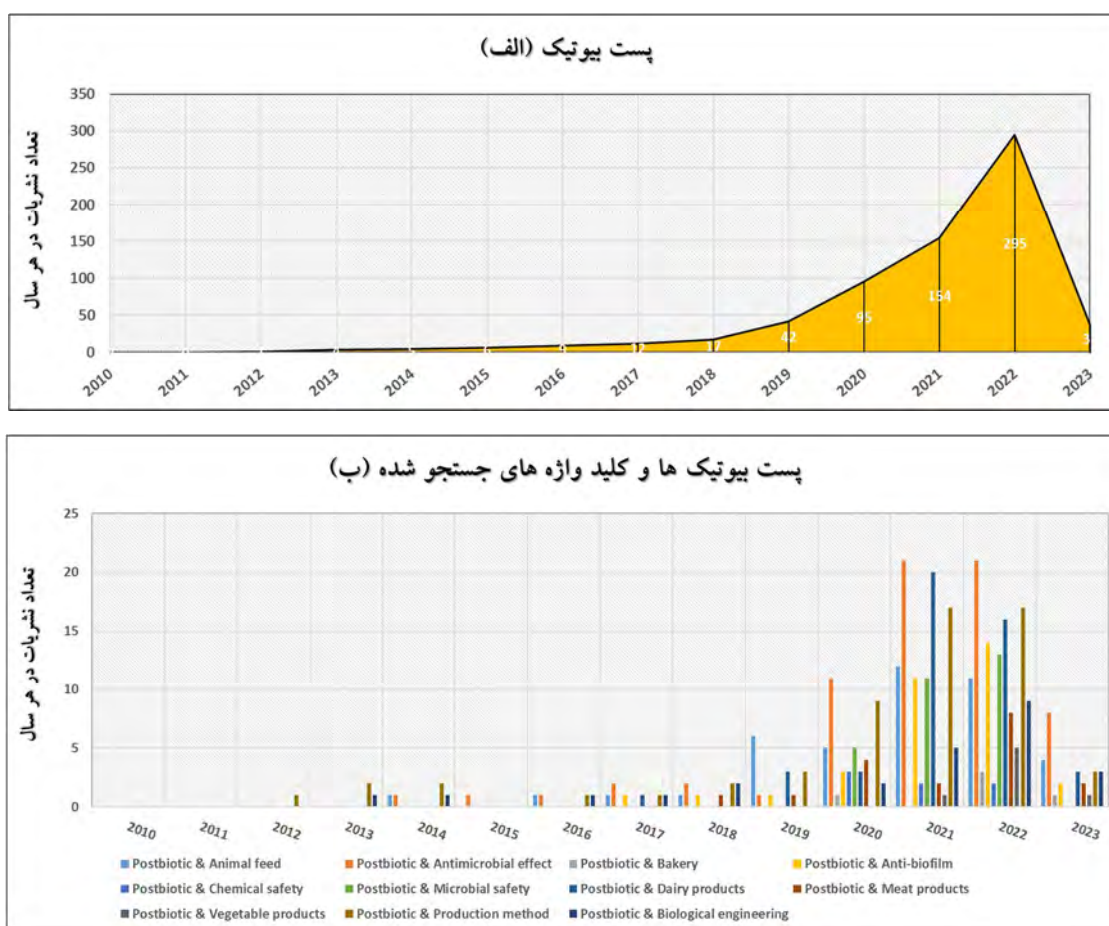
ویژگی‌های خاص خود، امکان جایگزینی با برخی سلول‌های زنده پروبیوتیک‌ها را دارند (۱۳). در رابطه با تعریف مفهوم پست‌بیوتیک‌ها، می‌توان به متابولیت‌هایی اشاره کرد که توسط باکتری‌های ساکن در روده و باکتری‌های پروبیوتیک در غذاهای تخمیری، تولید می‌شوند (۱۴). اصطلاحات زیادی برای متابولیت‌های تولید شده توسط پروبیوتیک‌ها به کار رفته است که از بین آن‌ها می‌توان به بیوژنیک، سوپرانانت کشش سلولی، متابیوتیک، سودوپروبیوتیک و پست‌بیوتیک اشاره نمود (۱۲، ۱۳). قابل تامل است که در منابع علمی واژه پست‌بیوتیک در بین اصطلاحات مذکور رایج‌تر است. در طی فرآیند تخمیر، سلول‌های پروبیوتیک از ترکیبات پری‌بیوتیک استفاده می‌کنند و غالباً طیف وسیعی از پست‌بیوتیک‌ها را تولید می‌کنند (۱۴). امروزه این ترکیبات با روش‌های آزمایشگاهی نیز تولید می‌شوند. این روش‌ها شامل عملیات حرارتی، فشار زیاد، غیرفعال‌سازی توسط فرمالین، اشعه ماورا بنفش، تشعشع یونیزان و فراصوت است. پست‌بیوتیک‌ها شامل سه جز اصلی از سلول‌های میکروبی غیرفعال (دیواره سلولی)، بخش‌های عملکردی سلول (اسید تیکوئیک) و متابولیت‌های سلولی (آنزیم‌ها، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، باکتریوسین‌ها و اسیدهای آلی) هستند که اگر در مقدار کافی دریافت شوند، اثرات سلامت بخش از خود برجای می‌گذارند. پست‌بیوتیک‌ها علاوه بر داشتن ویژگی‌های تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی، خواص ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضد چاقی، ضد فشار خون، کاهندگی کلسترول سرم و خواص ضد سرطانی، دارای خواص فارماکوتیک مناسب مانند ساختار شیمیایی مشخص، نمایه ایمن و ماندگاری طولانی هستند (۱۵). از سوی دیگر، پست‌بیوتیک‌ها با توجه به داشتن پتانسیل قابل قبولی از بروز اثر ضد میکروبی، می‌توانند به‌عنوان

از برخی باکتری‌های تهدیدکننده ایمنی غذایی می‌توان به گونه‌های سالمونلا، کامپیلوباکتر ژژونسی، استافیلوکوکوس اورئوس، گونه‌های کلاستریدیم، اشرشیا کلائی و گونه‌های لیستریا اشاره کرد (۱۰، ۱۱). همان‌طور که ذکر شد، یکی از اصلی‌ترین عواملی که بر ایمنی و کیفیت غذا تاثیر می‌گذارد، آلودگی مواد غذایی از طریق میکروب‌های بیماری‌زا در طی مراحل مختلف تولید، نگهداری، توزیع و آماده‌سازی است. بنابراین، مهار رشد میکروب‌های بیماری‌زا رویکرد اصلی برای حفظ ایمنی مواد غذایی و کنترل چنین بیماری‌هایی از طریق غذا است. در دهه‌های اخیر، روش‌های مختلفی برای این منظور استفاده شده است. به‌عنوان مثال، استفاده از عوامل فعال زیستی، مانند پروبیوتیک‌ها و محصولات جانبی آن‌ها برای جلوگیری از رشد میکروب‌های بیماری‌زا و متعاقباً افزایش ماندگاری مواد غذایی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به‌عنوان استراتژی‌های جدید در نظر گرفته می‌شوند. علیرغم اثرات مطلوب پروبیوتیک‌ها، نتایج برخی از مطالعات نشان‌دهنده برخی اثرات جانبی بالینی و تکنولوژیکی پروبیوتیک‌ها است. به‌عنوان مثال، وجود عوامل حدت<sup>۱</sup> در برخی از سویه‌های میکروبی پروبیوتیک‌ها و به اشتراک گذاشتن آن در بین سویه‌های بیماری‌زا، ارائه الگوهای متنوعی از رشد که قادر به جلوگیری از کلونیزاسیون معمول سایر فلور میکروبی روده می‌شود، تولید آمین‌های بیوژنیک، عدم وجود توصیه‌های بالینی مشخص برای هر یک از اثرات سلامت بخشی و مناسب نبودن حجم مطالعه و دوره طولانی مدت در بررسی اثرات ایمنی و سلامت بخشی آن‌ها، از برخی اثرات جانبی و نگرانی‌های مطرح شده در ارتباط با مصرف برخی پروبیوتیک‌ها است. بنابراین، پست‌بیوتیک‌ها به دلیل

#### 1. Virulence factor

دارند. لذا با توجه به مستندات اشاره شده، می‌توان از پست‌بیوتیک‌ها به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی طبیعی و بالقوه برای جلوگیری از فساد مواد غذایی و ارتقا ایمنی آن در صنایع غذایی استفاده کرد (۱۶) (شکل ۱). در مطالعه حاضر ضمن اشاره به چالش‌های تکنولوژیکی در تولید ترکیبات پست‌بیوتیک، نقش زیستی آن‌ها در برقراری ایمنی شیمیایی و میکروبی در طیف متنوعی از محصولات غذایی، سازوکار تاثیر پذیری از ماتریکس غذایی و همچنین پایدارسازی آن‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

جایگزین امیدوارکننده برای آنتی‌بیوتیک‌ها نیز مطرح شوند. برخی مطالعات انتقال پروبیوتیک‌ها را از محیط روده به جریان خون و از آنجا به اندام‌های حیاتی گزارش کرده‌اند که می‌تواند زمینه‌ساز عفونت‌های سیستمیک باشد. از طرف دیگر، پست‌بیوتیک‌ها با توجه به منشأ طبیعی خود دارای ویژگی‌های هضم و جذب مناسبی بوده، پایداری زیستی قابل قبولی در حین عبور از مجرای دستگاه گوارشی از خود نشان می‌دهند و همچنین توانایی ایجاد ارتباط سیگنالی قابل توجهی با بافت‌ها و اندام‌های مختلف بدن میزبان



شکل ۱- روند روبه رشد پژوهش‌های صورت گرفته در سال‌های اخیر با محوریت پست‌بیوتیک‌ها (الف) و کلید واژه‌های جستجو شده (ب).

Figure 1. The growing trend of research conducted in recent years, focusing on postbiotics (a) and searched keywords (b).

روش پژوهش: در این مطالعه مروری ساده برای شناسایی مطالعات انجام شده از طریق مراجعه به پایگاه‌های اطلاعاتی ISI Web of Knowledge، PubMed/Medline، Scopus و Google Scholar نسبت به جمع‌آوری مطالعات مرتبط از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ اقدام شد. برای جستجوی کلمات کلیدی مربوط به پست‌بیوتیک شامل Biogenic، Ghost Probiotic، Metabiotic، Paraprobiotic و Postbiotic که بین‌شان از لغت «یا» (OR) استفاده شد و همچنین برای بخش دوم از کلمات کلیدی Production Antimicrobial، Biological engineering، method Animal، Bakery، Vegetable، Meat، Dairy، effect Chemical و Microbial safety، Antibiofilm، feet safety که بین‌شان از لغت «یا» (OR) استفاده شد. برای اتصال دو بخش نیز از کلمه «و» (AND) برای جستجوی نهایی استفاده شد. معیارهای ورود به شرح ذیل بودند، مقالاتی که به بررسی انواع روش‌های تولید، مهندسی زیستی سنتز و نقش‌های زیستی ترکیبات پست‌بیوتیک با تمرکز بر فعالیت ضد میکروبی و ضد بیوفیلمی پرداخته بودند؛ مقالاتی که به بررسی تاثیر پست‌بیوتیک‌ها در ارتقا وضعیت ایمنی میکروبی و شیمیایی مواد غذایی پرداخته بودند و مقالاتی که به متن کامل آن‌ها دسترسی وجود داشت. معیارهای خروج نیز شامل موارد ذیل بودند، مقالاتی که تنها چکیده آن‌ها در دسترس باشد و مطالعاتی که به زبان‌هایی به جز انگلیسی و فارسی نوشته شده باشند. در نهایت تعداد ۱۸۰ مقاله یافت شد که تعداد ۷۳ مقاله از آن‌ها به علت این‌که مرتبط با هدف مقاله حاضر نبودند، کنار گذاشته شدند. سپس چکیده ۱۰۷ مقاله مرتبط، تهیه و مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. در نهایت تنها ۳۰ مقاله که در راستای اهداف و معیارهای ورود مطالعه حاضر بودند، مورد بررسی قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

### چالش‌های تکنولوژیکی در تولید ترکیبات

#### پست‌بیوتیک

#### عوامل موثر بر ترکیب شیمیایی پست‌بیوتیک‌ها

۱- نوع گونه‌های باکتریایی: به‌طور کلی فعالیت تخمیری وابسته به جنس در بین باکتری‌های اسید لاکتیک به طور گسترده گزارش شده است. در بین این باکتری‌ها تولید اسیدهای آلی عمدتاً فعالیت زیستی وابسته به جنس و تا حدی گونه خاص در نظر گرفته می‌شود (۱۷). قابل‌تأمل است که مقدار اسید لاکتیک تولید شده توسط گونه‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم به طور قابل‌توجهی بالاتر از تولید اسید استیک است. طبق نتایج مطالعات مرتبط، همبستگی مثبت و منفی قوی بین محتوای اسید لاکتیک و اسید استیک محلول پست‌بیوتیک و ویژگی‌های ضد میکروبی حاصله وجود دارد (۱۸). در همین راستا، سویه‌های باکتریایی نیز می‌توانند برای ترشح متابولیت‌های نو ترکیب منحصربه‌فرد برای مصارف غذایی، انسانی و حیوانی مهندسی شوند. بیشترین غلظت و بهره‌وری اسید لاکتیک به ترتیب در تخمیر ناپیوسته و پیوسته باکتری‌های اسید لاکتیک گزارش شده است (۱۹). Ozcelik و همکاران (۲۰۱۶) توانایی تولید اسیدهای آلی باکتری‌های اسید لاکتیک را در محیط‌های آبگوشت ماهی<sup>۱</sup> و آبگوشت<sup>۲</sup> MRS بررسی کردند و تولید اسیدهای سوکسینیک و استیک را به ترتیب در بالاترین و کمترین سطح گزارش نمودند (۲۰).

۲- نوع و شرایط محیط کشت: ترکیبات تشکیل دهنده محیط کشت و شرایط گرمخانه‌گذاری نیز می‌توانند به طور معنی‌داری بر تولید متابولیت‌ها توسط

1. Fish infusion broth
2. DeMan, Rogosa, and Sharpe broth

قرار گرفت و غنی‌سازی توسط ترکیب اینولین صورت گرفت که منجر به تولید پست‌بیوتیک‌هایی با فعالیت ضد میکروبی به مراتب بالاتر علیه میکروارگانیسم‌های عامل فساد و پاتوژن در مقایسه با محیط کشت بدون ترکیب پری‌بیوتیکی گردید (۲۶). به طور مشابه، حضور گلیسرول در محیط کشت حاوی لاکتوباسیلوس روتری به عنوان محرک تولید پست‌بیوتیک روترین گردید که یک عامل ضد میکروبی قوی قلمداد می‌شود (۲۷).

**۳- راهبرد کشت مشترک برای تولید پست‌بیوتیک‌ها:** شواهد علمی حاکی از تاثیر گذاری معنی‌دار چند سویه در مقایسه با یک سویه در بروز اثرات زیستی می‌باشد که می‌تواند به نوعی تقلیدی از محیط میکروبی واقعی در شرایط برون‌زی و درون‌زی باشد. باکتری‌های اسید لاکتیک با توجه به سازوکار سنجش حد نصاب می‌توانند تولید عوامل ضد میکروبی خاص را در حضور میکروارگانیسم‌های مفید یا حتی بیماری‌زا تنظیم نمایند (۲۸). کشت مشترک می‌تواند بیان عوامل ضد میکروبی سنتز شده ریبوزومی مانند باکتریوسین‌ها را در باکتری‌های اسید لاکتیک تسهیل کند، همچنین منجر به سنتز ترکیبات بالقوه با اثرات زیستی از جمله اثر ضد میکروبی، متعاقب فعل و انفعالات شیمیایی و مسیرهای سیگنالی بین سویه‌های مختلف می‌شود. در همین راستا کشت توام سویه لاکتوکوکوس لاکتیس با ساکارومایسس سرویزیه CL01 تولید نایسین را تا ۸۵ درصد افزایش داد (۲۹). همچنین افزایش تولید نایسین (۵۰ درصد) نیز توسط کشت توام لاکتوکوکوس لاکتیس با مخمر *Yarrowia lipolytica* در ملاس چغندر قند گزارش شد (۳۰). قابل تامل است که هم‌جوار سازی لاکتوکوکوس لاکتیس با عوامل میکروبی بیماری‌زا همچون لیستریا مونوسیتوژنز و سالمونلا انتریکا در

باکتری‌های اسید لاکتیک تأثیر بگذارند. در این رابطه یافته‌ها حاکی از عدم تولید پراکسید هیدروژن توسط گونه‌های لاکتوباسیلوس در شرایط بی‌هوازی می‌باشد (۲۱). همچنین وابستگی به شرایط محیط کشت و فاکتور زمان در سنتز اسیدهای آلی توسط این باکتری‌ها گزارش شده است. در این رابطه، تولید اسیدهای آلی (اسید لاکتیک، اسید استیک، اسید سوکسینیک و اسید فرمیک) توسط سویه‌های مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک در محیط Anchovy infusion broth به‌طور قابل توجهی بیشتر از محیط آبگوشت MRS گزارش شده است (۲۰). همچنین مشخص شد که فعالیت ضدقارچی پست‌بیوتیک‌های حاصل از سویه‌های مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک تهیه شده در شیر کمتر حرارت‌دیده به‌طور قابل توجهی بیشتر از محیط سرم (پلاسمای) شیر<sup>۱</sup> بوده است (۲۲). در همین راستا در یک مطالعه به بهینه‌سازی ترکیبات محیط کشت MRS از طریق افزودن ۲۰ گرم در لیتر گلوکز و ۳۶/۲ گرم در لیتر عصاره مخمر به منظور دستیابی به حداکثر تولید و فعالیت بازدارندگی پست‌بیوتیک باکتریوسین حاصل از لاکتوباسیلوس پلانترام I-UL4 اقدام شد (۲۳). افزودن سورفکتانت‌ها و امولسیفایرهای غیر یونی، مانند پلی سوربات ۸۰ در محیط‌های کشت می‌تواند روند تولید و رهایش پست‌بیوتیک‌های پروتئینی را از سویه‌های لاکتوباسیلی (لاکتوباسیلوس پلانترام) بهبود بخشد (۲۴). علاوه بر این، غنی‌سازی محیط کشت لاکتوباسیلوس پلانترام توسط اسید لینولئیک منجر به تشکیل ترکیب ۱۰-هیدروکسی-سیس-۱۲-کتادسنوئیک اسید<sup>۲</sup> شد که دارای خواص بالقوه دارویی می‌باشد (۲۵). همچنین از فعالیت هم‌افزایی ترکیبات پست‌بیوتیک و پری‌بیوتیک در طراحی محیط‌های کشت مورد استفاده

1. Permeate  
2. HYA

محیط کشت مشترک نیز منجر به ایجاد پاسخ دفاعی در لاکتوکوکوس لاکتیس به واسطه تولید پست بیوتیک‌های فعال غنی از نایسین گردید (۲۸).

#### ۴- روش‌های آماده‌سازی و فرآوری پست بیوتیک‌ها:

به‌منظور بهره‌گیری از حضور ترکیبات پست بیوتیک در ماتریکس غذاها، حالات مختلف این ترکیبات از جمله فرم لیوفیلیزه یا خشک شده می‌تواند مفید واقع گردد، با این حال اعمال هر یک از روش‌های فرآوری بر روی پست بیوتیک‌های استخراج شده می‌تواند بر ترکیب آن‌ها تاثیر بگذارد که متعاقباً فعالیت زیستی آن‌ها را دستخوش تغییر قرار خواهد داد. به عنوان مثال، فرآیند لیوفیلیزاسیون باعث از دست دادن برخی از ترکیبات از جمله پراکسید هیدروژن می‌شود که دارای فعالیت ضد میکروبی شناخته شده‌ای است (۳۱). روش خشک کردن پاششی نیز موجب حذف متابولیت‌های زیستی فرار از محلول تهیه شده پست بیوتیکی می‌گردد (۲۱). شواهدی وجود دارد که بیانگر تحت تاثیر قرار گرفتن پایداری متابولیت‌های پست بیوتیک در طول مدت زمان نگهداری در شرایط مختلف می‌باشد (۳۲). در همین راستا می‌توان به تاثیر معکوس افزایش مقادیر pH در پایداری و بروز عملکرد ضد میکروبی پست بیوتیک‌ها اشاره کرد که به مراتب لزوم شناخت ماهیت این ترکیبات و سازوکار تاثیرگذاری یا تاثیر پذیری آن‌ها را آشکار می‌کند (۳۳).

#### مهندسی زیستی در سنتز پست بیوتیک‌های

**عملکردی:** علی‌رغم فرآیند طبیعی سنتز ترکیبات پست بیوتیک، محققان در تلاش برای توسعه سیستم‌های پیشرفته مبتنی بر پروبیوتیک جهت دستیابی به پست بیوتیک‌هایی با خواص زیستی هستند. استفاده از سلول‌های پروبیوتیک طراحی شده برای ارائه نقش حمل‌کنندگی مولکول‌های زیستی به غشای مخاطی (رسانش هدفمند) و همچنین بهبود میزان

تولید متابولیت‌های زیستی خاص از جمله اهداف و عملکردهای نوین در این بعد از مهندسی زیستی هستند (۳۴). Song و همکارانش (۲۰۱۹)، موفق به تولید پست بیوتیک نو ترکیب مبتنی بر پروتئین خارج سلولی از سویه بیفیدوباکتریوم لانگوم KACC 91563 با استفاده از سویه *اشرشیا کلی* BL21 شدند (۳۵). همچنین در این راستا، نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که پروتئین مشتق شده از وزیکول خارج سلولی در تسکین علائم آلرژی غذایی از طریق آپوپتوز اختصاصی ماست سل<sup>۱</sup> موثر بود که پتانسیل درمانی این پروتئین را در درمان آلرژی غذایی نشان داد (۳۶). Chen و همکارانش (۲۰۱۴) نیز با دست‌ورزی ژنتیکی سویه *اشرشیا کلی* Nissle 1917 موفق به سنتز ترکیب پست بیوتیک خاص (ناسیل فسفاتیدیل اتانول آمین) شدند که به طرز معنی‌داری در مصرف خوراکی، چاقی را در موش‌ها از طریق تنظیم مصرف غذا کاهش داد (۳۷). سویه مذکور از خانواده انتروباکتریاسه‌ها به دلیل خواص ذاتی خود در تحریک سیستم ایمنی ذاتی، برای حفظ خواص ساختاری مطلوب اجزاهایی مانند تاژک و فیمبریا و بیان آنتی ژن‌های خارجی کلامیدیا به شکل ترکیبات پست بیوتیک به‌منظور دارورسانی مهندسی شده است (۳۸). علاوه بر این، Liu و همکارانش (۲۰۱۶)، سویه لاکتوکوکوس لاکتیس تولید کننده پروتئین شوک حرارتی نو ترکیب HSP65-6IA2P2 را به صورت خوراکی تجویز نمودند که پست بیوتیک مذکور ضمن کاهش التهاب جزایر لانگرهانس (انسولیت)، تحمل به گلوکز را افزایش داده و از هیپرگلیسمی جلوگیری می‌کند و همچنین پاسخ‌های ایمنی را در دیابت نوع یک تنظیم می‌کند (۳۹). بر این اساس، ژانگ و همکارانش (۲۰۱۶)، سویه لاکتوکوکوس لاکتیس NZ9000-401 را به منظور تولید پست بیوتیک مبتنی

1. Mast cell



در برخی مواقع مصرف غذاهای حاوی باکتری زنده پروبیوتیک در بعضی افراد با سنین و شرایط جسمی مختلف و به‌ویژه در افرادی که سیستم ایمنی ضعیفی دارند باعث بروز مشکلات بالینی می‌شود (۴۴). این موارد شامل افراد مبتلا به بیماری Crohn، زنان باردار، افراد مسن و نوزادان است. بنابراین استفاده از پروبیوتیک‌های زنده در موارد ذکر شده ممکن است با مشکلات جدی همراه باشد (۴۵). چالش مهم دیگر در این زمینه ایجاد مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌های متداول و امکان انتقال ژن‌های مقاومت به ارگانیسم‌های بیماری‌زا واقع در روده میزبان است (۴۶). قابل ذکر است که باکتری‌های بیماری‌زای فرصت طلب نیز در میکروبیوم روده وجود دارند که در آن‌ها دستیابی به مقاومت آنتی‌بیوتیک می‌تواند با مسائل زیادی همراه باشد (۴۷). همچنین برخی شواهد بیانگر وجود گونه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک در فرآورده‌های تولید مواد غذایی می‌باشد. مشخصات مقاومت این باکتری‌ها نشان می‌دهد که نوزادان نسبت به گروه‌های سنی بالاتر حساسیت بیشتری نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها دارند (۴۸). چالش‌ها و محدودیت‌های قابل توجه دیگر مربوط به تولید و نگهداری باکتری‌های زنده با عملکرد مفید است. در صنعت اکثر پروبیوتیک‌ها به خانواده لاکتوباسیل‌ها تعلق دارند که غیر اسپورزا هستند و نسبت به شرایط نامساعد محیطی بسیار حساس هستند به طوری که با گذشت زمان و ذخیره‌سازی، عملکرد بهینه خود را از دست می‌دهند (۴۹). از طرف دیگر، فراهم آوردن بستر مناسب برای فعال کردن یک زنجیره سرد مداوم از تولید تا مصرف اغلب به هزینه‌های زیادی نیاز دارد. در صنایع غذایی، برخی از غذاهای لبنی یا نوشیدنی‌ها به‌عنوان سیستم حامل پروبیوتیک‌ها رایج است (۵۰). با توجه به هزینه بالای حفظ زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و

بر پیتید مهارکننده سرطان<sup>۱</sup> که مانع رشد سلول‌های سرطان روده بزرگ انسانی می‌شود، با موفقیت مهندسی کردند (۴۰). در ادامه، Carvalho و همکارانش (۲۰۱۷) توضیح دادند که لاکتوباسیلوس لاکتیس نوترکیب NZ9000 پروتئین مرتبط با پانکراتیت را بیان کرده که در شرایط برون‌زی توانایی مهار کولیت کولون تحریک‌شده در موش‌ها را دارد (۴۱). افزون بر این، برخی از باکتری‌های اسید لاکتیک اصلاح‌شده ژنتیکی، مانند لاکتوباسیلوس پلانٹاروم نوترکیب به منظور سنتز موثر برخی پست‌بیوتیک‌ها، مانند پیتیدهای مهارکننده آنزیم مبدل آنژیوتانسین و پیتیدهای ضد میکروبی مورد استفاده قرار گرفتند (۴۲). قابل تأمل است که با وجود تکنیک‌های دستکاری ژنتیکی پیشرفته که به مراتب امکانات قدرتمندی را برای توسعه سویه‌های پروبیوتیک مهندسی شده جدید ایجاد کرده‌اند که قادر به تولید پست‌بیوتیک‌هایی با عملکردهای بیولوژیکی نوید بخش هستند، همچنان مسائل ایمنی مربوطه بایستی مورد توجه قرار گیرند و شاخصه‌های ایمنی کارآمد و مدون جهت ارزیابی آن‌ها مطرح و تعریف گردد.

**پست‌بیوتیک‌ها و ایمنی مواد غذایی:** استفاده از پروبیوتیک‌ها برای افزایش ماندگاری و جلوگیری از فساد میکروبی مواد غذایی و همچنین استفاده از متابولیت‌های ضد میکروبی مرتبط با آن‌ها (اسیدهای آلی، پیتیدها، پراکسید هیدروژن، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و باکتریوسین‌ها) در صنایع غذایی سابقه طولانی دارد. علی‌رغم مزایای فراوان استفاده از باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد افزودنی شیمیایی، چالش‌های زیادی در استفاده از این باکتری‌ها وجود دارد (۴۳). مثالی در این زمینه شامل استفاده و حفظ زنده‌مانی پروبیوتیک‌های زنده است.

برخی مشکلات بالینی که پروبیوتیک‌های زنده ایجاد می‌کنند، استفاده از اشکال غیر زنده پروبیوتیک (پست‌بیوتیک) راه‌حل مناسبی به نظر می‌رسد (۵۱). پست‌بیوتیک‌ها با داشتن نقش ضد میکروبی (کنترل و از بین بردن بیوفیلم‌های ناشی از عوامل بیماری‌زای مواد غذایی و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های مولد فساد) ایمنی مواد غذایی را افزایش می‌دهند (۵۲). البته، نقش ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها در صنایع غذایی به عواملی مانند گونه میکروبی پروبیوتیک مدنظر، نوع و غلظت پست‌بیوتیک‌ها، نوع مدل غذایی و ویژگی‌های ماتریکس آن بستگی دارد. در اینجا ما در مورد سازوکار زیستی پست‌بیوتیک‌ها جهت برقراری ایمنی شیمیایی و میکروبی برای جلوگیری از فساد مواد غذایی و میکروب‌های بیماری‌زا بحث می‌کنیم.

**کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در برقراری ایمنی شیمیایی مواد غذایی:** برقراری زنجیره ایمنی مواد غذایی مرهون پیوستگی اجزای آن می‌باشد و مولفه ایمنی شیمیایی نیز به تنهایی و همچنین در ارتباط با سایر مولفه‌های مرتبط، نقش اصلی در برقراری ایمنی مواد غذایی و متعاقباً سلامتی میزبان دارد. در زمره ترکیباتی که در حوزه ایمنی شیمیایی قابل بحث هستند، حضور ترکیبات فلزات سنگین و برخی مایکوتوکسین‌ها در مقایسه با دیگر عوامل، می‌توانند همبستگی قوی و منفی با برقراری ایمنی شیمیایی ایجاد کنند.

فلزات سنگین مختلف باعث پیامدهای نامطلوب سلامتی می‌شوند. سمیت کادمیوم ارتباط نزدیکی با اختلالات ریوی، کلیوی، کبدی و قلبی-عروقی دارد، در حالی که قرار گرفتن در معرض سرب منجر به اختلال عملکرد عصبی و خونی می‌شود. سرب تهدید بیشتری برای کودکان به شمار می‌رود، زیرا آن‌ها مستعد جذب بیشتر سرب از روده هستند (۵۳). همچنین فلز آلومینیوم با ایجاد چندین اختلال

عصبی مانند بیماری آلزایمر و بیماری پارکینسون در ارتباط است (۵۴). اگرچه شناخت همه‌جانبه مسیر پاتوژنزی بیماری‌های ناشی از فلزات سنگین پیچیده است، اما به خوبی تشخیص داده شده است که سطوح بالای فلزات سنگین باعث واکنش‌های نامطلوب اکسیداسیون در سلول می‌شود که در نهایت منجر به تجمع رادیکال‌های سمی هیدروکسیل و گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (۵۵). لذا اتخاذ راهبردهای در دسترس و کاربردی می‌تواند در هر یک از مراحل زنجیره تولید مواد غذایی از منابع طبیعی تا ژنوم میزبان صورت گیرد. از راهبردهای قابل بحث در این زمینه ترکیبات پست‌بیوتیک می‌باشند که بخش آنزیمی این ترکیبات (خصوصاً آنزیم‌های سیتوپلاسمی) دارای عملکرد تغییر ساختاری و دگرذیسی برخی از فلزات سنگین هستند، اما عمده فعالیت این ترکیبات به سازوکار جذب سطحی اختصاص دارد که آن نیز معمولاً وابسته به جنس و گونه سویه‌های پروبیوتیکی و نحوه فرآوری ترکیبات پست‌بیوتیک می‌باشد (۵۶). سازوکار دیگر این ترکیبات که می‌تواند در بخش‌های انتهایی زنجیره تامین غذا و در شرایط بیولوژیک میزبان صورت پذیرد، عملکرد تاثیر اجزای مختلف پست‌بیوتیکی بر ساختار و عملکرد میتوکندریایی و نهایتاً مسیرهای ایجاد استرس اکسیداتیو می‌باشد. در این زمینه، مطابق نتایج بدست آمده از مطالعه Tian و همکاران (۲۰۱۷)، پست‌بیوتیک‌های مشتق‌شده از سویه لاکتوباسیلوس پلاتنارم CCFM639 با توجه به وجود برخی لیگاندهای خاص در دیواره سلولی و توانایی آن در برقراری ارتباط با فلز آلومینیوم، موجب کاهش معنی‌داری در پاسخ‌های استرس اکسیداتیو در مدل حیوانی رت C57BL/6 شدند (۵۷). در مطالعه Zhang و همکاران (۲۰۱۷)، ظرفیت جذبی و سم‌زدایی بالقوه پست‌بیوتیک اگزوپلی‌ساکارید تولید شده از باکتری دریایی *آلترموناس* JL2810 مورد

به عنوان مایکوتوکسین شناسایی و گزارش شده است که از آن‌ها می‌توان به آفلاتوکسین‌ها، زرانون، اکراتوکسین‌ها، پاتولین، فومونیزین‌ها و دئوکسی نیوالنول اشاره کرد (۶۰). از بین موارد مذکور، آفلاتوکسین‌ها معمولاً با بروز بالای ضایعات و مخاطرات ایمنی و بهداشتی در میزبان در ارتباط هستند که عمدتاً توسط آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌شوند (۶۱).

سازوکار عملکردی ترکیبات پست‌بیوتیک در قبال مایکوتوکسین‌ها نیز می‌تواند به واسطه فرآیند جذب سطحی و یا تغییر و تخریب ساختاری سم میانجی‌گری گردد (۶۲، ۶۳). همان‌طور که در مورد فلزات سنگین مطرح شد در مورد مایکوتوکسین‌ها نیز فرآیند سم‌زدایی می‌تواند در شرایط برون‌زی و درون‌زی صورت پذیرد که با توجه به مکانیسم عملکردی سم مدنظر، مسیرهای فوق‌مورد بررسی قرار می‌گیرند. طبق نتایج مطالعات صورت گرفته، پست‌بیوتیک آگزوپلی‌ساکارید بالاترین فعالیت را به واسطه اعمال جذب سطحی در مورد آفلاتوکسین‌ها از خود نشان داده است (۶۴، ۶۵). در همین راستا، در مطالعه‌ای نشان داده شد که مکانیسم تخریب ساختاری آفلاتوکسین B<sub>1</sub> توسط مایع رویی کشت حاصل از باسیلوس سوبتیلیس به شکل موفقیت آمیز صورت می‌گیرد و قطعات حاصل در انتهای فرآیند تجزیه توسط کروماتوگرافی مایع کوپل شده با آشکارساز طیف سنج جرمی (LC-MS/MS) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه تیمار پست‌بیوتیک‌ها منجر به تجزیه زیستی ۶۰ درصدی شد و همچنین تشخیص محصول جانبی AFB1-8,9 dihydrodiol که گونه مشتقی از آفلاتوکسین B<sub>1</sub> و با سمیت کمتر است، نشان دهنده سازوکار اصلی سم‌زدایی ترکیبات پست‌بیوتیک به واسطه تجزیه و

ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل رزونانس مغناطیسی هسته‌ای نشان داد که آگزوپلی‌ساکارید مذکور دارای ساختار جدیدی می‌باشد که از واحد تکرار شونده  $[-3)\text{-}\alpha\text{-Rhap-(1}\rightarrow\text{3)-}\alpha\text{-Manp-(1}\rightarrow\text{4)-}\alpha\text{-3OAc-GalAp-(1}\rightarrow\text{3)-}]$  در این مطالعه، آگزوپلی‌ساکاریدها توانایی قابل توجهی در جذب فلزات سنگین مورد بررسی ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  و  $\text{Cr}^{6+}$ ) از خود نشان دادند که عمدتاً وابسته به فاکتور pH نیز بود. علاوه بر این، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل طیف‌سنجی مادون قرمز نشان داد که گروه‌های  $\text{C-O-C}$  و  $\text{C=O}$ ,  $\text{O-H}$  عملکرد جذبی آگزوپلی‌ساکاریدها بودند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که آگزوپلی‌ساکاریدها با عملکرد جذبی بالا می‌توانند به عنوان یک منبع زیستی جدید برای حذف فلزات سنگین استفاده شوند (۵۸). در مورد فلز کادمیوم نیز در مطالعه‌ای نشان داده شد که آگزوپلی‌ساکارید مشتق شده از لاکتوباسیلوس پلانترام BGAN8 ظرفیت اتصال بالایی را نشان می‌دهد و در شرایط برون‌زی از سمیت به واسطه کادمیوم در سلول‌های Caco-2 اپیتلیال روده جلوگیری می‌کند (۵۹). بنابراین عملکرد جذبی ترکیبات پست‌بیوتیک محدود به فلز خاصی نبوده و این ترکیبات می‌توانند در جذب چندین فلز سنگین موثر باشند و همین ویژگی قابل تعمیم به شرایط حقیقی ماتریکس غذاها می‌باشد که به طور معمول با طیف چندین فلز سنگین مواجه هستیم، لذا پست‌بیوتیک‌ها با توجه به ویژگی‌های انعطاف‌پذیری تکنولوژیکی که دارند، می‌توانند در مقیاس صنعتی نیز بدین منظور مورد استفاده قرار گیرند.

محصولات غذایی آلوده به مایکوتوکسین‌ها همچنان یک مشکل حیاتی در رابطه با ایمنی مواد غذایی محسوب می‌شود. تا بحال، بیش از ۴۰۰ ترکیب

پاره‌ای از اوقات فرآیند تجزیه و تغییر ساختاری سم در مقایسه با فرآیند جذب سطحی می‌تواند در اولویت قرار گیرد.

**کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در برقراری ایمنی میکروبی مواد غذایی:** یکی از مهم‌ترین کاربردها پست‌بیوتیک‌ها در صنایع غذایی استفاده از اثر ضد میکروبی آن‌ها در مهار رشد میکروبهای مولد فساد غذایی است. قابل تامل است که بخش اساسی خواص ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها به دلیل وجود اسیدهای آلی، باکتریوسین‌ها، پپتیدها، اسیدهای چرب و ترکیبات پراکسید هیدروژن است.

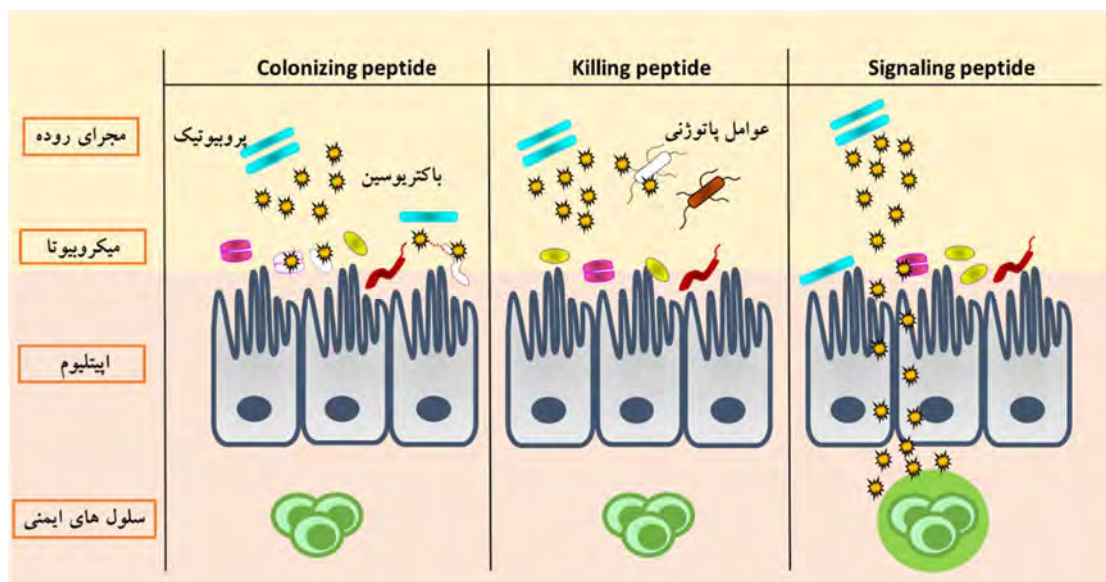
۱- اسیدهای آلی: اسیدهای آلی ترکیباتی هستند که به عنوان عوامل ضد میکروبی بالقوه و یکی از کلیدی‌ترین ترکیبات پست‌بیوتیک‌ها شناخته می‌شوند. اسید لاکتیک (تولید شده توسط فرآیندهای تخمیر باکتریایی) دارای دو ایزومر L و D است که به طور موثری رشد اجرام بیماری‌زا را مهار می‌کند (۶۸). در این رابطه، اسید سیتریک و اسید استیک با ایجاد یک محیط اسیدی از رشد عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند. در میان اسیدهای آلی، اسید لاکتیک (pka = ۳/۸۶) و اسید استیک (pka = ۴/۷۶) با کاهش مقدار pH تحت شرایط *in-vitro* یا *in-vivo* از رشد پاتوژن‌ها جلوگیری می‌کنند (۶۹). اثر مهار اسیدهای آلی به تاثیر آنها بر غشای سلول باکتریایی مربوط می‌شود. مکانیسم‌های اصلی در اینجا شامل کاهش pH داخل سلولی و یکپارچگی غشا است (۷۰). فعالیت ضد میکروبی اسیدهای آلی را می‌توان به دو مکانیسم اصلی اسیدی شدن سیتوپلاسم سلولی و تنظیم تولید انرژی ارتباط داد (۶۹). در مطالعه Hu و همکاران (۲۰۱۹) اسیدهای آلی (اسید لاکتیک، اسید استیک، اسید تارتاریک، اسید مالیک و اسید سیتریک) تولید شده توسط سه سویه لاکتوباسیلوس پلاتاروم (p1، S11 و M7) را جداسازی کردند و اثر ضد میکروبی این

تغییر ساختاری سم مدنظر می‌باشد (۶۶). در مورد اکراتوکسین A نیز جذب سطحی توسط پست بیوتیک‌های دیواره سلولی مشتق شده از لاکتوباسیلوس پلاتارم و لاکتوباسیلوس برویس گزارش شده است. طبق نتایج این مطالعه میزان سم‌زدایی در سلول‌های باکتریایی لیز شده در مقایسه با زیست توده سلولی زنده به طور معنی‌داری بالاتر بود و عمدتاً ترکیبات پپتیدوگلیکان این اثر را میانجی‌گری کردند. در رابطه با عملکرد مناسب سلول‌های لیز شده می‌توان به دناتوره شدن پروتئین‌ها، ایجاد تغییرات ساختاری (ایجاد منافذ) در ساختار دیواره سلولی اشاره کرد که ضمن افزایش نفوذپذیری لایه‌های خارجی دیواره سلولی، منجر به افزایش تعداد نقاط فعال و درگیر در فرآیند جذب می‌شود (۶۰). نتایج مشابه با مطالعه قبلی در مورد سموم آفاتوکسین B<sub>1</sub> و تریکوتسن-۲ نیز در مطالعه Ondiek و همکاران (۲۰۲۲) مشاهده شد. در این مطالعه نیز باکتری‌های مختلف اسید لاکتیک هنگامی که تحت تاثیر فرآیند حرارتی قرار می‌گیرند نرخ فرآیند سم‌زدایی از ۴۶ تا ۶۲ درصد و ۴۵ تا ۵۲ درصد به ترتیب در مورد سموم آفاتوکسین B<sub>1</sub> و تریکوتسن-۲ تغییر پیدا می‌کند که بیانگر نقش زیستی پست‌بیوتیک‌ها در ایفای فعالیت سم‌زدایی می‌باشند (۶۷). قابل تامل است که هر یک از سازوکارهای سم‌زدایی اهمیت خاص خود را دارد. با توجه به این که در فرآیند جذب سطحی برخی پارامترهای دیگر از جمله درجه حرارت محیط، مقادیر مختلف pH و حضور برخی عوامل مداخله‌گر می‌توانند تاثیر معکوسی داشته و موجب رهایش سموم جذب سطحی شده گردند؛ فلذا در فرآیند تجزیه و تغییر ساختاری سم که عمدتاً توسط آنزیم‌ها یا اجزای فعال زیستی در پست‌بیوتیک‌ها صورت می‌گیرد، سم مدنظر قابلیت بیولوژیکی خود را از دست داده و به مشتقاتی با سمیت به مراتب کمتر تبدیل می‌شوند، بنابراین در

مختلفی مانند آرکی‌باکتری‌ها (*Archaeobacteria*) و یوباکتری‌ها (*Eubacteria*) تولید می‌شوند. باکتریوسین‌ها فعالیت ضد میکروبی بالایی دارند که در طی سالیان متمادی در غذاهای تخمیری به شکل طبیعی تولید می‌شده و همواره اثرات سلامت بخشی از خود ایجاد می‌کنند (۷۲). باکتریوسین‌ها بر اساس اندازه، مکانیسم اثر و طیف بازدارنده تقسیم‌بندی می‌شوند. این ترکیبات اثرات مفیدی مانند مهار رشد و نمو پاتوژن‌های دستگاه گوارش دارند و در برابر حرارت و pH مقاوم هستند. طبق نتایج مطالعات صورت گرفته، فعالیت اصلی باکتریوسین‌ها در غشای سیتوپلاسمی باکتری متمرکز شده است. مکانیسم ضد میکروبی باکتریوسین‌ها به طور مستقیم با اثرات آن‌ها بر ساختار و عملکرد پپتیدهای باکتریایی و فعالیت‌های مهاری آن‌ها بر روی‌هاگ و تشکیل منافذ بر روی غشاهای سلول‌های بیماری‌زا ارتباط دارد (شکل ۲).

اسیدها را در برابر باکتری‌های بیماری‌زا (*شرشیا کلی* و *سالمونلا*) بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که اسیدهای آلی ترشح شده توسط سویه‌های لاکتوباسیلوس پلانٹاروم از رشد و تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کند. اثرات ضد باکتریایی اسیدهای آلی با کاهش pH و اسیدی شدن غشای سلول باکتری‌ها اعمال می‌شود. در میان اسیدهای آلی، اسید لاکتیک و اسید استیک دارای فعالیت ضد باکتریایی چشم‌گیری بودند. با توجه مستندات موجود، استفاده از پست‌بیوتیک‌ها یک رویکرد بالقوه و نوین برای ایجاد عوامل ضد میکروبی طبیعی در بخش مواد غذایی جهت نگهداری بیولوژیکی مواد غذایی و ارتقا وضعیت ایمنی آن می‌باشد (۷۱).

۲- باکتریوسین‌ها: باکتریوسین‌ها پپتیدها یا پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین و دارای فعالیت ضد میکروبی بالقوه‌ای هستند و توسط باکتری‌های



شکل ۲- مکانیسم‌های اصلی دخیل در فعالیت ضد میکروبی باکتریوسین‌ها.

Figure 2. The main mechanisms involved in the antimicrobial activity of bacteriocins.

گرفت. در نتیجه، مشخص شد که باکتریوسین‌ها می‌توانند با اسیدی شدن غشای سلولی لیستریا مونوسیتوژنز و ایجاد منافذ در غشای باکتریایی، رشد

در مطالعه Yao wang (۲۰۱۹) از باکتریوسین‌های لاکتوباسیلوس پلانٹاروم LPL-1 جداسازی شده از ماهی در برابر لیستریا مونوسیتوژنز مورد استفاده قرار

همکاران (۲۰۲۰) اثر اسیدهای چرب تولید شده توسط لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس فرمتتم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی ATCC 335 و لاکتوباسیلوس برویس را علیه کلبسیلا اکسی توکا بررسی کردند. آنها مشاهده کردند که اسیدهای چرب تولید شده توسط باکتری‌های پروبیوتیک از طریق هیدرولیز دیواره سلولی کلبسیلا اکسی توکا مانع رشد این باکتری می‌شوند (۷۹).

۴- پپتیدها: ترکیبات پپتیدی نیز می‌توانند از جمله عوامل ضد میکروبی سنتز شده توسط میکروارگانیسم‌ها در نظر گرفته شوند. ترکیبات پپتیدی میکروب‌ها را از طریق مکانیسم چندگانه<sup>۲</sup> مانند تخریب غشای میکروبی و مهار سنتز ماکرومولکول‌ها مورد هدف قرار می‌دهند. پپتیدهای ضد میکروبی بر اساس منشا خود به انواع ریبوزومی و غیرریبوزومی تقسیم می‌شوند. پپتیدهای تولید شده توسط باکتری‌ها غالباً ریبوزومی هستند و با برهم زدن یکپارچگی غشاهای میکروبی، فعالیت ضد میکروبی قوی را در شرایط آزمایشگاهی نشان می‌دهند (۸۰). پپتیدها معمولاً در همه باکتری‌ها وجود دارند. همان‌طور که گفته شد، هدف اصلی برخی از پپتیدها غشای سلولی است در حالی که برای برخی دیگر سیتوپلاسم و ساختارهای حساس باکتری‌ها است. مکانیسم‌های ضد میکروبی پپتیدها شامل ایجاد اسیدیت در غشای سلول باکتریایی، ایجاد حفره‌های فیزیکی که باعث نشت محتوای سلولی می‌شود، فعال‌سازی فرآیندهای تخریب مانند تحریک هیدرولازها که اثرات مخربی بر دیواره سلول دارند و به اجزای حساس درون سلولی میکروب‌ها آسیب می‌رساند (۸۱). Brittany Forkus و همکاران (۲۰۱۷) از پپتیدهای *اشرشیاکلا* نیسله علیه *سالمونلا انتریکا* جداسازی شده از دستگاه گوارش بوقلمون استفاده کردند. در این مطالعه مشخص شد

لیستریا مونوسیٹوژنز را مهار کنند (۷۳). در مطالعه‌ای دیگر، Sam Woong Kim و همکاران (۲۰۲۰) اثر باکتریوسین‌های تولید شده توسط لاکتوباسیلوس تایواننسیس را علیه سالمونلا گالیناروم و *اشرشیا کلی* ارزیابی کردند. در نهایت، مشاهده شد که باکتریوسین تولید شده توسط لاکتوباسیلوس تایواننسیس می‌تواند از طریق هیدرولیز غشای باکتری‌های بیماری‌زا از رشد آنها جلوگیری کرده و در نتیجه به ساختار پروتئینی آنها آسیب وارد کند (۷۴). بر اساس نتایج ذکر شده، باکتریوسین‌ها می‌توانند به عنوان ابزار ایمن برای مهار باکتری‌هایی که موجب فساد مواد غذایی می‌شوند، مورد استفاده قرار بگیرند.

۳- اسیدهای چرب: اسیدهای چرب و مشتقات آنها می‌توانند به عنوان جایگزین مناسبی برای برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها مطرح گردند. فعالیت ضد میکروبی اسیدهای چرب همواره از دیرباز مشخص شده است. اسیدهای چرب از یک زنجیره کربن اشباع شده/اشباع نشده متصل به یک گروه کربوکسیلیک (آب‌دوست) تشکیل می‌شوند (۷۵). اسیدهای چرب همچنین به‌عنوان پست‌بیوتیک بالقوه شناخته می‌شوند که دارای خواص ضد میکروبی چشم‌گیری هستند. اسیدهای چرب با زنجیره بلند مانند ایکوزاپنتانوئیک اسید<sup>۱</sup> علیه باکتری‌های گرم مثبت عمل می‌کنند (۷۶). در میان سایر اسیدهای چرب، لوریک اسید و مرستیک اسید در برابر رشد و نمو میکروب‌ها نیز بسیار فعال هستند (۷۷). از مکانیسم‌های ضد میکروبی اسیدهای چرب در مهار رشد و تکثیر باکتری‌ها می‌توان به افزایش نفوذپذیری غشا، هیدرولیز سلول، ایجاد اختلال در زنجیره انتقال الکترون، ایجاد اختلال در ساختار و فعالیت آنزیم‌ها و ایجاد تغییرات مورفولوژیکی/عملکردی بر روی اجزای حساس مانند پروتئین‌ها اشاره کرد (۷۸). Bruna Higashi و

شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند. در این مطالعه مشخص شد که باکتری‌های پروبیوتیک می‌توانند از طریق تولید پراکسید هیدروژن از رشد و تکثیر *استافیلوکوکوس اورئوس* جلوگیری کنند (۸۷). براساس چنین شواهدی می‌توان نتیجه گرفت که از ترکیبات پست‌بیوتیک مانند پراکسید هیدروژن می‌توان به‌عنوان جایگزین مناسب برای برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها در برابر باکتری‌های بیماری‌زا و مولد فساد مواد غذایی استفاده کرد.

۶- ویتامین‌ها: باکتری‌های پروبیوتیک در روده میزبان و ماتریکس غذایی مقادیری ویتامین نیز تولید می‌کنند. اگرچه تولید ویتامین‌ها توسط باکتری‌های پروبیوتیک در روده به میزان کم صورت می‌گیرد، با این حال تولید آن به طور قابل توجهی در ماتریکس مواد غذایی به ویژه در محصولات لبنی افزایش می‌یابد (۸۸). با بررسی نقش ضد میکروبی باکتری‌های پروبیوتیک، مشخص شد که ویتامین‌های تولید شده توسط این باکتری‌ها نقش مهمی در مهار میکروب‌های پاتوژن دارند. در مدل‌های آزمایشگاهی، ترکیبات ویتامین با لیز کردن باکتری‌های پروبیوتیک (*لاکتوباسیلوس پلاتناروم*) تولید می‌شود (۸۹). قابل ذکر می‌باشد که ویتامین C نقش ضد میکروبی بیشتری نسبت به ویتامین‌های دیگر دارد. این ویتامین اسیدپتید لیپیدهای غشای سلول باکتری را افزایش می‌دهد در نتیجه منجر به لیز شدن غشای سلولی و دیواره سلول باکتریایی می‌شود (۹۰). از این رو به دلیل خواص ضد میکروبی ارزشمند ترکیبات پست‌بیوتیک، می‌توان از این ترکیبات در قالب روش‌های مختلف در صنایع غذایی برای حفظ و افزایش ماندگاری مواد غذایی بهره جست.

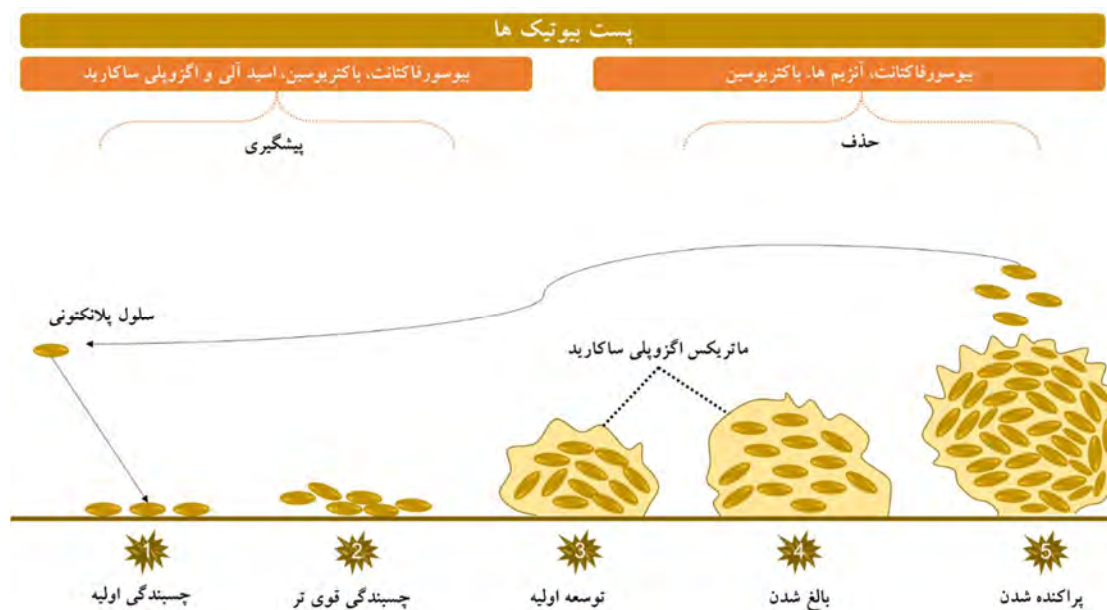
**کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در حذف بیوفیلم میکروبی:**  
بیوفیلم‌ها مجموعه‌ای از یک یا چند نوع

که پتیدهای ضد میکروبی تولید شده توسط *اشرشیا کلائی نیسله* با آسیب رساندن به ساختار دیواره سلولی از رشد *سالمونلا انتریکا* جلوگیری می‌کند (۸۲). Vadakedath Nithya (۲۰۱۲) اثر پتیدهای ضدباکتریایی تولید شده توسط *باسیلوس سوبتیلیس* را در برابر لیستریا مونوسیتوزنز و *اشرشیا کلائی* ارزیابی کرد. در این مطالعه مشخص شد که پتیدهای تولید شده توسط *باسیلوس سوبتیلیس* با آسیب رساندن به ساختارهای حساس از رشد باکتری جلوگیری می‌کنند (۸۳). این مشاهدات احتمال استفاده از پتیدهای ضد میکروبی تولید شده توسط پروبیوتیک‌ها را در نگهداری مواد غذایی نشان می‌دهد.

۵- پراکسید هیدروژن: پراکسید هیدروژن غالباً توسط همه باکتری‌ها تولید می‌شود اما به طور کلی در محیط کشت‌های هوازی باکتری‌های کاتالاز منفی قابل مشاهده بوده و متابولیت اصلی باکتری‌های اسید لاکتیک را تشکیل می‌دهد. در این مورد اثرات بازدارندگی و ضد باکتریایی به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها غلظت پراکسید هیدروژن است که بسته به غلظت آن می‌تواند اثرات ضد باکتریایی داشته باشد. برخی از عوامل مانند سوبیه‌های باکتریایی انتخاب شده و شرایط محیطی (دما و pH) نیز می‌توانند بر غلظت آن تاثیر بگذارند (۸۴، ۸۵). اثرات ضد میکروبی پراکسید هیدروژن مربوط به عملکرد اکسیدکنندگی قوی آن روی سلول باکتری و آسیب به ساختارهای پروتئینی سیتوپلاسم است (۸۶). مهسا عباسی و همکاران (۲۰۲۰) اثرات *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، *لاکتوباسیلوس رامنوسوس*، *بیفیدوباکتریوم لانگوم*، *اینفانتیس* و *بروه* را در برابر *استافیلوکوکوس اورئوس* مقاوم به متی‌سیلین<sup>۱</sup> در

ترکیبات کلنی بسیار مهم هستند و کنترل آن‌ها برای ایمنی مواد غذایی ضروری است (۹۵). بیوفیلیم‌های تشکیل شده در صنایع غذایی در برابر فرآیندهای تمیز کردن و ضد عفونی مقاومت بیشتری دارند. لیستریا مونوسییتوزنز، یرسینیا انتروکولیتیکا، کامپیلوباکتر ژرونی، استافیلوکوکوس اورئوس و باسیلوس سرئوس از باکتری‌های مهم تشکیل بیوفیلیم در صنایع غذایی هستند (۹۶). از روش‌های زیادی برای کنترل و از بین بردن بیوفیلیم‌های تشکیل شده توسط باکتری‌ها استفاده شده است. استفاده از پست‌بیوتیک‌ها برای از بین بردن بیوفیلیم‌ها رویکرد جدیدی است. از این رو، علاوه بر خاصیت ضد میکروبی، پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند بیوفیلیم‌های تشکیل شده توسط باکتری‌ها را نیز از بین ببرند (شکل ۳).

میکروارگانیزم است که می‌تواند در سطوح مختلف رشد کند. بیوفیلیم یک مجموعه میکروبی پیچیده است که در یک ماتریکس پلی‌ساکارید یا پروتئین محصور شده است (۹۱). طبق آمارهای اعلامی از سوی سازمان بهداشت جهانی در حدود ۶۶ درصد از بیماری‌های منتقله از غذا در انسان به واسطه بیوفیلیم مرتبط با پاتوژن‌ها ایجاد می‌شود (۹۲). بیوفیلیم‌ها می‌توانند توسط میکروارگانیزم‌هایی مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها ایجاد شوند. باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی هم از چنین توانایی‌هایی برخوردار هستند (۹۳). مقاومت باکتری‌ها در فاز بیوفیلیم به عوامل ضد میکروبی یک مسئله مهم جهانی است. مراحل تشکیل شامل پیوند برگشت پذیر و برگشت ناپذیر به سطح و سازندهای میکروکلون با تولید آگزوپلی‌ساکارید است (۹۴). در صنایع غذایی، بیوفیلیم‌های برگشت ناپذیر و



شکل ۳- مراحل پنج‌گانه تشکیل بیوفیلیم و پتانسیل پیشگیری و حذف پست‌بیوتیک‌ها در تشکیل و توسعه بیوفیلیم.

Figure 3. The five stages of biofilm formation and the potential of postbiotics for the prevention and removal of biofilm formation and development



عامل بیماری‌زای خاصی تقویت گردد (۱۰۰، ۱۰۱) که می‌تواند با جزئیات بیشتری در مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند به عنوان ابزاری کارآمد برای کنترل و از بین بردن بیوفیلم باکتریایی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گیرند.

**کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در ماتریکس غذایی:** حفظ و نگهداری مواد غذایی با استفاده از ترکیبات پست‌بیوتیک از جمله روش‌های زیستی نگهداری نوین مواد غذایی محسوب می‌شود. این یک روش نوظهور در بحث صنایع غذایی است که با استفاده از آن می‌توان مدت‌زمان نگهداری مواد غذایی فاسدشدنی را افزایش داد.

**نگهداری زیستی محصولات لبنی:** طبق شواهد موجود، همواره ارتباط مستقیمی بین مصرف محصولات لبنی، تقویت میکروبیوتای مفید روده و سلامتی میزبان وجود دارد. با این حال، فساد محصولات لبنی توسط عوامل خارجی می‌تواند بر بقای سویه‌های پروبیوتیک در طول فرآوری و نگهداری تأثیر منفی بگذارد (۱۰۲). استفاده از پست‌بیوتیک‌ها در محصولات لبنی رویکردی جدید برای بهبود وضعیت ایمنی است. البته، عواملی که در عملکرد پست‌بیوتیک‌ها نقش دارند در نگهداری زیستی مواد غذایی بسیار مهم و تأثیرگذار هستند. اخیراً در یک مطالعه از پست‌بیوتیک‌های تهیه شده از سه سویه پروبیوتیک در شیر به عنوان عامل ضد قارچ برای جلوگیری از فساد قارچی در پنیر نیمه سخت و خامه ترش استفاده شده است (۱۰۳). در این مطالعه نتیجه‌گیری شد که پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند بطور قابل توجهی بار میکروبی پنیر را کاهش دهند، بدون این که تأثیر چشم‌گیری در ویژگی حسی آن داشته باشند. لذا پیشنهاد شد که می‌توان از ترکیبات پست‌بیوتیک به

در سال‌های اخیر، اثر پست‌بیوتیک‌ها در از بین بردن بیوفیلم‌های باکتریایی بررسی شده است که نتایج مثبتی به همراه داشته است. در یک مطالعه، اثر آنتی‌بیوفیلم پست‌بیوتیک‌ها از باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس LA5، لاکتوباسیلوس کازئی ۴۳۱ و لاکتوباسیلوس سالیواریوس در یک بیوفیلم تشکیل شده توسط لیستریا مونوسیژنوز بر روی سطوح پلی استیرن بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که پست‌بیوتیک‌ها بیوفیلم تشکیل شده را از بین می‌برند. لذا وجود پست‌بیوتیک‌ها مبتنی بر باکتریوسین و اسید آلی دلیل اصلی کاهش بیوفیلم لیستریا مونوسیژنوز بود (۳۳، ۹۷). از سوی دیگر، مهار رشد یا عدم برقراری شرایط بهینه برای باکتری‌های تولید کننده بیوفیلم نیز می‌تواند به عنوان راهبردی موثر واقع گردد که می‌تواند توسط ترکیبات زیستی از جمله باکتریوسین‌ها، اسیدهای آلی و برخی آگزوانزیم‌های خاص میانجی‌گری گردد. در این راستا می‌توان به سنتز ترکیبات پپتیدی با فعالیت ضد میکروبی بالقوه توسط لوکونوستوک مزنتروئیدس اشاره کرد که خواص آنتاگونیستی نسبت به عوامل بیماری‌زایی از خود نشان داده و سازوکار تشکیل بیوفیلم آن‌ها را کنترل می‌کند (۹۸). ترکیبات زیست فعال با منشا میکروبی از جمله اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، آنزیم‌ها، پلی‌ساکاریدها، پپتیدهایی با وزن مولکولی پایین، پلاسمالوژن‌ها و اسید تیکوئیک نیز از عمده ترکیبات شیمیایی اصلی در محلول پست‌بیوتیک هستند که می‌توانند به صورت بالقوه تشکیل بیوفیلم‌ها را در غذا و فرآورده‌های تولیدی غذا کنترل کنند (۹۹). قابل تأمل است که ویژگی‌های مهار رشد و حذف بیوفیلم میکروبی توسط پست‌بیوتیک‌ها می‌تواند به واسطه به کارگیری برخی از ترکیبات محرک و همچنین برخی مسیرهای سیگنالینگ شناخته شده علیه

لیستریا مونوسیژنوز در گوشت چرخ کرده بررسی کرد. در این مطالعه مشاهده شد که این ترکیب پست بیوتیکی می‌تواند مانع رشد لیستریا مونوسیژنوز شود و از فساد گوشت چرخ کرده جلوگیری کند. با شناسایی بیشتر ترکیبات پست بیوتیک مشخص شد که چنین اثر ضد میکروبی در پست بیوتیک‌ها مربوط به وجود باکتریوسین‌ها و اسیدهای آلی است (۱۰۷). بنابراین، استفاده از ترکیبات پست بیوتیک می‌تواند روش جدیدی در نگهداری زیستی محصولات گوشتی باشد.

**نگهداری زیستی سبزیجات:** پست بیوتیک‌ها می‌توانند ماتریکس‌های مختلف میوه‌ها و سبزیجات را تحت تیمار زیستی قرار داده و به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی مطرح گردند. در این ارتباط، پست بیوتیک‌های حاصل از باکتری‌های اسیدلاکتیک را می‌توان به صورت محلول ضد عفونی کننده فرموله کرده و به صورت تنها یا ترکیبی با سایر ضد عفونی کننده‌های معمول در مقیاس صنعتی از آن بهره جست. طبق نتایج یک مطالعه مرتبط، پست بیوتیک‌های لاکتوباسیلوس برویس و لاکونوستوک مزترئیدس در ترکیب با عصاره هسته انگور باعث کاهش بیش از ۱/۵ لگاریتمی در شمارش بار میکروبی سبزیجات با برگ‌های کوچک بدون ایجاد تغییرات حسی قابل تشخیص گردید. قابل ذکر است که کاهش بیشتر در بار میکروبی (کاهش ۲/۹ لگاریتمی) نیز در تعدادی از عوامل بیماری‌زا نظیر *اشرشیا کلی* و *لیستریا مونوسیژنوز* با استفاده از ترکیب ذکر شده گزارش شد. بر این اساس، می‌توان عنوان کرد که محلول ترکیبی عصاره هسته انگور و پست بیوتیک‌ها ممکن است به عنوان یک جایگزین طبیعی ضد عفونی کننده های مبتنی بر کلر برای آلودگی زدایی میکروبی سبزیجات عمل کنند (۱۰۸). قابل تامل است که ترکیبات پست بیوتیک در محیط آب میوه‌ها نیز عملکرد

عنوان یک ماده ضد میکروبی طبیعی و ایمن به صورت اسپری برای مهار میکروب‌های مضر در ماتریکس غذاها (خصوصاً محصولات لبنی) استفاده کرد (۴۳، ۱۰۴).

**نگهداری زیستی محصولات گوشتی:** فساد گوشت بیشتر توسط باکتری ایجاد می‌شود. مهم‌ترین این باکتری‌ها *کلستریدیوم پرفریجنس* و جنس‌های مختلف از خانواده *انتروباکتریاسه* هستند. این باکتری‌ها باعث تغییرات ارگانولپتیک نامطلوب در گوشت می‌شوند و از جذابیت آن برای مصرف کننده می‌کاهند (۱۰۵). می‌توان ترکیبات پست بیوتیک را به عنوان عوامل ضد میکروبی در حفظ فرآورده‌های گوشت به طور مستقیم و از طریق تکنیک‌های پوشش<sup>۱</sup> و پاشش<sup>۲</sup> روی محصول استفاده کرد. به عنوان مثال در گوشت چرخ کرده، روش اسپری ترجیح داده می‌شود در حالی که روش پوشش برای فیله‌های گوشت پیشنهاد می‌شود. چندین مطالعه اثرات سودمند ترکیبات پست بیوتیک را برای نگهداری زیستی گوشت در یخچال نشان داده است. پست بیوتیک مشتق شده از *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* EMCC 1105 با تراکم ۱۰۰ میلی گرم در گرم باعث از بین رفتن *کلستریدیوم پرفریجنس* در مدل گوشت مرغ چرخ شده در روز چهارم ذخیره سازی در دمای شش درجه سانتی گراد می‌شود. البته میزان فعالیت ضد میکروبی ترکیبات پست بیوتیک به نوع ترکیب پست بیوتیک نیز بستگی دارد (۱۰۶). در میان ترکیبات پست بیوتیک، باکتریوسین‌ها اثر ضد میکروبی بسیار چشم گیری از خود نشان می‌دهند. در این راستا، یک مطالعه اثرات ضد میکروبی پست بیوتیک‌های مشتق شده از سه پروبیوتیک (*لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* LA5، *لاکتوباسیلوس کازئی* 431 و *لاکتوباسیلوس سالیواریوس*) را علیه

1. Coating technique
2. Spraying technique

فرمولاسیون مواد غذایی را محدود می‌کند. از نظر اقتصادی نیز، تعبیه مقدار زیادی از ترکیب مواد نگهدارنده در قسمت‌های داخلی ماتریکس غذایی مناسب نیست، زیرا فساد میکروبی به ویژه رشد عوامل قارچی عمدتاً در سطوح مواد غذایی صورت می‌پذیرد (۱۱۳). یک رویکرد نوید بخش که برای غلبه بر این مسائل پیشنهاد شده است، استفاده از فناوری بسته بندی برای افزایش ماندگاری مواد غذایی است. بسته بندی فعال سیستمی است که در آن محصول غذایی، مواد بسته بندی و محیط زیست به روشی مثبت برای افزایش ماندگاری مواد غذایی در تعامل هستند. بسته بندی فعال ضد میکروبی نوعی سیستم بسته بندی فعال است که در آن عوامل ضد میکروبی با منشا حیوانی، گیاهی و میکروبی یا متابولیت‌های آن‌ها، نانوذرات ضد میکروبی و غیره در بسته بندی گنجانیده شده و مواد غذایی را از فساد میکروبی در هنگام حمل و نقل و ذخیره سازی حفظ می‌کنند (۱۱۴). استفاده مستقیم از باکتری‌های اسید لاکتیک و عمدتاً پروبیوتیک‌ها در سیستم‌های بسته بندی مواد غذایی مورد بررسی قرار گرفته است و معمولاً تحت عنوان بسته بندی مواد غذایی پروبیوتیکی شناخته می‌شوند (۱۱۵). گنجانیدن سلول‌های باکتریایی در مواد بسته بندی می‌تواند پتانسیل ضد میکروبی آن را از طریق تولید و انتشار مواد ضد میکروبی یا رقابت پروبیوتیک‌ها با میکروارگانیسم‌های فساد و عوامل بیماری‌زا بر روی سطح مواد غذایی بهبود بخشد (۱۱۶). با این حال، قرار گرفتن مستقیم میکروارگانیسم‌های زنده در مواد بسته بندی دارای برخی چالش‌های تکنولوژیکی است. در این نوع بسته بندی‌ها همگام با کاهش زنده‌مانی سلول‌های میکروبی، عملکرد بهینه ضد میکروبی آن نیز دستخوش تغییر قرار می‌گیرد. همچنین زنده

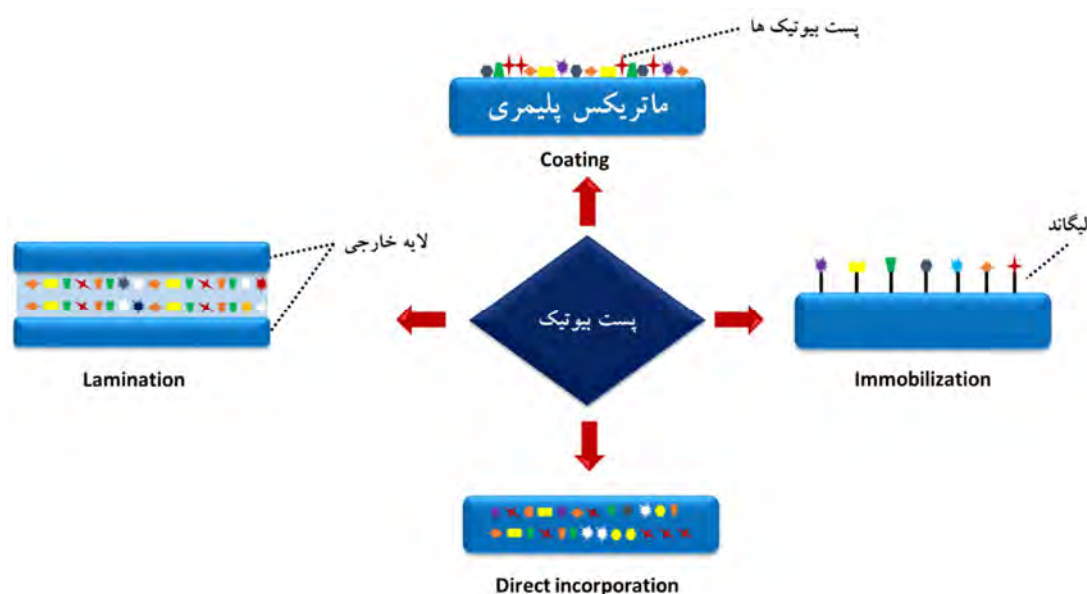
مناسبی جهت مهار رشد عوامل میکروبی بیماری‌زا از خود نشان می‌دهند (۱۰۹).

**نگهداری زیستی محصولات نانوائی:** در رابطه با نگهداری زیستی محصولات نانوائی، قابلیت ضد قارچی پست‌بیوتیک‌ها با پاشش آن‌ها بر روی سطوح نان بررسی شد که طی آن پست‌بیوتیک‌های لاکتوباسیلوس روتری از آلودگی نان توسط کپک‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ روز جلوگیری کرد و موجب بهبود بافت نان نیز شد (۱۱۰). عملکرد پست‌بیوتیک‌های حاصل از گونه‌های لاکتوباسیلوس تولیدکننده ترکیبات ضد قارچی جهت تیمار اسپرژیلوس‌های تولیدکننده آفلاتوکسین در دانه‌های گندم نیز مورد بررسی قرار گرفته و مشاهده شد که رشد قارچ به طور کامل مهار و ماندگاری دانه‌ها به مدت ۱۵ روز افزایش یافت (۱۱۱). به طور مشابه پست‌بیوتیک‌های مشتق‌شده از سویه‌های مختلف لاکتوباسیلوس، ضمن به تاخیر انداختن رشد عوامل قارچی، موجب بهبود و ارتقا عمر ماندگاری نان تجاری، پنیر فرآوری‌شده و پوره گوجه‌فرنگی در طول نگهداری در دماهای ۴ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد گردید (۱۱۲).

**کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در بسته بندی مواد غذایی:** علیرغم پتانسیل ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها، کاربرد مستقیم آن‌ها در ماتریکس غذایی به منظور افزایش ماندگاری آن دارای نارسایی‌هایی می‌باشد. همچنین تعامل پیچیده پست‌بیوتیک‌ها با اجزای غذایی می‌تواند کارایی آن‌ها را کاهش دهد. علاوه بر این، پایداری پایین برخی از متابولیت‌های ضد میکروبی باعث تخریب و غیرفعال شدن آن‌ها در هنگام فرآوری مواد غذایی می‌شود. قابلیت اختلاط پذیری کمتر برخی از ترکیبات ضد میکروبی با ماتریکس غذایی، کاستی دیگری است که کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در

میسر گردد؛ الف) پوشش دادن یا جذب لایه نازکی از پست‌بیوتیک‌ها بر روی سطح پلیمر، ب) تثبیت اجزا فعال پست‌بیوتیک‌ها (باکتریوسین‌ها، آنزیم‌ها و غیره) روی پلیمرها توسط پیوندهای یونی یا کووالانسی، ج) گنجاندن مستقیم پست‌بیوتیک‌ها در ماتریکس پلیمری بسته بندی و د) قرار گرفتن فیلم فعال پست‌بیوتیکی بین دو لایه خارجی که باعث افزایش پایداری پست‌بیوتیک‌ها و کنترل مهاجرت آن‌ها می‌شود. سومین روش فوق‌الذکر از کاربردی‌ترین نوع سیستم‌های بسته بندی فعال حاوی ترکیبات پست‌بیوتیک است. به طور کلی کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در بسته بندی فعال مواد غذایی با توجه به نوع مواد ترشح شده در طول رشد باکتری قابل بحث است (۱۱۸).

ماندن پروبیوتیک‌ها در بسته‌بندی‌های فعال و ترشح ترکیبات ضد میکروبی به شرایط محیطی (رطوبت نسبی، دما، قرار گرفتن در معرض نور، میزان رطوبت مواد غذایی و غیره) نیز بستگی دارد؛ لذا فعالیت ضد میکروبی آن به طور دقیق قابل پیش‌بینی نمی‌باشد. علاوه بر این، خواص مکانیکی، حرارتی و ممانعت‌کنندگی مواد بسته بندی ممکن است با ترکیب سلول‌های باکتریایی تغییر یابد (۱۱۷). فلذا، با توجه به چالش‌های تکنولوژیک موجود پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند به عنوان جایگزینی برای استفاده از باکتری‌های زنده در سیستم‌های بسته بندی فعال ضد میکروبی به کار گرفته شوند. مطابق شکل ۴ استفاده از پست‌بیوتیک‌ها در سیستم‌های بسته بندی فعال مواد غذایی می‌تواند از طریق روش‌های زیر



شکل ۴- الگوهای رایج استفاده از پست‌بیوتیک‌ها در طراحی فیلم‌های بسته بندی ضد میکروبی.

Figure 4. Common patterns of utilizing postbiotics in the design of antimicrobial packaging films.

پلاتناروم، لاکتوباسیلوس رامنوسوس، لاکتوباسیلوس ساکی، لاکتوباسیلوس کارواتوس و لاکتوباسیلوس لاکتیس در توسعه بسته‌بندی‌های ضد میکروبی مختلف را پیشنهاد کرده‌اند (۱۱۹). در این رابطه، ترکیب پست بیوتیک لاکتوباسیلوس پلاتناروم با

پست‌بیوتیک‌ها به دلیل داشتن خواص ضد میکروبی به عنوان یک افزودنی کاربردی در فرمولاسیون بسته بندی مواد غذایی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بسیاری از محققان پتانسیل استفاده از پست‌بیوتیک‌های باکتری‌هایی نظیر لاکتوباسیلوس

یکی از عاملین اصلی ایجاد ورم پستان در بین گاوهای شیری، نشان داده شده است (۱۲۳). همچنین استفاده از پست‌بیوتیک‌ها به عنوان یک افزودنی غذایی در تغذیه مرغ تخم‌گذار نیز منجر به افزایش تولید تخم مرغ، کاهش pH و جمعیت *انتروباکتریاسه‌های مدفوع*، تعدیل باکتری‌های اسید لاکتیک مدفوع، کاهش کلسترول پلاسما و زرده و تعدیل محتوای اسیدهای چرب فرار مدفوع شد (۱۲۴). میکروبیوتای روده ماهیان خاویاری تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی پست‌بیوتیک نیز با بیان ژن‌های مربوط به رشد، التهاب و ایمنی غیر اختصاصی در ارتباط بوده و عملکرد تنظیمی ایفا نموده است (۱۲۲).

#### تاثیر عوامل غذایی بر عملکرد پست‌بیوتیک‌ها:

برخی از عوامل بر عملکرد پست‌بیوتیک‌ها تاثیر می‌گذارند که شامل عوامل داخلی یا خارجی است. عوامل داخلی و خارجی به ترتیب با تمام ترکیبات ماتریکس غذا و همه عوامل در محیط ذخیره‌سازی مواد غذایی مرتبط هستند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که این عوامل به طور قابل توجهی بر ماهیت، ساختار و عملکردهای پست‌بیوتیک‌ها تاثیر می‌گذارند که توجه به شرایط بهینه در تولید و استفاده از ترکیبات پست‌بیوتیک در ماتریکس غذایی یا محصولات دارویی، ضروری است.

۱- عوامل داخلی: ترکیبات مختلف موجود در غذا می‌توانند بر عملکرد پست‌بیوتیک‌ها تاثیر بگذارند. فعل و انفعالات بین متابولیت‌های فعال پست‌بیوتیک‌ها و مواد غذایی (میکروفلور غذاهای تخمیری، آنزیم‌ها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها) می‌توانند عملکرد متابولیت‌ها را تحت تاثیر قرار دهند (۴۳). به عنوان مثال، آنزیم‌های پروتئولیتیک در غذا ممکن است ترکیبات پروتئین پست‌بیوتیک‌ها را تجزیه کرده و از عملکرد آن‌ها جلوگیری کنند. این آنزیم‌ها ممکن

نانوسلولزهای باکتریایی در فیلم‌های بسته بندی گوشت چرخ کرده، منجر به کاهش پنج سیکل لگاریتمی لیستریا مونوسیژنز و کاهش قابل توجه باکتری‌های مزوفیل و سایکروفیل و شاخص تیوباریتوریک اسید نسبت به نمونه‌های شاهد شد (۱۲۰). در مطالعه‌ای استفاده از پست‌بیوتیک‌های لاکتوباسیلوس پلانٹاروم در پوشش فیله‌های سالمون، منجر به کاهش قابل ملاحظه باکتری‌های سرمادوست، سودوموناس، *انتروباکتریاسه‌ها* و لیستریا مونوسیژنز طی نگهداری در دمای یخچالی به مدت نه روز گردید. همچنین تولید آمین‌های بیوژنیک و نیتروژن کل فرار نیز به طور قابل توجهی توسط پوشش غنی شده با پست‌بیوتیک‌ها سرکوب شد (۱۲۱). در نتیجه، چالش ایجاد و ارتقا وضعیت ایمنی و کیفی مواد غذایی توسط بسته بندی‌های غنی شده با پست بیوتیک‌ها می‌تواند نوید بخش طراحی و توسعه طیف جدیدی از محصولات در این زمینه باشد.

#### کاربرد پست‌بیوتیک‌ها در تغذیه حیوانات:

پرورش دهندگان به دنبال روش‌هایی برای محافظت از حیوانات مزرعه در برابر بیماری‌های ناشی از عوامل بیماری‌زا هستند. در دسترس‌ترین راه برای مبارزه با باکتری‌ها استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها می‌باشد که در نقطه مقابل آن متعاقب مصرف بی‌رویه از آن‌ها منجر به پیدایش باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک می‌شود. در این راستا، نشان داده شده است که استفاده از پروبیوتیک‌های مبتنی بر باکتری‌های اسید لاکتیک و پست‌بیوتیک‌های آنها ممکن است تاثیر مثبتی بر رشد جوجه‌های گوشتی، کاهش استرس و بیماری‌های عفونی جوجه‌ها، تثبیت میکروبیوتای روده و پیشگیری از ورم پستان در گاوهای شیری داشته باشد (۱۲۲). فعالیت مهارى رشد پست‌بیوتیک‌های باکتری‌های اسید لاکتیک علیه *استافیلوکوکوس اورئوس* به عنوان

نامطلوب از جمله ترکیبات مواد شیمیایی، اکسیژن فعال در صورت وجود میکروب‌های بی‌هوازی اجباری، نمک‌های صفراوی و اسیدیته بالا، می‌تواند با استفاده از روش‌های ریزپوشانی انجام شود. همچنین با استفاده از تکنیک‌هایی مانند خشک کردن بستر سیال<sup>۱</sup>، اسپری خشک کننده<sup>۲</sup>، اکستروژن<sup>۳</sup>، خشک کردن<sup>۴</sup>، گنجاندن مولکولی<sup>۵</sup>، خشک کردن با اسپری<sup>۶</sup>، تبلور مشترک و هم‌افزایی<sup>۷</sup> فرآوری کپسول تشکیل شده امکان‌پذیر است (۱۲۷، ۱۲۸). انتخاب تکنیک مورد نظر به نوع ماده، کاربرد و مکانیسم انتشار بستگی دارد. از ترکیباتی مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدها می‌توان برای طراحی ریزپوشانی پست‌بیوتیک‌ها استفاده کرد (۱۲۹). مواد مورد استفاده برای ریزپوشانی پست‌بیوتیک‌ها باید غیر سمی، بسیار محلول، مقاوم در برابر حرارت، مقاوم در برابر اسید و pH باشد. در فرآیند ریزپوشانی پست‌بیوتیک‌ها بایستی یک ماتریکس زیست‌سازگار برای کپسول‌سازی پست‌بیوتیک‌ها در برابر عواملی مانند pH و دمای بالا استفاده شود. ماتریکس زیست‌سازگار به عنوان غشایی نیمه نفوذ پذیر عمل می‌کند و انتقال پست‌بیوتیک‌ها را از دو جهت امکان‌پذیر می‌کند. مطالعات سال‌های اخیر در مورد ریزپوشانی پست‌بیوتیک‌ها نشان داده است که ریزپوشانی روش مناسبی برای محافظت از این ترکیبات در برابر عوامل نامناسب است. در همین راستا Le و همکاران (۲۰۱۹) پست‌بیوتیک‌های تولید شده (باکتریوسین) توسط لاکتوباسیلوس پلانٹاروم در ماست تخمیری ویتنامی در آلژینات-ژلاتین<sup>۸</sup> ریزپوشانی کردند. همچنین

است در غذا باشند یا توسط باکتری‌های پروتئولیتیک موجود در مواد غذایی ترشح شوند. مهم‌ترین آنزیم‌ها پپسین، تریپسین، کیموتریپسین، پاپائین و پروتئیناز K هستند. بنابراین، آنزیم‌های پروتئولیتیک یکی از عواملی است که باید در رابطه با اختلالات عملکرد پست‌بیوتیک مورد توجه قرار گیرد. با این حال، هیچ گزارشی از فعالیت سینرژیستی و آنتاگونیستی مخلوط‌های پست‌بیوتیک با ترکیبات غذایی تابحال صورت نگرفته است.

۲- عوامل خارجی: مقادیر pH غذا می‌تواند بر فعالیت ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها تاثیر داشته باشد. غذاهای با اسیدیته بالا و قلیایی می‌توانند بر عملکرد پست‌بیوتیک‌ها تاثیر بگذارند. دامنه pH مشخصی برای فعالیت پست‌بیوتیک‌ها وجود دارد. محدوده pH ۴ تا ۹ بهترین محدوده برای فعالیت پست‌بیوتیک‌ها مطرح شده است. در میان مدل‌های غذایی که از پست‌بیوتیک‌ها برای کنترل اجرام عفونی استفاده کرده‌اند، شیر پاستوریزه و گوشت چرخ شده دارای pH خوبی هستند و هیچ اختلالی در عملکرد پست‌بیوتیک‌ها ایجاد نمی‌کنند (۱۲۵). حرارت همچنین یک عامل خارجی است که می‌تواند بر عملکرد پست‌بیوتیک‌ها تاثیر بگذارد. اثر ضد میکروبی ترکیبات پست‌بیوتیک‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و سپس در ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه کاهش می‌یابد (۱۲۶). بنابراین، فرآیند گرمایش غذا نیز ممکن است نقش مهمی در فعالیت پست‌بیوتیک‌ها داشته باشد. در صورت استفاده از ترکیبات پست‌بیوتیک در فرمولاسیون غذاهای فراسودمند، حفظ ضریب دما در سطح مطلوب در حین فرآوری و آماده‌سازی بسیار حیاتی خواهد بود.

**حفظ و پایداری پست‌بیوتیک‌ها در مواد غذایی:**  
حفاظت از پست‌بیوتیک‌ها در برابر محیط‌های

1. Fluidized bed drying
2. Spray cooling
3. Extrusion
4. Chilling
5. Molecular inclusion
6. Spray drying
7. Co-accretion
8. ALG-GEL

در ایجاد انواع عفونت‌ها و فساد مواد غذایی دخیل هستند و بنابراین جلوگیری از رشد و تکثیر آن‌ها در اولویت قرار دارد. در سال‌های اخیر از رویکردهای جدیدی برای کنترل باکتری‌ها از جمله کاربرد پروبیوتیک‌ها و پست‌بیوتیک‌ها مطرح شده است. از سازوکارهای عملکردی دخیل در برقراری ایمنی شیمیایی توسط پست‌بیوتیک‌ها می‌توان به فعالیت تغییر ساختاری، دگردیسی و جذب سطحی برخی از فلزات سنگین، مایکوتوکسین‌ها و همچنین کاهش استرس اکسیداتیو ناشی از آن‌ها اشاره نمود. فعالیت‌های اصلی ضد میکروبی پست‌بیوتیک‌ها نیز با اجزای فعال زیستی مانند اسیدهای آلی، باکتریوسین‌ها، اسیدهای چرب، پپتیدها، پراکسید هیدروژن و ویتامین‌ها در ارتباط است. لذا با توجه به مستندات و نتایج مثبت مطالعات ذکر شده، پست‌بیوتیک‌ها با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد خود (از لحاظ جنبه‌های مختلف ایمنی، بالینی، تکنولوژی و اقتصادی)، می‌توانند به عنوان ابزاری امیدوار کننده، نوین و طبیعی برای جلوگیری از رشد اجرام بیماری‌زای بالقوه و منتقله از مواد غذایی و ارتقاء وضعیت ایمنی آن و متعاقباً سلامت میزبان به کار گرفته شوند. قابل ذکر است که بررسی نقش زیستی پست‌بیوتیک‌ها در ماتریکس غذایی برای بهبود ایمنی و کیفیت مواد غذایی در گام‌های ابتدایی خود می‌باشد و مطالعات بیشتر در این زمینه موجب شناخت بیشتر و تولید پایدار این ترکیبات شده و کاربرد آن‌ها در صنعت غذایی را تسهیل می‌کند.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت فناوری و تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر و قدردانی می‌گردد.

اثرات ضد میکروبی آن در حضور عواملی از جمله دمای انکوباسیون، pH متوسط و سورفاکتانت‌ها (اتیلن دی آمین تترا استیک اسید، سدیم دودسیل سولفات) در برابر عوامل میکروبی از جمله اشرفیاسیا کلی، سالمونلا، استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا مونوسیژنوز و باسیلوس سوتیلیس در مدل گوشت مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که ریزپوشانی پست‌بیوتیک‌ها در حضور این عوامل می‌تواند از فساد گوشت توسط عوامل بیماری‌زا جلوگیری کند (۱۲۷). از این‌رو می‌توان فناوری ریزپوشانی را به عنوان روشی در دسترس و موثر به منظور محافظت از پست‌بیوتیک‌ها در طی فرآیند تولید محصولات غذایی فراسودمند (خصوصاً غذاهایی که در معرض دمای بالا و pH پایین قرار دارند) یا شرایط دستگاه گوارشی میزبان در نظر گرفت.

### نتیجه گیری

در حال حاضر، عوامل میکروبی/شیمیایی جدید به طور مداوم ایمنی مواد غذایی را تهدید می‌کنند. با تغییر در سبک زندگی و همچنین در روش‌های تولید، توزیع و مصرف، حضور اجرام بیماری‌زا نوظهور و مقاوم به آنتی‌بیوتیک در مواد غذایی افزایش می‌یابد. مخاطرات ایمنی غذا به طرز بی سابقه‌ای در حال افزایش است و تقویت رویکردهای ایمنی مواد غذایی بیش از هر زمان دیگری در همه کشورها احساس می‌شود. اهمیت ایمنی مواد غذایی بسیار مورد تاکید قرار گرفته است به طوری که سازمان بهداشت جهانی شعار خود را در سال ۲۰۱۵ برای ارتقاء ایمنی غذایی از مزرعه تا سفره بیان کرد. مخاطرات ایمنی غذایی شامل موارد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که در این میان مهم‌ترین آن‌ها عوامل بیولوژیکی است. باکتری‌ها

1. Ethylenediaminetetraacetic acid
2. Sodium dodecyl sulfate

## References

1. Ayivi, R.D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S.O., Worku, M., Tahergorabi, R., Silva, R.C.D. and Ibrahim, S.A., 2020. Lactic acid bacteria: Food safety and human health applications. *Dairy*. 1(3), pp.202-232.
2. Schulz, C., Conrad, A., Becker, K., Kolossa-Gehring, M., Seiwert, M. and Seifert, B., 2007. Twenty years of the German Environmental Survey (GerES): human biomonitoring—temporal and spatial (West Germany/East Germany) differences in population exposure. *International journal of hygiene and environmental health*. 210(3-4), pp.271-297.
3. Sutherland, C., Sim, C., Gleim, S. and Smyth, S.J., 2020. Consumer insights on Canada's food safety and food risk assessment system. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2, p.100038.
4. Rad, A.H., Abbasi, A., Javadi, A., Pourjafar, H., Javadi, M. and Khaleghi, M., 2020. Comparing the microbial quality of traditional and industrial yoghurts. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 10(4), pp.6020-6025.
5. de Freitas, R.S.G., da Cunha, D.T. and Stedefeldt, E., 2019. Food safety knowledge as gateway to cognitive illusions of food handlers and the different degrees of risk perception. *Food research international*. 116, pp.126-13.
6. Odeyemi, O.A., Sani, N.A., Obadina, A.O., Saba, C.K.S., Bamidele, F.A., Abughoush, M., Asghar, A., Dongmo, F.F.D., Macer, D. and Aberoumand, A., 2019. Food safety knowledge, attitudes and practices among consumers in developing countries: An international survey. *Food research international*. 116, pp.1386-1390.
7. Scognamiglio, V., Arduini, F.A.B.I.A.N.A., Palleschi, G.I.U.S.E.P.P.E. and Rea, G., 2014. Biosensing technology for sustainable food safety. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 62, pp.1-10.
8. Drewnowski, A., 2012. The economics of food choice behavior: why poverty and obesity are linked. In *Obesity treatment and prevention: new directions* (Vol. 73, pp. 95-112). Karger Publishers.
9. Flynn, K., Villarreal, B.P., Barranco, A., Belc, N., Björnsdóttir, B., Fusco, V., Rainieri, S., Smaradottir, S.E., Smeu, I., Teixeira, P. and Jörundsdóttir, H.Ó., 2019. An introduction to current food safety needs. *Trends in Food Science & Technology*. 84, pp.1-3.
10. Liu, Q. and Yang, H., 2019. Application of atomic force microscopy in food microorganisms. *Trends in food science & technology*. 87, pp.73-83.
11. Rayani, A., Ahanjan, M. and Goli, H.R., 2020. Comparing the Effect of Probiotic and Non-probiotic Yogurt Drinks on Two Common Oral Microorganisms: An In Vitro Study. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 30(185). pp.33-40.
12. Abbasi, A., Rad, A.H., Ghasempour, Z., Sabahi, S., Kafil, H.S., Hasannezhad, P., Rahbar Saadat, Y. and Shahbazi, N., 2022. The biological activities of postbiotics in gastrointestinal disorders. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62(22), pp.5983-6004.
13. Abdolalizadeh, J., Sambrani, R., Kohan, L. and Jafari, B., 2020. Effect of Heat-killed *Saccharomyces cerevisiae* on Growth Rate and Apoptosis in Colorectal Cancer Cells. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 30(189), pp.133-139.
14. Homayouni Rad, A., Aghebati Maleki, L., Samadi Kafil, H. and Abbasi, A., 2021. Postbiotics: A novel strategy in food allergy treatment. *Critical reviews in food science and nutrition*. 61(3), pp.492-499.
15. Yordshahi, A.S., Moradi, M., Tajik, H. and Molaei, R., 2020. Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nanopaper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. *International journal of food microbiology*. 321, p.108561.
16. Johnson, C.N., Kogut, M.H., Genovese, K., He, H., Kazemi, S. and Arsenault, R.J., 2019. Administration of a postbiotic causes immunomodulatory responses in broiler gut and reduces disease pathogenesis following challenge. *Microorganisms*. 7(8), p.268.
17. Thierry, A., Valence, F., Deutsch, S.M., Even, S., Falentin, H., Le Loir, Y., Jan, G. and Gagnaire, V., 2015. Strain-to-strain differences within lactic and propionic acid bacteria



- species strongly impact the properties of cheese—A review. *Dairy Science & Technology*. 95, pp.895-918.
18. Tejero-Sariñena, S., Barlow, J., Costabile, A., Gibson, G.R. and Rowland, I., 2012. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of a range of probiotics against pathogens: evidence for the effects of organic acids. *Anaerobe*. 18(5), pp.530-538.
  19. Das, D. and Goyal, A., 2012. Lactic acid bacteria in food industry. *Microorganisms in sustainable agriculture and biotechnology*. pp.757-772.
  20. Özcelik, S., Kuley, E. and Özogul, F., 2016. Formation of lactic, acetic, succinic, propionic, formic and butyric acid by lactic acid bacteria. *LWT*. 73, pp.536-542.
  21. Hartmann, H.A., Wilke, T. and Erdmann, R., 2011. Efficacy of bacteriocin-containing cell-free culture supernatants from lactic acid bacteria to control *Listeria monocytogenes* in food. *International Journal of Food Microbiology*. 146(2), pp.192-199.
  22. Moradi, M., Tajik, H., Mardani, K. and Ezati, P., 2019. Efficacy of lyophilized cell-free supernatant of *Lactobacillus salivarius* (Ls-BU2) on *Escherichia coli* and shelf life of ground beef. In *Veterinary Research Forum* (Vol. 10, No. 3, p. 193). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University. Urmia, Iran.
  23. Ooi, M.F., Mazlan, N., Foo, H.L., Loh, T.C., Mohamad, R., Rahim, R.A. and Ariff, A., 2015. Effects of carbon and nitrogen sources on bacteriocin-inhibitory activity of postbiotic metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* I-UL4. *Malaysian Journal of Microbiology*. pp.176-184.
  24. Tan, H.K., Foo, H.L., Loh, T.C., Alitheen, N.B.M. and Rahim, R.A., 2015. Cytotoxic effect of proteinaceous postbiotic metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* I-UL4 cultivated in different media composition on MCF-7 breast cancer cell. *Malaysian Journal of Microbiology*. pp.207-214.
  25. Miyamoto, J., Igarashi, M., Watanabe, K., Karaki, S.I., Mukoyama, H., Kishino, S., Li, X., Ichimura, A., Irie, J., Sugimoto, Y. and Mizutani, T., 2019. Gut microbiota confers host resistance to obesity by metabolizing dietary polyunsaturated fatty acids. *Nature communications*. 10(1), p.4007.
  26. Kareem, K.Y., Hooi Ling, F., Teck Chwen, L., May Foong, O. and Anjas Asmara, S., 2014. Inhibitory activity of postbiotic produced by strains of *Lactobacillus plantarum* using reconstituted media supplemented with inulin. *Gut pathogens*. 6(1), pp.1-7.
  27. Cleusix, V., Lacroix, C., Vollenweider, S. and Le Blay, G., 2008. Glycerol induces reuterin production and decreases *Escherichia coli* population in an in vitro model of colonic fermentation with immobilized human feces. *FEMS microbiology ecology*. 63(1), pp.56-64.
  28. Abdollahi, S., Ghahremani, M.H., Setayesh, N. and Samadi, N., 2018. *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* affect the expression of nisin gene and its production by *Lactococcus lactis*. *Microbial pathogenesis*. 123, pp.28-35.
  29. Liu, C., Hu, B., Liu, Y. and Chen, S., 2006. Stimulation of nisin production from whey by a mixed culture of *Lactococcus lactis* and *Saccharomyces cerevisiae*. In *Twenty-Seventh Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals* (pp. 751-761). Humana Press.
  30. Ariana, M. and Hamedi, J., 2017. Enhanced production of nisin by co-culture of *Lactococcus lactis* sub sp. *lactis* and *Yarrowia lipolytica* in molasses based medium. *Journal of biotechnology*. 256, pp.21-26.
  31. Prado CS, Santos WL, Carvalho CR, Moreira EC, Costa O. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from Brazilian dry fermented sausages against *Listeria monocytogenes*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2000;52:417-23.
  32. Koohestani, M., Moradi, M., Tajik, H. and Badali, A., 2018. Effects of cell-free supernatant of *Lactobacillus acidophilus* LA5 and *Lactobacillus casei* 431 against planktonic form and biofilm of *Staphylococcus aureus*. In *Veterinary Research Forum* (Vol. 9, No. 4, p. 301). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University. Urmia, Iran.

33. Moradi, M., Mardani, K. and Tajik, H., 2019. Characterization and application of postbiotics of *Lactobacillus* spp. on *Listeria monocytogenes* in vitro and in food models. *LWT*. 111, pp.457-464.
34. Sola-Oladokun, B., Culligan, E.P. and Sleator, R.D., 2017. Engineered probiotics: applications and biological containment. *Annual Review of Food Science and Technology*. 8, pp.353-370.
35. Song, M., Kim, H., Kwak, W., Park, W.S., Yoo, J., Kang, H.B., Kim, J.H., Kang, S.M., Van Ba, H., Kim, B.M. and Oh, M.H., 2019. Expression and purification of extracellular solute-binding protein (ESBP) in *Escherichia coli*, the extracellular protein derived from *Bifidobacterium longum* KACC 91563. *Food science of animal resources*. 39(4), p.601.
36. Kim, J.H., Jeun, E.J., Hong, C.P., Kim, S.H., Jang, M.S., Lee, E.J., Moon, S.J., Yun, C.H., Im, S.H., Jeong, S.G. and Park, B.Y., 2016. Extracellular vesicle-derived protein from *Bifidobacterium longum* alleviates food allergy through mast cell suppression. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 137(2), pp.507-516.
37. Chen, Z., Guo, L., Zhang, Y., Walzem, R.L., Pendergast, J.S., Printz, R.L., Morris, L.C., Matafonova, E., Stien, X., Kang, L. and Coulon, D., 2014. Incorporation of therapeutically modified bacteria into gut microbiota inhibits obesity. *The Journal of clinical investigation*. 124(8), pp.3391-3406.
38. Montanaro, J., Inic-Kanada, A., Ladurner, A., Stein, E., Belij, S., Bintner, N., Schlacher, S., Schuerer, N., Mayr, U.B., Lubitz, W. and Leisch, N., 2015. *Escherichia coli* Nissle 1917 bacterial ghosts retain crucial surface properties and express chlamydial antigen: an imaging study of a delivery system for the ocular surface. *Drug Design, Development and Therapy*. 9, p.3741.
39. Liu, K.F., Liu, X.R., Li, G.L., Lu, S.P., Jin, L. and Wu, J., 2016. Oral administration of *Lactococcus lactis*-expressing heat shock protein 65 and tandemly repeated IA2P2 prevents type 1 diabetes in NOD mice. *Immunology Letters*. 174, pp.28-36.
40. Zhang, B., Li, A., Zuo, F., Yu, R., Zeng, Z., Ma, H. and Chen, S., 2016. Recombinant *Lactococcus lactis* NZ9000 secretes a bioactive kisspeptin that inhibits proliferation and migration of human colon carcinoma HT-29 cells. *Microbial cell factories*. 15(1), pp.1-11.
41. Carvalho, R.D., Breyner, N., Menezes-Garcia, Z., Rodrigues, N.M., Lemos, L., Maioli, T.U., da Gloria Souza, D., Carmona, D., de Faria, A.M., Langella, P. and Chatel, J.M., 2017. Secretion of biologically active pancreatitis-associated protein I (PAP) by genetically modified dairy *Lactococcus lactis* NZ9000 in the prevention of intestinal mucositis. *Microbial Cell Factories*. 16, pp.1-11.
42. Yang, G., Jiang, Y., Yang, W., Du, F., Yao, Y., Shi, C. and Wang, C., 2015. Effective treatment of hypertension by recombinant *Lactobacillus plantarum* expressing angiotensin converting enzyme inhibitory peptide. *Microbial cell factories*. 14, pp.1-9.
43. Rad, A.H., Abbasi, A., Kafil, H.S. and Ganbarov, K., 2020. Potential pharmaceutical and food applications of postbiotics: A review. *Current pharmaceutical biotechnology*. 21(15), pp.1576-1587.
44. Homayouni Rad, A., Samadi Kafil, H., Fathi Zavoshti, H., Shahbazi, N. and Abbasi, A., 2020. Therapeutically effects of functional postbiotic foods. *Clinical Excellence*. 10(2), pp.33-52.
45. Webb, H.E., Brichta-Harhay, D.M., Brashears, M.M., Nightingale, K.K., Arthur, T.M., Bosilevac, J.M., Kalchayanand, N., Schmidt, J.W., Wang, R., Granier, S.A. and Brown, T.R., 2017. *Salmonella* in peripheral lymph nodes of healthy cattle at slaughter. *Frontiers in microbiology*. 8, p.2214.
46. Homayouni-Rad, A., Fathi-Zavoshti, H., Douroud, N., Shahbazi, N. and Abbasi, A., 2020. Evaluating the role of postbiotics as a new generation of probiotics in health and diseases. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*, 19(4). pp.381-399.
47. Gueimonde, M., Sánchez, B., G. de los Reyes-Gavilán, C. and Margolles, A., 2013. Antibiotic resistance in probiotic bacteria. *Frontiers in microbiology*. 4, p.202.

48. Dash, G., Raman, R.P., Prasad, K.P., Makesh, M., Pradeep, M.A. and Sen, S., 2015. Evaluation of paraprobiotic applicability of *Lactobacillus plantarum* in improving the immune response and disease protection in giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879). *Fish & shellfish immunology*. 43(1), pp.167-174.
49. Rad, A.H., Maleki, L.A., Kafil, H.S., Zavošti, H.F. and Abbasi, A., 2021. Postbiotics as promising tools for cancer adjuvant therapy. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*. 11(1), p.1.
50. de Almada, C.N., Almada, C.N., Martinez, R.C. and Sant'Ana, A.S., 2016. Paraprobiotics: Evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods. *Trends in food science & technology*. 58, pp.96-114.
51. Karimi, N., Jabbari, V., Nazemi, A., Ganbarov, K., Karimi, N., Tanomand, A., Karimi, S., Abbasi, A., Yousefi, B., Khodadadi, E. and Kafil, H.S., 2020. Thymol, cardamom and *Lactobacillus plantarum* nanoparticles as a functional candy with high protection against *Streptococcus mutans* and tooth decay. *Microbial pathogenesis*. 148, p.104481.
52. Moreirinha, C., Vilela, C., Silva, N.H., Pinto, R.J., Almeida, A., Rocha, M.A.M., Coelho, E., Coimbra, M.A., Silvestre, A.J. and Freire, C.S., 2020. Antioxidant and antimicrobial films based on brewers spent grain arabinoxylans, nanocellulose and feruloylated compounds for active packaging. *Food Hydrocolloids*. 108, p.105836.
53. Zhai, Q., Narbad, A. and Chen, W., 2014. Dietary strategies for the treatment of cadmium and lead toxicity. *Nutrients*. 7(1), pp.552-571.
54. Zhai, Q., Xiao, Y., Zhao, J., Tian, F., Zhang, H., Narbad, A. and Chen, W., 2017. Identification of key proteins and pathways in cadmium tolerance of *Lactobacillus plantarum* strains by proteomic analysis. *Scientific Reports*. 7(1), pp.1-17.
55. Sheng, Y., Yang, X., Lian, Y., Zhang, B., He, X., Xu, W. and Huang, K., 2016. Characterization of a cadmium resistance *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* strain by antioxidant assays and proteome profiles methods. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 46, pp.286-291.
56. Nešić, K., Habschied, K. and Mastanjević, K., 2021. Possibilities for the biological control of mycotoxins in food and feed. *Toxins*. 13(3), p.198.
57. Tian, F., Yu, L., Zhai, Q., Xiao, Y., Shi, Y., Jiang, J., Liu, X., Zhao, J., Zhang, H. and Chen, W., 2017. The therapeutic protection of a living and dead *Lactobacillus* strain against aluminum-induced brain and liver injuries in C57BL/6 mice. *PloS one*. 12(4), p.e0175398.
58. Zhang, Z., Cai, R., Zhang, W., Fu, Y. and Jiao, N., 2017. A novel exopolysaccharide with metal adsorption capacity produced by a marine bacterium *Alteromonas* sp. JL2810. *Marine Drugs*. 15(6), p.175.
59. Brdarić, E., Soković Bajić, S., Đokić, J., Đurđić, S., Ruas-Madiedo, P., Stevanović, M., Tolinački, M., Dinić, M., Mutić, J., Golić, N. and Živković, M., 2021. Protective effect of an exopolysaccharide produced by *Lactiplantibacillus plantarum* BGAN8 against cadmium-induced toxicity in Caco-2 Cells. *Frontiers in Microbiology*. p.3222.
60. Piotrowska, M., 2021. Microbiological decontamination of mycotoxins: opportunities and limitations. *Toxins*. 13(11), p.819.
61. Taheur, F.B., Mansour, C., Jeddou, K.B., Machreki, Y., Kouidhi, B., Abdulhakim, J.A. and Chaieb, K., 2020. Aflatoxin B1 degradation by microorganisms isolated from Kombucha culture. *Toxicon*. 179, pp.76-83.
62. Rajendran, S., Shunmugam, G., Mallikarjunan, K., Paranidharan, V. and Venugopal, A.P., 2022. Prevalence of aflatoxin contamination in red chilli pepper (*Capsicum annum* L.) from India. *International Journal of Food Science & Technology*. 57(4), pp.2185-2194.
63. Liu, L., Xie, M. and Wei, D., 2022. Biological detoxification of mycotoxins: Current status and future advances. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(3), p.1064.
64. Muhialdin, B.J., Saari, N. and Meor Hussin, A.S., 2020. Review on the biological detoxification of mycotoxins using lactic acid bacteria to enhance the sustainability of foods supply. *Molecules*. 25(11), p.2655.

65. Fahim, K.M., Badr, A.N., Shehata, M.G., Hassanen, E.I. and Ahmed, L.I., 2021. Innovative application of postbiotics, parabiotics and encapsulated *Lactobacillus plantarum* RM1 and *Lactobacillus paracasei* KC39 for detoxification of aflatoxin M1 in milk powder. *Journal of Dairy Research*. 88(4), pp.429-435.
66. Suresh, G., Cabezudo, I., Pulicharla, R., Cuprys, A., Rouissi, T. and Brar, S.K., 2020. Biodegradation of aflatoxin B1 with cell-free extracts of *Trametes versicolor* and *Bacillus subtilis*. *Research in Veterinary Science*. 133, pp.85-91.
67. Ondiek, W., Wang, Y., Sun, L., Zhou, L., On, S.L., Zheng, H. and Ravi, G., 2022. Removal of aflatoxin b1 and t-2 toxin by bacteria isolated from commercially available probiotic dairy foods. *Food Science and Technology International*. 28(1), pp.15-25.
68. Baghban-Kanani, P., Hosseintabar-Ghasemabad, B., Azimi-Youvalari, S., Seidavi, A., Ragni, M., Laudadio, V. and Tufarelli, V., 2019. Effects of using *Artemisia annua* leaves, probiotic blend, and organic acids on performance, egg quality, blood biochemistry, and antioxidant status of laying hens. *The Journal of Poultry Science*. 56(2), pp.120-127.
69. Mani-López, E., García, H.S. and López-Malo, A., 2012. Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. *Food Research International*. 45(2), pp.713-721.
70. Šušković, J., Kos, B., Beganović, J., Leboš Pavunc, A., Habjanič, K. and Matošić, S., 2010. Antimicrobial activity—the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*. 48(3), pp.296-307.
71. Hu, C.H., Ren, L.Q., Zhou, Y. and Ye, B.C., 2019. Characterization of antimicrobial activity of three *Lactobacillus plantarum* strains isolated from Chinese traditional dairy food. *Food science & nutrition*. 7(6), pp.1997-2005.
72. O'Connor, P.M., Kuniyoshi, T.M., Oliveira, R.P., Hill, C., Ross, R.P. and Cotter, P.D., 2020. Antimicrobials for food and feed; a bacteriocin perspective. *Current opinion in biotechnology*, 61, pp.160-167.
73. Wang, Y., Qin, Y., Zhang, Y., Wu, R. and Li, P., 2019. Antibacterial mechanism of plantaricin LPL-1, a novel class IIa bacteriocin against *Listeria monocytogenes*. *Food control*. 97, pp.87-93.
74. Kim, S.W., Ha, Y.J., Bang, K.H., Lee, S., Yeo, J.H., Yang, H.S., Kim, T.W., Lee, K.P. and Bang, W.Y., 2020. Potential of bacteriocins from *Lactobacillus taiwanensis* for producing bacterial ghosts as a next generation vaccine. *Toxins*. 12(7), p.432.
75. Churchward, C.P., Alany, R.G. and Snyder, L.A., 2018. Alternative antimicrobials: the properties of fatty acids and monoglycerides. *Critical reviews in microbiology*. 44(5), pp.561-570.
76. P Desbois, A., 2012. Potential applications of antimicrobial fatty acids in medicine, agriculture and other industries. *Recent patents on anti-infective drug discovery*. 7(2), pp.111-122.
77. Mali, J.K., Sutar, Y.B., Pahelkar, A.R., Verma, P.M. and Telvekar, V.N., 2020. Novel fatty acid-thiadiazole derivatives as potential antimycobacterial agents. *Chemical Biology & Drug Design*. 95(1), pp.174-181.
78. Yoon, B.K., Jackman, J.A., Valle-González, E.R. and Cho, N.J., 2018. Antibacterial free fatty acids and monoglycerides: biological activities, experimental testing, and therapeutic applications. *International journal of molecular science*. 19(4), p.1114.
79. Higashi, B., Mariano, T.B., de Abreu Filho, B.A., Gonçalves, R.A.C. and de Oliveira, A.J.B., 2020. Effects of fructans and probiotics on the inhibition of *Klebsiella oxytoca* and the production of short-chain fatty acids assessed by NMR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*. 248, p.116832.
80. Hanson, M.A., Dostálová, A., Ceroni, C., Poidevin, M., Kondo, S. and Lemaitre, B., 2019. Synergy and remarkable specificity of antimicrobial peptides in vivo using a systematic knockout approach. *Elife*. 8, p.e44341.
81. Zasloff, M., 2002. Antimicrobial peptides in health and disease. *New England Journal of Medicine*. 347(15), pp.1199-1200.

82. Forkus, B., Ritter, S., Vlysidis, M., Geldart, K. and Kaznessis, Y.N., 2017. Antimicrobial probiotics reduce *Salmonella enterica* in turkey gastrointestinal tracts. *Scientific reports*. 7(1), p.40695.
83. Nithya, V. and Halami, P.M., 2012. Antibacterial peptides, probiotic properties and biopreservative efficacy of native *Bacillus* species isolated from different food sources. *Probiotics and antimicrobial proteins*. 4, pp.279-290.
84. Cords, B.R., 1993. Sanitizers: halogens, surface-active agents and peroxides. *Antimicrobials in foods*. pp.469-537.
85. Damoogh, S., Vosough, M., Falsafi, S. and Behrouzi, A., 2021. Inhibitory Effect of *E. coli* Nissle 1917 on Clinical and Standard Strains of *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 30(193), pp.2-11.
86. Osborn, H.T. and Akoh, C.C., 2002. Structured lipids—novel fats with medical, nutraceutical, and food applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 1(3), pp.110-120.
87. Abbasi, M., Dolatabadi, S., Ghorbannezhad, G., Sharifi, F. and Rahimi, H.R., 2020. The role of probiotics in inhibition mechanism of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *McGill Journal of Medicine*, 18(1).
88. Georgieva, V., Kamolovit, W., Herthelius, M., Lühje, P., Brauner, A. and Chromek, M., 2019. Association between vitamin D, antimicrobial peptides and urinary tract infection in infants and young children. *Acta Paediatrica*, 108(3), pp.551-556.
89. Rossi, M., Amaretti, A. and Raimondi, S., 2011. Folate production by probiotic bacteria. *Nutrients*. 3(1), pp.118-134.
90. Pedrós-Garrido, S., Clemente, I., Calanche, J.B., Condón-Abanto, S., Beltrán, J.A., Lyng, J.G., Brunton, N., Bolton, D. and Whyte, P., 2020. Antimicrobial activity of natural compounds against *Listeria* spp. and their effects on sensory attributes in salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Food Control*. 107, p.106768.
91. Urish, K.L., DeMuth, P.W., Kwan, B.W., Craft, D.W., Ma, D., Haider, H., Tuan, R.S., Wood, T.K. and Davis, C.M., 2016. Antibiotic-tolerant *Staphylococcus aureus* biofilm persists on arthroplasty materials. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 474, pp.1649-1656.
92. Bai, X., Nakatsu, C.H. and Bhunia, A.K., 2021. Bacterial biofilms and their implications in pathogenesis and food safety. *Foods*. 10(9), p.2117.
93. Miao, J., Liang, Y., Chen, L., Wang, W., Wang, J., Li, B., Li, L., Chen, D. and Xu, Z., 2017. Formation and development of *Staphylococcus* biofilm: with focus on food safety. *Journal of food safety*. 37(4), p.e12358.
94. Przekwas, J., Wiktorczyk, N., Budzyńska, A., Walecka-Zacharska, E. and Gospodarek-Komkowska, E., 2020. Ascorbic acid changes growth of food-borne pathogens in the early stage of biofilm formation. *Microorganisms*. 8(4), p.553.
95. Henriques, A.R. and Fraqueza, M.J., 2017. Biofilm-forming ability and biocide susceptibility of *Listeria monocytogenes* strains isolated from the ready-to-eat meat-based food products food chain. *LWT-Food Science and Technology*. 81, pp.180-187.
96. Shi, X. and Zhu, X., 2009. Biofilm formation and food safety in food industries. *Trends in Food Science & Technology*. 20(9), pp.407-413.
97. Hoseini Tavassol, Z., Etehad Marvasti, F., Hasani-Ranjbar, S., Ejtahed, H.S., Siadat, S.D. and Larijani, B., 2021. Extracellular Vesicles Derived from Gastrointestinal Microbiota: A New Approach to Clinical Studies. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 30(193), pp.152-168.
98. Kirtonia, K., Salauddin, M., Bharadwaj, K.K., Pati, S., Dey, A., Shariati, M.A., Tilak, V.K., Kuznetsova, E. and Sarkar, T., 2021. Bacteriocin: A new strategic antibiofilm agent in food industries. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 36, p.102141.
99. Barros, C.P., Guimaraes, J.T., Esmerino, E.A., Duarte, M.C.K., Silva, M.C., Silva, R., Ferreira, B.M., Sant'Ana, A.S., Freitas, M.Q. and Cruz, A.G., 2020. Paraprobiotics and

- postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. *Current Opinion in Food Science*. 32, pp.1-8.
100. Basavegowda, N. and Baek, K.H., 2021. Synergistic antioxidant and antibacterial advantages of essential oils for food packaging applications. *Biomolecules*. 11(9), p.1267.
101. Sabahi, S., Homayouni Rad, A., Aghebati-Maleki, L., Sangtarash, N., Ozma, M.A., Karimi, A., Hosseini, H. and Abbasi, A., 2022. Postbiotics as the new frontier in food and pharmaceutical research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. pp.1-28.
102. Homayouni-rad, A., Oroojzadeh, P. and Abbasi, A., 2020. The Effect of Yeast *Kluyveromyces marxianus* as a Probiotic on the Microbiological and Sensorial Properties of Set Yoghurt during Refrigerated Storage. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 20(2), pp.254-268.
103. Guilhaumou, R., Benaboud, S., Bennis, Y., Dahyot-Fizelier, C., Dailly, E., Gandia, P., Goutelle, S., Lefeuvre, S., Mongardon, N., Roger, C. and Scala-Bertola, J., 2019. Optimization of the treatment with beta-lactam antibiotics in critically ill patients—guidelines from the French Society of Pharmacology and Therapeutics (Société Française de Pharmacologie et Thérapeutique—SFPT) and the French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (Société Française d'Anesthésie et Réanimation—SFAR). *Critical Care*. 23(1), pp.1-20.
104. Leylabadlo, H.E., Heravi, F.S., Soltani, E., Abbasi, A., Kafil, H.S., Parsaei, M., Sanaie, S., Ahmadian, Z. and Ghotaslou, R., 2022. The role of gut microbiota in the treatment of irritable bowel syndrome. *Reviews in Medical Microbiology*, 33(1). pp.e89-e104.
105. Manson, A.L., Van Tyne, D., Straub, T.J., Clock, S., Crupain, M., Rangan, U., Gilmore, M.S. and Earl, A.M., 2019. Chicken meat-associated enterococci: influence of agricultural antibiotic use and connection to the clinic. *Applied and environmental microbiology*. 85(22), pp.e01559-19.
106. Hamad, G.M., Abdelmotilib, N.M., Darwish, A.M. and Zeitoun, A.M., 2020. Commercial probiotic cell-free supernatants for inhibition of *Clostridium perfringens* poultry meat infection in Egypt. *Anaerobe*. 62, p.102181.
107. Moradi, M., Kousheh, S.A., Almasi, H., Alizadeh, A., Guimarães, J.T., Yılmaz, N. and Lotfi, A., 2020. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19(6), pp.3390-3415.
108. Moradi, M., Kousheh, S.A., Almasi, H., Alizadeh, A., Guimarães, J.T., Yılmaz, N. and Lotfi, A., 2020. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19(6), pp.3390-3415.
109. Hartmann, H.A., Wilke, T. and Erdmann, R., 2011. Efficacy of bacteriocin-containing cell-free culture supernatants from lactic acid bacteria to control *Listeria monocytogenes* in food. *International Journal of Food Microbiology*. 146(2), pp.192-199.
110. Jonkuvienė, D., Vaičiulytė-Funk, L., Šalomskienė, J., Alenčikienė, G. and Mieželienė, A., 2016. Potential of *Lactobacillus reuteri* from spontaneous sourdough as a starter additive for improving quality parameters of bread. *Food Technology and Biotechnology*. 54(3), p.342.
111. Shehata, M.G., Badr, A.N., El Sohaimy, S.A., Asker, D. and Awad, T.S., 2019. Characterization of antifungal metabolites produced by novel lactic acid bacterium and their potential application as food biopreservatives. *Annals of Agricultural Sciences*. 64(1), pp.71-78.
112. Muhialdin, B.J., Hassan, Z. and Sadon, S.K., 2011. Antifungal Activity of *Lactobacillus fermentum* Te007, *Pediococcus pentosaceus* Te010, *Lactobacillus pentosus* G004, and *L. paracasi* D5 on Selected Foods. *Journal of food science*. 76(7), pp.M493-M499.
113. Vilela, C., Kurek, M., Hayouka, Z., Röcker, B., Yildirim, S., Antunes, M.D.C., Nilsen-Nygaard, J., Pettersen, M.K. and Freire, C.S., 2018. A concise guide to active agents for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*. 80, pp.212-222.
114. Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M.K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B. and Coma, V., 2018. Active packaging applications for food. *Comprehensive Reviews in food science and food safety*. 17(1), pp.165-199.

115. Espitia, P.J., Batista, R.A., Azeredo, H.M. and Otoni, C.G., 2016. Probiotics and their potential applications in active edible films and coatings. *Food Research International*. 90, pp.42-52.
116. Moghanjoughi, Z.M., Bari, M.R., Khaledabad, M.A., Almasi, H. and Amiri, S., 2020. Bio-preservation of white brined cheese (Feta) by using probiotic bacteria immobilized in bacterial cellulose: Optimization by response surface method and characterization. *LWT*. 117, p.108603.
117. Bambace, M.F., Alvarez, M.V. and del Rosario Moreira, M., 2019. Novel functional blueberries: Fructo-oligosaccharides and probiotic lactobacilli incorporated into alginate edible coatings. *Food Research International*. 122, pp.653-660.
118. Moradi, M., Kousheh, S.A., Almasi, H., Alizadeh, A., Guimarães, J.T., Yılmaz, N. and Lotfi, A., 2020. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19(6), pp.3390-3415.
119. Rivas, F.P., Cayre, M.E., Campos, C.A. and Castro, M.P., 2018. Natural and artificial casings as bacteriocin carriers for the biopreservation of meats products. *Journal of Food Safety*. 38(1), p.e12419.
120. Yordshahi, A.S., Moradi, M., Tajik, H. and Molaei, R., 2020. Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nanopaper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. *International journal of food microbiology*. 321, p.108561.
121. Hua, Q., Wong, C.H. and Li, D., 2022. Postbiotics enhance the functionality of a probiotic edible coating for salmon fillets and the probiotic stability during simulated digestion. *Food Packaging and Shelf Life*. 34, p.100954.
122. Wu, X., Teame, T., Hao, Q., Ding, Q., Liu, H., Ran, C., Yang, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Duan, M. and Zhang, Z., 2020. Use of a paraprobiotic and postbiotic feed supplement (HWF<sup>TM</sup>) improves the growth performance, composition and function of gut microbiota in hybrid sturgeon (*Acipenser baerii* x *Acipenser schrenckii*). *Fish & Shellfish Immunology*. 104, pp.36-45.
123. Humam, A.M., Loh, T.C., Foo, H.L., Samsudin, A.A., Mustapha, N.M., Zulkifli, I. and Izuddin, W.I., 2019. Effects of feeding different postbiotics produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, carcass yield, intestinal morphology, gut microbiota composition, immune status, and growth gene expression in broilers under heat stress. *Animals*. 9(9), p.644.
124. Loh, T.C., Choe, D.W., Foo, H.L., Sazili, A.Q. and Bejo, M.H., 2014. Effects of feeding different postbiotic metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* strains on egg quality and production performance, faecal parameters and plasma cholesterol in laying hens. *BMC veterinary research*. 10, pp.1-9.
125. Shanmugasundaram, R., Markazi, A., Mortada, M., Ng, T.T., Applegate, T.J., Bielke, L.R., Syed, B., Pender, C.M., Curry, S., Murugesan, G.R. and Selvaraj, R.K., 2020. Research Note: Effect of synbiotic supplementation on caecal *Clostridium perfringens* load in broiler chickens with different necrotic enteritis challenge models. *Poultry science*. 99(5), pp.2452-2458.
126. Mirnejad, R., Vahdati, A.R., Rashidiani, J., Erfani, M. and Piranfar, V., 2013. The antimicrobial effect of *Lactobacillus casei* culture supernatant against multiple drug resistant clinical isolates of *Shigella sonnei* and *Shigella flexneri* in vitro. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. 15(2), p.122.
127. Le, N.T.T., Bach, L.G., Nguyen, D.C., Le, T.H.X., Pham, K.H., Nguyen, D.H. and Hoang Thi, T.T., 2019. Evaluation of factors affecting antimicrobial activity of bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* microencapsulated in alginate-gelatin capsules and its application on pork meat as a bio-preservative. *International journal of environmental research and public health*. 16(6), p.1017.
128. Arbex, P.M., de Castro Moreira, M.E., Toledo, R.C.L., de Moraes Cardoso, L., Pinheiro-Sant'ana, H.M., dos Anjos Benjamin, L., Licursi, L., Carvalho, C.W.P., Queiroz, V.A.V. and

- Martino, H.S.D., 2018. Extruded sorghum flour (*Sorghum bicolor* L.) modulate adiposity and inflammation in high fat diet-induced obese rats. *Journal of functional foods*. 42, pp.346-355.
129. Abbasi, A., Hajipour, N., Hasannezhad, P., Baghbanzadeh, A. and Aghebati-Maleki, L., 2022. Potential in vivo delivery routes of postbiotics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62(12), pp.3345-3369.



## Fabrication of stable Pickering emulsion using hybrid particles comprised of biopolymers

Sedighe Tavasoli<sup>1</sup>, Yahya Maghsoudlou<sup>1\*</sup>, Seid Mahdi Jafari<sup>1</sup>,  
Hoda Shahiri Tabarestani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran  
Email: Y.maghsoudlou@gau.ac.ir

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 2022-07-08  
Revised: 2022-08-31  
Accepted: 2022-09-12

**Keywords:**  
Pickering emulsion  
Conjugate  
Ultrasonic  
Caseinate

### ABSTRACT

**Background and objectives:** Today, Pickering emulsions, as the most stable type of emulsion, have been widely accepted for use in various food, pharmaceutical, and cosmetic products. The common use of biopolymers such as proteins and polysaccharides as stabilizing or thickening agents in the formulation of these emulsion systems, due to their inherent functional characteristics, easy preparation, nutritional value, biodegradability, and biocompatibility, encourages researchers to design new hybrid Pickering stabilizers with enhanced functional properties. Therefore, in the present study, the fabrication of sodium caseinate / soy soluble polysaccharides conjugate nanoparticles and the potential of these novel emulsifiers to stabilize the Pickering emulsion was investigated.

**Materials and methods:** First, sodium caseinate / soy soluble polysaccharides conjugates (NaCS / SSPS) with a protein/polysaccharide ratio of 9 to 1 were produced through the Maillard reaction using the dry heating method under optimal conditions (temperature of 60°C and 75% relative humidity), and after confirming the formation of covalent binding between NaCS and SSPS via attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy, the conjugate capability to create a stable emulsion was studied, and compared to native biopolymers. Then, to produce NaCS / SSPS conjugate nanoparticles (Pickering stabilizer), ultrasonic pulse treatment was applied (400 W-28 minute) and two important features of particle size and their wettability were measured. In the following, the potential of Pickering emulsion formation using NaCS / SSPS conjugate nanoparticles was characterized and the stability of obtained emulsions was compared to that of untreated NaCS / SSPS conjugates.

**Results:** The formation of covalent binding between NaCS and SSPS and structural changes of NaCS during conjugation reaction were detected through attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy. Increased physical stability against creaming was observed for emulsions stabilized by conjugates when

---

---

compared with those produced by the native biopolymers. In addition, differential scanning calorimetry results showed that the thermal stability of NaCS was significantly increased by glycosylation reaction. Based on the dynamic light scattering and contact angle measurements, the ultrasonic treatment led to a significantly decreased particle size and an increase in their wettability, which allowed the creation of a high stable Pickering emulsion. The enhanced wettability of the NaCS/SSPS nanoparticles was achieved by exposing the hydrophobic sections hidden within the conjugate structure.

**Conclusion:** Owing to the successful fabrication of high stable Pickering emulsion using the hybrid nanoparticles produced by combining two techniques of conjugation and ultrasonic, it can be suggested to employ NaCS/SSPS conjugate nanoparticles for the manufacture of Pickering emulsion delivery systems for bioactive compounds.

---

---

**Cite this article:** Tavasoli, S., Maghsoudlou, Y., Jafari, S.M., Shahiri Tabarestani, H. 2023. Fabrication of stable Pickering emulsion using hybrid particles comprised of biopolymers. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (1), 109-124.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2022.20407.1708

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

# تولید پیکرینگ امولسیون پایدار با استفاده از ذرات هیبریدی متشکل از پلیمرهای زیستی

صدیقه توسلی<sup>۱</sup>، یحیی مقصدلو<sup>۱\*</sup>، سید مهدی جعفری<sup>۱</sup>، هدی شهری طبرستانی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، رایانامه: [y.mahsoudlou@gu.ac.ir](mailto:y.mahsoudlou@gu.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی-پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> امروزه از پیکرینگ امولسیون‌ها، به عنوان پایدارترین شکل امولسیون، به طور گسترده در محصولات مختلف غذایی، دارویی و بهداشتی استفاده می‌شود. به کارگیری پلیمرهای زیستی نظیر پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها به عنوان عوامل پایدارکننده و یا تغلیظ کننده در فرمولاسیون این نوع امولسیون‌ها، به دلیل ویژگی‌های عملکردی مناسب، آماده‌سازی آسان، ارزش تغذیه‌ای، زیست تخریب‌پذیری و زیست سازگاری، موجب افزایش گرایش محققین به طراحی انواع هیبریدی پیکرینگ پایدارکننده‌ها با خصوصیات عملکردی بهبود یافته گردید. از این رو در پژوهش حاضر نانوذرات کنژوگه کازئینات سدیم - پلی‌ساکاریدهای محلول سویا تولید و قابلیت پایدارکنندگی آن مورد بررسی قرار گرفت.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> پیکرینگ امولسیون کنژوگه فراصوت کازئینات	<b>مواد و روش‌ها:</b> ابتدا کنژوگه کازئینات سدیم - پلی‌ساکارید سویا (NaCS/SSPS) با نسبت پروتئین به پلی‌ساکارید ۹ به ۱ از طریق واکنش میلارد و به روش خشک در شرایط بهینه (دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد) تولید و پس از تایید تشکیل پیوندهای کووالانسی با اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز تبدیل فوری، قابلیت آن در ایجاد امولسیون روغن در آب پایدار بررسی و با بیوپلیمرهای سازنده آن مقایسه شد. سپس به منظور تولید نانوذرات کنژوگه (پیکرینگ پایدارکننده) از روش فراصوت (توان ۴۰۰ وات - مدت زمان ۲۸ دقیقه) استفاده و دو فاکتور مهم اندازه نانوذرات و قابلیت مرطوب شونده‌گی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در پایان، قابلیت تولید پیکرینگ امولسیون با استفاده از نانوذرات کنژوگه بررسی و پایداری امولسیون حاصل با امولسیون پایدار شده توسط کنژوگه مقایسه شد.
	<b>یافته‌ها:</b> تشکیل پیوند کووالانسی بین کازئینات و پلی‌ساکاریدهای محلول سویا و تغییرات ساختاری طی فرایند کنژوگه شدن با نتایج اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز تبدیل فوری تأیید شد. پایداری امولسیون‌ها با استفاده از ترکیبات کنژوگه در مقایسه با هر یک از بیوپلیمرهای تشکیل دهنده، با کاهش ناپایداری فیزیکی خامه‌ای شدن افزایش یافت. ضمن اینکه، نتایج بدست آمده از گرماسنج روبشی افتراقی نشان داد که فرایند کنژوگه شدن موجب افزایش پایداری حرارتی

---

---

پروتئین نیز شده است. نتایج پراکنش نور پویا (DLS) نشان‌دهنده کاهش اندازه ذرات کنژوگه با اعمال تیمار فراصوت بوده که این کاهش اندازه برای تولید پیکرینگ امولسیون پایدار مطلوب می‌باشد. بعلاوه، اعمال تیمار فراصوت با آشکار کردن گروه‌های آبگریز پنهان در بخش‌های داخلی کنژوگه، موجب بهبود قابلیت مرطوب شونده آن گردید. بهبود این دو فاکتور اندازه گیری شده، موجب افزایش ویژگی‌های عملکردی نانوذرات کنژوگه در تولید پیکرینگ امولسیون پایدار در مقایسه با ترکیبات کنژوگه شد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به تولید پیکرینگ امولسیون پایدار با استفاده از نانوذرات هیبریدی سنتز شده توسط ترکیب دو روش گلیکوزیلاسیون و فراصوت، استفاده از این نانوذرات به‌منظور تولید پیکرینگ امولسیون‌های عملگرا جهت انتقال ترکیبات زیست فعال پیشنهاد می‌شود.

---

---

**استناد:** توسلی، ص.، مقصودلو، ی.، جعفری، س.م.، شهیری طبرستانی، ه. (۱۴۰۲). تولید پیکرینگ امولسیون پایدار با استفاده از ذرات هیبریدی متشکل از پلیمرهای زیستی. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵ (۱)، ۱۲۴-۱۰۹.

DOI: 10.22069/FPPJ.2022.20407.1708



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

---

---

## مقدمه

امروزه تولید و پایدارسازی امولسیون‌های ساختاریافته به عنوان ابزاری جهت ریزپوشانی، انتقال و رهایش کنترل شده ترکیبات زیست‌فعال توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. اگرچه این سیستم‌های کلوئیدی برای ارائه بیشترین پایداری و افزایش زیست‌دسترسی پذیری ترکیبات فعال نیاز به طراحی درست دارند. استفاده از امولسیفایرهای مناسب نقش مهمی در تعیین پایداری سطح مشترک بین فازهای تشکیل‌دهنده امولسیون و در نتیجه کیفیت امولسیون نهایی دارد (۱). در بین امولسیون‌های مطرح، پیکرینگ امولسیون‌ها مقاومت بالاتری را در برابر ناپایداری‌های فیزیکی و شیمیایی نشان داده، در نتیجه به‌طور گسترده در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی استفاده می‌شوند (۲). برخلاف امولسیون‌های معمول، پیکرینگ امولسیون‌ها با استفاده از ذرات کلوئیدی جامد پایدار شده و این ذرات بواسطه جذب نسبتاً برگشت‌ناپذیر می‌توانند سطح مشترکی با پایداری بسیار بالاتر ایجاد کنند (۳). فاکتورهای مختلفی بر پایداری این نوع امولسیون‌ها اثر می‌گذارند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به اندازه ذرات و قابلیت مرطوب شونده‌گی آن‌ها اشاره نمود که بر ویژگی‌های عملکردی و کارایی سطح مشترک موثر می‌باشند (۴). ذرات کلوئیدی مورد استفاده در تولید و پایدارسازی پیکرینگ امولسیون‌ها از منابع مختلف غیرآلی و آلی بدست می‌آیند. در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به استفاده از پلیمرهای زیستی به‌منظور جایگزینی انواع پایدارکننده‌های غیرآلی و سنتزی در فرمولاسیون محصولات مختلف به‌ویژه محصولات غذایی شده است. داشتن ماهیت طبیعی، روش‌های استخراج و تولید آسان تحت شرایط ملایم، ارزش تغذیه‌ای، زیست‌تخریب‌پذیری و زیست‌سازگاری، از جمله مزیت‌های پلیمرهای زیستی می‌باشند که آن‌ها را به

عنوان جایگزین‌هایی با ویژگی‌های عملکردی بهتر برای تولید و پایدارسازی امولسیون‌ها معرفی می‌کند (۵). اغلب پروتئین‌ها به دلیل داشتن هر دو بخش آب‌گریز و آب‌دوست و عملکرد مناسب در سطح مشترک فازهای تشکیل‌دهنده امولسیون و در نتیجه کاهش کشش سطحی آن و همچنین پلی‌ساکاریدها به دلیل قابلیت ویسکوزکنندگی در افزایش پایداری امولسیون‌ها نقش دارند. اگر چه این توانایی بسته به ماهیت پایدارکننده زیستی، تحت تأثیر شرایط محیطی مانند pH، قدرت یونی و دما تغییر کرده و همین تأثیر کاربرد صنعتی پلیمرهای زیستی را محدود می‌سازد. به عنوان مثال، ویژگی‌های امولسیفایری پروتئین‌ها به میزان قابل توجهی در نقطه ایزوالکتریک آن‌ها کاهش می‌یابد. اصلاح شیمیایی - ساختاری بیوپلیمرهای زیستی می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها گشته و امکان استفاده از آن‌ها در طیف وسیع محصولات غذایی را فراهم سازد (۶). از جمله روش‌های اصلاح شیمیایی در این راستا می‌توان به تشکیل پیوند کووالانسی و گلیکوزیله نمودن پروتئین‌ها توسط واکنش میلارد اشاره نمود که مطالعات صورت گرفته در این رابطه نشان‌دهنده افزایش مقاومت حرارتی، حلالیت و در نتیجه بهبود ویژگی‌های عملکردی پروتئین و هم‌چنین پلی‌ساکارید به‌صورت ترکیبات کنژوگه بوده است. این واکنش به هیچ ماده شیمیایی نیاز نداشته و تحت شرایط کنترل شده (رطوبت، دما، pH و زمان) و به دو روش خشک و مرطوب انجام می‌شود (۷-۹). در مطالعه حاضر از دو بیوپلیمر کازئینات سدیم (NaCS) و پلی‌ساکارید محلول سویا (SSPS) به‌منظور تولید ترکیبات کنژوگه با ویژگی‌های پایدارکنندگی بهبود یافته و از روش فراصوت به‌منظور تولید نانوذرات کنژوگه با خصوصیات فیزیکی مناسب جهت تولید پیکرینگ

شدند. طیف‌های اسپکتروسکوپی، از مواد اولیه خالص و ترکیبات کنژوگه حاصل از ترکیب آن‌ها، با استفاده از اسپکتروفتومتر (Bruker) Equinox 55-LSI 01 (آلمان) در فاصله  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  با قدرت تفکیک  $4\text{ cm}^{-1}$  و  $32$  اسکن تهیه و با استفاده از نرم‌افزار OMNIC 9.2.86 مورد بررسی قرار گرفتند.

**گرماسنجی روبشی افتراقی<sup>۳</sup> (DSC):** ویژگی‌های حرارتی نمونه‌ها با استفاده از گرماسنج روبشی افتراقی در محدوده دمایی  $300-20$  درجه سانتی‌گراد با سرعت حرارت‌دهی  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  با استفاده از کالریمتر (S.DS.T، ایران) بررسی شد. برای این منظور،  $18$  میلی‌گرم از هر نمونه در سل آلومینیمی قرار داده و به صورت حرارتی بسته شد. از یک سل خالی نیز به عنوان رفرنس استفاده شد.

**تولید نانوذرات کنژوگه NaCS/SSPS:** ابتدا محلول کنژوگه با غلظت  $2$  درصد وزنی/وزنی با افزودن مقدار مشخصی از پودر آن در بافر فسفات با  $\text{pH}$   $7$  و همزدن با استفاده از همزن مغناطیسی به مدت  $2$  ساعت در دمای اتاق آماده و پس از تنظیم مجدد  $\text{pH}$  به منظور هیدراسیون کامل ترکیبات کنژوگه به مدت  $12$  ساعت در دمای  $4$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس دیسپرسیون نانوذرات کنژوگه با اعمال تیمار فراصوت (شرکت توسعه فناوری مافوق صوت، ایران)، با توان  $400$  وات طی مدت‌زمان  $28$  دقیقه تولید و سپس سانتریفیوژ ( $4000\text{ g}$  -  $10$  دقیقه) شد. دما طی فرایند با استفاده از حمام یخ پایین نگه داشته شد. سوپرناتانت حاصل قبل از استفاده برای تولید پیکرینگ امولسیون و یا انجام آزمون‌های بعدی در دمای  $4$  درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

**بررسی خصوصیات فیزیکی نانوذرات کنژوگه:** به منظور بررسی مناسب بودن نانوذرات کنژوگه برای

امولسیون پایدار استفاده شد. تیمار فراصوت یکی از روش‌های متداول تولید نانوذرات با ظرفیت بالا می‌باشد که طی آن اندازه ذرات با وقوع پدیده کاویتاسیون کاهش می‌یابد. توان و مدت‌زمان اعمال تیمار فراصوت مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر تبدیل انرژی به کاویتاسیون می‌باشد ( $10$ )؛ بنابراین ابتدا قابلیت پایدارکنندگی ترکیبات کنژوگه بررسی و با هر یک از بیوپلیمرهای تشکیل‌دهنده مقایسه و سپس قابلیت نانوذرات کنژوگه در ایجاد پیکرینگ امولسیون پایدار مطالعه شد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از کازئینات سدیم (تایتان بیوتک هند)، پلی‌ساکارید محلول سویا (با وزن مولکولی  $\text{kDa}$   $1600$ ، کمپانی روغن Fuji، ژاپن)، روغن آفتابگردان تصفیه شده (کمپانی مارگارین، ایران) استفاده شد. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده مانند سدیم هیدروکسید و هیدروکلریک اسید از کمپانی مرک (آلمان) خریداری شد.

**آماده‌سازی ترکیبات کنژوگه NaCS/SSPS:** ترکیبات کنژوگه NaCS/SSPS با نسبت پروتئین به پلی‌ساکارید  $9$  به  $1$  طبق روش ستیواتی<sup>۱</sup> و همکاران ( $2017$ )، در رطوبت نسبی  $75$  درصد و دمای  $60$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $24$  ساعت تولید شد ( $11$ ). در پایان زمان واکنش، ترکیبات بدست آمده جهت آنالیزها و استفاده بعدی، در دمای  $20$ - درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

**اسپکتروسکوپی مادون قرمز تبدیل فوریه - بازتابی کلی تضعیف شده<sup>۲</sup> (ARI):** گروه‌های عاملی مواد اولیه و ترکیبات کنژوگه حاصل با استفاده از ARI جهت بررسی میزان واکنش‌ها بین مواد اولیه بررسی

1. Setiowati
2. Attenuated total reflectance-fourier transform infrared spectroscopy (AIR)

3. Differential scanning calorimetry

$$\text{درصد} \left( \frac{\text{ارتفاع لایه خامه}}{\text{ارتفاع کل امولسیون}} \right)$$

### تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط آنوا یک طرفه<sup>۲</sup> با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ورژن ۲۵) انجام شد. داده‌ها در سه تکرار و مقایسه میانگین آن‌ها با تست LSD ( $\alpha = 0.05$ ) صورت گرفته و نمودارها با نرم‌افزار Origin (۲۰۱۶) رسم شد.

### نتایج و بحث

اسپکتروسکوپی مادون قرمز تبدیل فوریه - بازتابی کلی تضعیف شده (ARI): نتایج مربوط به طیف‌سنجی NaCS و SSPS هر یک به‌تنهایی و ترکیبات کنژوگه حاصل از آن‌ها در شکل ۱ قابل مشاهده است. پیک‌های شناسایی شده در طیف اسپکتروسکوپی مادون قرمز NaCS شامل آمید I در محدوده عدد موجی  $1684 \text{ cm}^{-1}$  (۱۷۰۰-۱۶۰۰)، آمید II در محدوده عدد موجی  $1517 \text{ cm}^{-1}$  (۱۵۰۰-۱۵۵۰)، آمید III در محدوده عدد موجی  $1239 \text{ cm}^{-1}$  (۱۲۰۰-۱۳۰۰)، ارتعاشات C-H در محدوده عدد موجی  $2920-2960 \text{ cm}^{-1}$ ، ارتعاشات کششی O-H یا N-H در محدوده عدد موجی  $3500-3000 \text{ cm}^{-1}$  می‌باشند. در طیف SSPS نیز پیک‌های شاخص مشاهده شده در محدوده  $3500-3100 \text{ cm}^{-1}$ ،  $1610-1580$  و  $1420-1400$  به ترتیب به ارتعاشات کششی گروه هیدروکسیل و ارتعاشات یون کربوکسیلات (ارتعاشات کششی C=O) و پیک شاخص در محدوده عدد موجی  $1180-953 \text{ cm}^{-1}$  به پیوندهای گلیکوزیدی در ساختار پلی‌ساکارید نسبت داده

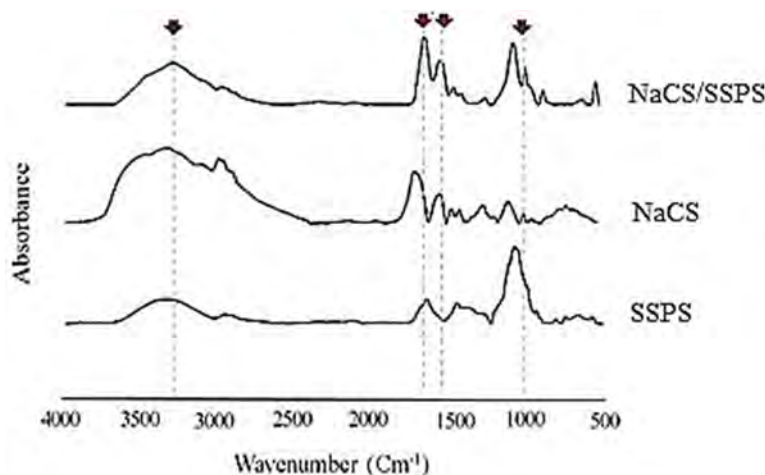
تولید پیکرینگ امولسیون پایدار، دو ویژگی مهم اندازه ذرات و قابلیت مرطوب شوندگی آن‌ها اندازه‌گیری شد. میانگین اندازه ذرات با استفاده از مسترسایزر ۲۰۰۰ (Malvern Instruments, UK)، بدون رقت‌سازی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. غلظت نانوذرات کنژوگه ۲ درصد بود. قابلیت مرطوب شوندگی نیز با اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب با سطح نازکی از پودر نمونه‌ها (NaCS)، ترکیبات کنژوگه و نانوذرات کنژوگه) به روش قطره معلق توسط دستگاه اندازه‌گیری زاویه تماس تعیین شد. تصاویر قطره با یک دوربین با سرعت بالا ثبت و زاویه تماس با استفاده از نرم‌افزار OCA 20 محاسبه شد (۱۲).

ارزیابی پایداری پیکرینگ امولسیون‌های پایدار شده با نانوذرات کنژوگه: به‌منظور مقایسه توانایی نانوذرات کنژوگه در تولید پیکرینگ امولسیون پایدار با قابلیت امولسیون‌کنندگی کنژوگه NaCS/SSPS، امولسیون‌های روغن در آب (۵۰/۵۰) از مخلوط کردن دیسپرسیون ۲ درصد بیوپلیمرها با روغن آفتابگردان طی دو مرحله هموزن کردن با هموزنایزر با دور rpm ۱۳۰۰۰ به مدت ۲ دقیقه و اعمال تیمار فراصوت با توان ۴۰۰ وات به مدت ۵ دقیقه تهیه شدند. میانگین اندازه ذرات گویچه‌های فاز پراکنده نمونه‌های امولسیون رقیق شده توسط DLS<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد. ضریب شکست آب ۱/۴۷ و روغن آفتابگردان ۱/۳۳ قرار داده شد. هم‌چنین، شاخص خامه‌ای شدن نمونه‌های امولسیون طی دوره نگهداری در دو دمای ۲۵ و ۴ درجه سانتی‌گراد به‌منظور بررسی پایداری آن‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

نتایج مربوط به طیف‌سنجی NaCS و SSPS هر یک به‌تنهایی و ترکیبات کنژوگه حاصل از آن‌ها در شکل ۱ قابل مشاهده است. پیک‌های شناسایی شده در طیف اسپکتروسکوپی مادون قرمز NaCS شامل آمید I در محدوده عدد موجی  $1684\text{ cm}^{-1}$  ( $1700-1600$ )، آمید II در محدوده عدد موجی  $1517\text{ cm}^{-1}$  ( $1550-1500$ )، آمید III در محدوده عدد موجی  $1239\text{ cm}^{-1}$  ( $1300-1200$ )، ارتعاشات C-H در محدوده عدد موجی  $2960-2920\text{ cm}^{-1}$ ، ارتعاشات کششی O-H یا N-H در محدوده عدد موجی  $3000-3500\text{ cm}^{-1}$  می‌باشند. در طیف SSPS نیز پیک‌های شاخص مشاهده شده در محدوده عدد موجی  $3500-3000\text{ cm}^{-1}$ ،  $1610-1580$  و  $1420-1400$  به ترتیب به ارتعاشات کششی گروه هیدروکسیل و ارتعاشات یون کربوکسیلات (ارتعاشات کششی C=O) و پیک شاخص در محدوده عدد موجی  $1180-953\text{ cm}^{-1}$  به پیوندهای گلیکوزیدی در ساختار پلی ساکارید نسبت داده می‌شوند. نتایج بدست آمده مشابه با نتایج حاصل از پژوهش سایر محققان در موارد مشابه می‌باشد (۵؛ ۱۳-۱۵).

می‌شوند. نتایج بدست آمده مشابه با نتایج حاصل از پژوهش سایر محققان در موارد مشابه می‌باشد (۵؛ ۱۳-۱۵).

نتایج مربوط به طیف‌سنجی NaCS و SSPS هر یک به‌تنهایی و ترکیبات کنژوگه حاصل از آن‌ها در شکل ۱ قابل مشاهده است. پیک‌های شناسایی شده در طیف اسپکتروسکوپی مادون قرمز NaCS شامل آمید I در محدوده عدد موجی  $1684\text{ cm}^{-1}$  ( $1700-1600$ )، آمید II در محدوده عدد موجی  $1517\text{ cm}^{-1}$  ( $1550-1500$ )، آمید III در محدوده عدد موجی  $1239\text{ cm}^{-1}$  ( $1300-1200$ )، ارتعاشات C-H در محدوده عدد موجی  $2960-2920\text{ cm}^{-1}$ ، ارتعاشات کششی O-H یا N-H در محدوده عدد موجی  $3000-3500\text{ cm}^{-1}$  می‌باشند. در طیف SSPS نیز پیک‌های شاخص مشاهده شده در محدوده  $3500-3100\text{ cm}^{-1}$ ،  $1610-1580$  و  $1420-1400$  به ترتیب به ارتعاشات کششی گروه هیدروکسیل و ارتعاشات یون کربوکسیلات (ارتعاشات کششی C=O) و پیک شاخص در محدوده عدد موجی  $1180-953\text{ cm}^{-1}$  به پیوندهای گلیکوزیدی در ساختار پلی ساکارید نسبت داده می‌شوند. نتایج بدست آمده مشابه با نتایج حاصل از پژوهش سایر محققان در موارد مشابه می‌باشد (۵؛ ۱۳-۱۵).



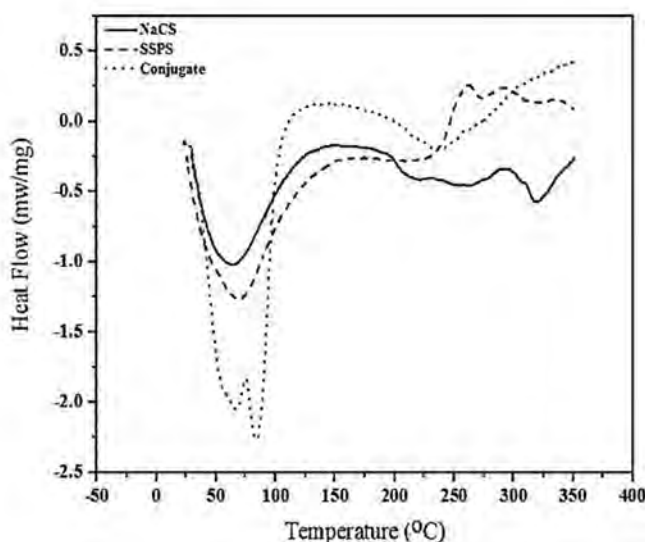
شکل ۱- طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه NaCS، SSPS، NaCS/SSPS کنژوگه

Figure 1- FTIR spectra of NaCS, SSPS, NaCS/SSPS conjugate



آنتالپی مربوطه نیز از  $353/655 \text{ J/g}$  به  $194/051 \text{ J/g}$  کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش پایداری حرارتی NaCS می‌باشد. این تاثیر مثبت بر پایداری حرارتی به دلیل محدود شدن دامنه حرکتی پروتئین پس از اتصال پلی‌ساکارید و افزایش پایداری ساختاری آن می‌باشد (۱۴). بعلاوه تغییر قابل توجه آنتالپی نیز تاییدکننده تخریب برهمکنش‌های بین مولکولی NaCS طی فرایند کنژوگه شدن با SSPS می‌باشد. افزایش پایداری حرارتی جزء پروتئینی طی فرایند کنژوگه شدن با پلی‌ساکاریدها توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۷ و ۱۸).

تعیین ویژگی‌های حرارتی با استفاده از گرماسنج روبشی افتراقی: دمای دناتوراسیون به‌منظور ارزیابی پایداری حرارتی جزء پروتئینی و مقدار آنتالپی برای اندازه‌گیری انرژی مورد نیاز جهت غلبه بر برهمکنش‌های بین مولکولی طی فرایند دناتوراسیون تعیین می‌شود (۱۷). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، منحنی DSC ترکیبات کنژوگه در مقایسه با پروتئین خالص دو پیک گرم‌گیر را نشان می‌دهد که می‌تواند به جزءهای پروتئینی پایدار شده و پایدار نشده نسبت داده شود. پس از فرایند اصلاح گلیکوزیلاسیون، دمای دناتوراسیون NaCS از  $63/3$  درجه سانتی‌گراد به  $82/9$  درجه سانتی‌گراد افزایش و



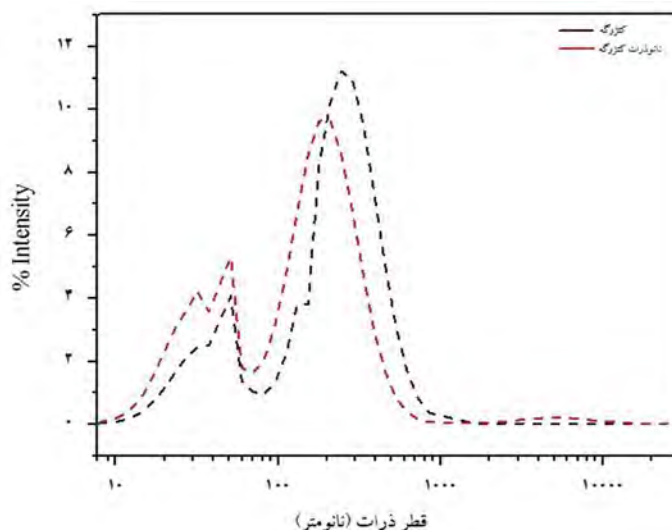
شکل ۲- منحنی‌های DSC نمونه‌های NaCS، SSPS، و کنژوگه NaCS/SSPS  
Figure 2- DSC curves of NaCS, SSPS, and NaCS/SSPS conjugate.

فراصوت به‌طور معنی‌داری تغییر کرده است. میانگین قطر هیدرودینامیک ذرات کنژوگه بدون اعمال تیمار فراصوت، در  $\text{pH } 7$  و دمای محیط،  $109/2 \pm 2/26$  نانومتر تعیین شد که پس از اعمال تیمار فراصوت به مدت ۲۸ دقیقه به  $75/10 \pm 2/40$  نانومتر کاهش یافت. طی اعمال تیمار فراصوت، تشکیل میکروجریان‌های شدید و نیروهای توربولنت ناشی از پدیده کاویتاسیون

تولید نانوذرات کنژوگه و تعیین خصوصیات فیزیکی آن: یکی از فاکتورهای تعیین‌کننده مناسب بودن ذرات جهت پایدارسازی پیکرینگ امولسیون، اندازه آن‌ها می‌باشد. شکل ۳، توزیع اندازه ذرات کنژوگه را قبل و بعد از اعمال تیمار فراصوت نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، قطر متوسط (dz) دیسپرسیون کنژوگه NaCS/SSPS با اعمال تیمار

براساس مطالعات سایر محققین، ذرات کنژوگه با اندازه متوسط ۷۵ نانومتر جهت پایدارسازی پیکرینگ امولسیون مناسب می‌باشند (۲۶-۲۲).

موجب کاهش اندازه کوپلیمرهای NaCS/SSPS می‌شود. نتایج مشابهی در رابطه با تاثیر تیمار فراصوت بر ذرات پروتئینی گزارش شده است (۱۹-۲۱).

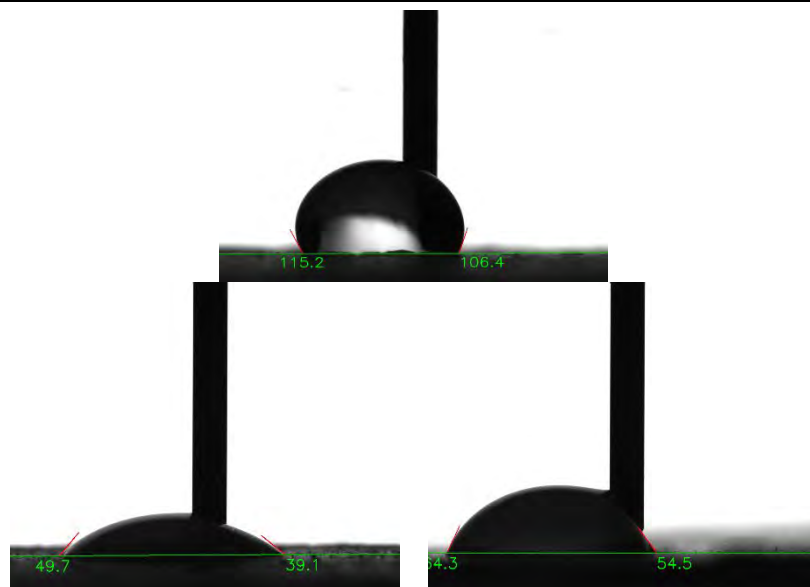


شکل ۳- توزیع اندازه ذرات قبل و بعد از اعمال تیمار فراصوت

Figure 3- Particle size distribution before and after ultrasonic treatment.

تماس کنژوگه پس از اعمال تیمار فراصوت ( $63/70^\circ$ ) مشاهده شد. این نتیجه به اثر کاویتاسیون نسبت داده می‌شود که موجب باز شدن بخش پروتئینی و قرار گرفتن گروه‌های آب‌گریز داخلی در سطح ذرات می‌گردد (۱۹). در پژوهش‌های مشابه، زاویه تماس  $53/8^\circ$  درجه کمپلکس کربوکسی متیل سلولز/ کیتوزان (۲۹) و  $53^\circ$  درجه کنژوگه ایزوله پروتئینی آب‌پنیر/ اپی گالوکاتچین گالات (۳۰)، برای تولید پیکرینگ امولسیون پایدار مناسب گزارش شد. در مطالعه حاضر نیز، زاویه تماس  $63-67^\circ$  درجه نشان می‌دهد که سطح نانوذرات حاصل نه چندان آب‌گریز و نه چندان آب‌دوست بوده که این ویژگی برای پایدارسازی پیکرینگ امولسیون مطلوب است (۲۸). با توجه به اندازه نانوذرات و قابلیت مرطوب‌شوندگی آن‌ها، می‌توان پیش‌بینی کرد نانوذرات حاصل قادر به ایجاد پیکرینگ امولسیون روغن در آب پایدار می‌باشند.

قابلیت مرطوب‌شوندگی نانوذرات توسط هر دو فاز تشکیل‌دهنده امولسیون نیز ویژگی کلیدی پایدارکننده‌های پیکرینگ بوده که بر قابلیت جذب آن‌ها در سطح مشترک روغن/آب و پایداری آن تأثیر می‌گذارد (۲۷). این ویژگی با اندازه‌گیری زاویه تماس ( $\theta_{ow}$ ) تعیین می‌شود. به لحاظ تئوری، جذب ذرات در سطح مشترک برگشت‌ناپذیر خواهد بود، اگر زاویه تماس مناسب (نزدیک به  $90^\circ$  درجه) باشد (۱۹). اگر چه در عمل، تمایل بیشتر نانوذرات به فاز پیوسته موجب بهبود ممانعت فضایی و پایدارسازی حاصل از آن می‌گردد (۲۸). با توجه به شکل ۴، زاویه تماس کازئینات سدیم  $114/30^\circ$  تعیین شد که پس از کنژوگه شدن با پلی‌ساکارید سویا و پوشاننده شده کامل سطح ذرات پروتئینی با آن، زاویه تماس به میزان قابل توجهی کاهش ( $44/90^\circ$ ) یافته و از حالت نسبتاً آب‌گریز به آب‌دوست تبدیل شد. در حالی که، افزایش قابل توجهی در زاویه



شکل ۴- اندازه‌گیری زاویه تماس NaCS (بالا)، کنژوگه NaCS/SSPS (چپ) و نانوذرات کنژوگه (راست)  
Figure 4- Contact angle measurements of NaCS (up), NaCS/SSPS conjugate (left), and conjugate nanoparticles (right).

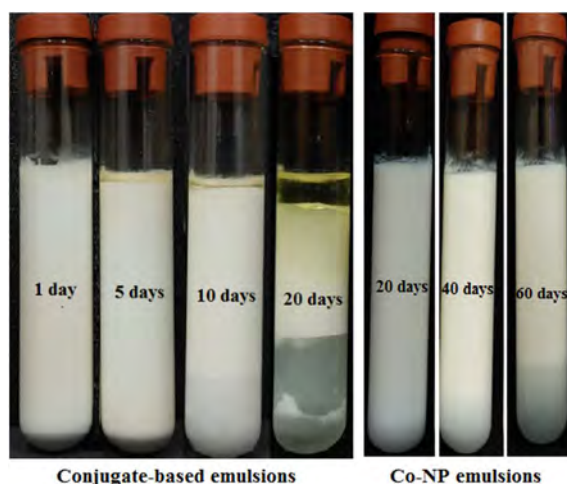
بررسی ویژگی‌های پیکرینگ امولسیون: قبل از ارزیابی قابلیت پایدارکنندگی نانوذرات کنژوگه، توانایی کنژوگه NaCS/SSPS در غلظت ۲ درصد با بیوپلیمرهای NaCS و SSPS در پایدارسازی امولسیون‌های روغن در آب (۲۰/۸۰) مقایسه شد. امولسیون‌های پایدار شده با SSPS به‌تنهایی، حداقل پایداری امولسیون را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده و اندکی بعد از تولید امولسیون به‌طور کامل دو فاز شدند. این درحالی است که امولسیون‌های پایدار شده توسط NaCS پایداری مناسبی را در برابر خامه‌ای شدن طی دوره نگهداری ۱۵ روز در دمای محیط (۰/۳ ± ۸/۲ درصد) و هم‌چنین ۶۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (>۱ درصد) نشان دادند. قابل ذکر است که با کنژوگه شدن NaCS با SSPS توانایی ایجاد امولسیون پایدار افزایش یافته و هیچگونه ناپایداری فیزیکی خامه‌ای شدن در امولسیون‌های پایدار شده با کنژوگه NaCS/SSPS، طی دوره نگهداری در هر دو دما مشاهده نشد. دلیل پایداری بالاتر امولسیون‌های حاوی کنژوگه

NaCS/SSPS در مقایسه با NaCS غیرکنژوگه را می‌توان به حلالیت بالاتر و در نتیجه امکان دسترسی بالاتر آن به سطوح مشترک آب و روغن، افزایش ضخامت آن (به دلیل حضور پلی‌ساکارید) و افزایش جزئی ویسکوزیته فاز پیوسته نسبت داد (۱، ۱۴ و ۳۱). هم‌چنین نتایج مشابهی در این رابطه برای کنژوگه سایر پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها گزارش شده است (۷-۹، ۱۴ و ۱۷). هم‌چنین، قطر متوسط (Z-average) ذرات فاز غیر پیوسته در امولسیون پایدار شده با NaCS و SSPS، در روز اول پس از تولید، به ترتیب حدود ۲۸۰/۳۰ و ۴۵۹/۷۱۵ نانومتر تعیین شد. این ویژگی برای امولسیون‌های پایدار شده با کنژوگه NaCS/SSPS، ۳۶۰/۷۱۳ نانومتر اندازه‌گیری شد. تشکیل قطرات بزرگ‌تر در امولسیون‌های پایدار شده توسط ترکیبات کنژوگه را می‌توان به تغییر ساختار مولکولی پروتئین‌ها در نتیجه وقوع واکنش میلارد نسبت داد. در امولسیون‌های پایدار شده با ترکیبات کنژوگه، مولکول‌های SSPS با قرار گرفتن در

در حالی که استفاده از نانوذرات کنژوگه به عنوان پایدارکننده موجب کاهش قابل توجه خامه‌ای شدن و مانع جدا شدن فاز روغنی حتی پس از ۲۰ روز نگهداری و در نتیجه افزایش قابل توجه پایداری پیکرینگ امولسیون‌های تغلیظ شده، گردید. درصد خامه‌ای شدن در این امولسیون‌ها در روز چهارم نگهداری در دمای محیط ۲۱ درصد و در روز ششم ۲۵ درصد ثبت شد. همچنین، قابل ذکر است که رهاپس روغن در هیچ یک از نمونه‌های پیکرینگ امولسیون پایدار شده با نانوذرات کنژوگه پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای محیط مشاهده نشد. اندازه قطرات فاز پراکنده در روز اول آماده‌سازی،  $4/49 \text{ nm}$   $\pm 1130/32$  برای امولسیون‌های پایدار شده با ترکیبات کنژوگه و  $32/45 \text{ nm} \pm 1355/23$  برای امولسیون‌های پایدار شده با نانوذرات کنژوگه ثبت شد. تفاوت قابلیت پایدارسازی کنژوگه و نانوذرات کنژوگه NaCS/SSPS (در غلظت مشابه) نشان‌دهنده تاثیر قابل توجه کاهش اندازه ذرات کنژوگه و بهبود قابلیت مرطوب‌شوندگی آن‌ها، ناشی از اعمال تیمار فراصوت، بوده که موجب بهبود عملکرد پایدارکنندگی کنژوگه NaCS/SSPS گردیده است.

قسمت خارجی سطح ذره موجب افزایش قطر هیدرودینامیک ذرات می‌گردند (۳۲).

در ادامه، توانایی کنژوگه NaCS/SSPS و نانوذرات حاصل از آن در تولید پیکرینگ امولسیون روغن در آب با حجم بالای فاز درونی (۵۰ درصد) ارزیابی شد. امولسیون‌ها در ابتدا دارای ظاهری هموژن بوده؛ اما به تدریج خامه‌ای شدن در نمونه‌های امولسیون مشاهده شد. بیشترین سرعت ناپایداری خامه‌ای شدن و حتی جدا شدن فاز روغن مربوط به امولسیون‌های پایدار شده با کنژوگه NaCS/SSPS پس از حدود ۷ روز نگهداری در دمای محیط بود. با توجه به نتایج بررسی اولیه ذکر شده در ابتدای این بخش، افزایش جزء حجمی فاز روغنی از ۲۰ به ۵۰ درصد موجب افزایش قابل توجه شاخص خامه‌ای شدن امولسیون‌های پایدار شده با کنژوگه (از ۰ به ۳۳ درصد پس از ۱۰ روز نگهداری در دمای محیط) و کاهش پایداری آن‌ها گردید. همچنین با افزایش مدت‌زمان نگهداری، درصد خامه‌ای شدن به ۴۶ درصد در روز بیستم افزایش یافت و پس از آن نیز سه فاز کاملاً جدا از هم (فاز روغن، فاز خامه‌ای و فاز سرمی) مشاهده شد.



شکل ۵- تصاویر ماکروسکوپی امولسیون‌های پایدار شده با کنژوگه NaCS/SSPS و نانوذرات کنژوگه

Figure 5- Macroscopic images of emulsions stabilized by NaCS/SSPS conjugate and conjugate nanoparticles (Co-NP).

### نتیجه گیری کلی

در این مطالعه، کنژوگه NaCS/SSPS از طریق واکنش میلارد و به روش خشک تولید شد. پایداری حرارتی NaCS و فعالیت امولسیون کنندگی بیوپلیمرها پس از فرایند کنژوگه شدن به طور قابل توجهی بهبود یافت. هم چنین اعمال تیمار فراصوت و تشکیل نانوذرات کنژوگه با کاهش اندازه ذرات و بهبود قابلیت مرطوب شونده آن‌ها، موجب افزایش مقاومت در برابر ناپایداری فیزیکی خامه‌ای شدن و در نتیجه افزایش قابل توجه ویژگی‌های پایدارکنندگی

ترکیبات کنژوگه در امولسیون‌های با درصدهای بالاتر فاز روغن گردید. بهبود ویژگی‌های عملکردی بدست آمده در این مطالعه موجب توسعه کاربرد بیوپلیمرهای NaCS و SSPS به عنوان پایدارکننده‌های طبیعی در محصولات غذایی و موارد مشابه می‌گردد.

### سپاسگزاری

مطالعه حاضر با شماره ۹۷۰۲۵۹۱۶ از سوی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور مورد حمایت قرار گرفته است.

### References

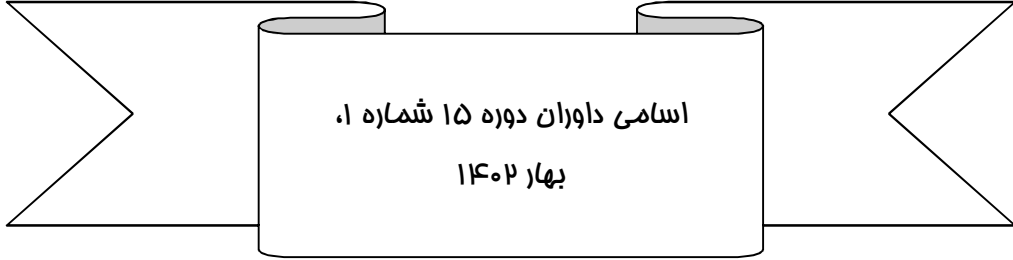
1. Tavasoli, S., Maghsoudlou, Y., Jafari, S.M., and Tabarestani, H.S. 2022. Improving the emulsifying properties of sodium caseinate through conjugation with soybean soluble polysaccharides. *Food Chemistry*. 377: 131987.
2. Zhu, X., Chen, Y., Hu, Y., Han, Y., Xu, J., Zhao, Y., Chen, X., and Li, B. 2021. Tuning the molecular interactions between gliadin and tannic acid to prepare Pickering stabilizers with improved emulsifying properties. *Food Hydrocolloids*. 111: 106179.
3. Shao, P., Zhang, H., Niu, B., and Jin, W. 2018. Physical stabilities of taro starch nanoparticles stabilized Pickering emulsions and the potential application of encapsulated tea polyphenols. *International Journal of Biological Macromolecules*. 118: 2032-2039.
4. Dickinson, E. 2017. Biopolymer-based particles as stabilizing agents for emulsions and foams. *Food Hydrocolloids*. 68: 219-231.
5. Chang, C., Wang, T., Hu, Q., and Luo, Y. 2017. Caseinate-zein-polysaccharide complex nanoparticles as potential oral delivery vehicles for curcumin: Effect of polysaccharide type and chemical cross-linking. *Food Hydrocolloids*. 72: 254-262.
6. De Oliveira, F. C., Coimbra, J. S. D. R., de Oliveira, E. B., Zuñiga, A. D. G., and Rojas, E. E. G. 2016. Food protein-polysaccharide conjugates obtained via the Maillard reaction: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 56(7): 1108-1125.
7. Aminlari, M., Ramezani, R., and Jadidi, F. 2005. Effect of Maillard-based conjugation with dextran on the functional properties of lysozyme and casein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85(15): 2617-2624.
8. Dunlap, C. A., and Côté, G. L. 2005.  $\beta$ -Lactoglobulin-dextran conjugates: effect of polysaccharide size on emulsion stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(2): 419-423.
9. Lee, Y. Y., Tang, T. K., Phuah, E. T., Alitheen, N. B. M., Tan, C. P., and Lai, O. M. 2017. New functionalities of Maillard reaction products as emulsifiers and encapsulating agents, and the processing parameters: a brief review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97(5): 1379-1385.
10. Zhang, Y., Zhou, F., Zhao, M., Lin, L., Ning, Z., and Sun, B. 2018. Soy peptide nanoparticles by ultrasound-induced self-assembly of large peptide aggregates and their role on emulsion stability. *Food Hydrocolloids*. 74: 62-71.
11. Setiowati, A.D., Saeedi, S., Wijaya, W., and Van der Meeren, P. 2017. Improved heat stability of whey protein isolate stabilized emulsions via dry heat treatment of WPI and low methoxyl pectin: Effect of pectin concentration, pH, and ionic strength. *Food Hydrocolloids*. 63: 716-726.

12. Liu, Z., Lin, D., Shen, R., and Yang, X. 2021. Bacterial cellulose nanofibers improved the emulsifying capacity of soy protein isolate as a stabilizer for Pickering high internal-phase emulsions. *Food Hydrocolloids*. 112: 106279.
13. Cardoso, J.C., Albuquerque Jr, R.L.C., Padilha, F.F., Bittencourt, F.O., de Freitas, O., Nunes, P.S., Pereira, N.L., Fonseca, M.J.V., and Araújo, A.A.S. 2011. Effect of the Maillard reaction on properties of casein and casein films. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 104(1): 249-254.
14. Hamdani, A.M., Wani, I.A., Bhat, N.A., and Siddiqi, R.A. 2018. Effect of guar gum conjugation on functional, antioxidant and antimicrobial activity of egg white lysozyme. *Food Chemistry*. 240: 1201-1209.
15. Wang, W.Q., Bao, Y.H., and Chen, Y. 2013. Characteristics and antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products from interactions in a whey protein isolate and sugars system. *Food Chemistry*. 139(1-4): 355-361.
16. Hernández-García, S., Salazar-Montoya, J.A., and Totosaus, A. 2016. Emulsifying properties of food proteins conjugated with glucose or lactose by two methods (spray-drying or freeze-drying). *International Journal of Food Properties*. 19(3): 526-536.
17. Pirestani, S., Nasirpour, A., Keramat, J., and Desobry, S. 2017. Preparation of chemically modified canola protein isolate with gum Arabic by means of Maillard reaction under wet-heating conditions. *Carbohydrate Polymers*. 155: 201-207.
18. Bi, B., Yang, H., Fang, Y., Nishinari, K., and Phillips, G. O. 2017. Characterization and emulsifying properties of  $\beta$ -lactoglobulin-gum Acacia Seyal conjugates prepared via the Maillard reaction. *Food Chemistry*. 214: 614-621.
19. Qin, X.S., Luo, Z.G., and Peng, X.C. 2018. Fabrication and characterization of quinoa protein nanoparticle-stabilized food-grade Pickering emulsions with ultrasound treatment: interfacial adsorption/arrangement properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(17): 4449-4457.
20. Gao, Z. M., Yang, X.Q., Wu, N.N., Wang, L.J., Wang, J. M., Guo, J., and Yin, S.W. 2014. Protein-based Pickering emulsion and oil gel prepared by complexes of zein colloidal particles and stearate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(12): 2672-2678.
21. Gülseren, İ., Güzey, D., Bruce, B. D., and Weiss, J. 2007. Structural and functional changes in ultrasonicated bovine serum albumin solutions. *Ultrasonics Sonochemistry*. 14(2): 173-183.
22. Han, Y.K. 2018. Fabrication and characterization of antioxidant Pickering emulsions stabilized by lysozyme/xanthan gum complex particles. (Doctoral dissertation)
23. Li, Z., Zheng, S., Zhao, C., Liu, M., Zhang, Z., Xu, W., Denglin, L., and Shah, B. R. 2020. Stability, microstructural and rheological properties of Pickering emulsion stabilized by xanthan gum/lysozyme nanoparticles coupled with xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*. 165: 2387-2394.
24. Xu, W., Jin, W., Huang, K., Huang, L. U., Lou, Y., Li, J., Xinfang, L., and Li, B. 2018. Interfacial and emulsion stabilized behavior of lysozyme/xanthan gum nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*. 117: 280-286.
25. Huang, X. N., Zhou, F. Z., Yang, T., Yin, S. W., Tang, C. H., and Yang, X. Q. 2019. Fabrication and characterization of Pickering High Internal Phase Emulsions (HIPes) stabilized by chitosan-caseinophosphopeptides nanocomplexes as oral delivery vehicles. *Food Hydrocolloids*. 93: 34-45.
26. Zou, Y., Yang, X., and Scholten, E. 2019. Tuning particle properties to control rheological behavior of high internal phase emulsion gels stabilized by zein/tannic acid complex particles. *Food Hydrocolloids*. 89: 163-170.
27. Zhou, Y., Sun, S., Bei, W., Zahi, M. R., Yuan, Q., and Liang, H. 2018. Preparation and antimicrobial activity of oregano essential oil Pickering emulsion stabilized by cellulose nanocrystals. *International Journal of Biological Macromolecules*. 112: 7-13.

28. Chen, X., McClements, D. J., Wang, J., Zou, L., Deng, S., Liu, W., Chi, Y., Yuqing, Z., Ce, Ch., and Liu, C. 2018. Coencapsulation of (-)-Epigallocatechin-3-gallate and quercetin in particle-stabilized W/O/W emulsion gels: Controlled release and bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(14): 3691-3699.
29. Zhu, X., Chen, J., Hu, Y., Zhang, N., Fu, Y., and Chen, X. 2021. Tuning complexation of carboxymethyl cellulose/cationic chitosan to stabilize Pickering emulsion for curcumin encapsulation. *Food Hydrocolloids*. 110: 106135.
30. Qin, X. S., Gao, Q. Y., and Luo, Z. G. 2021. Enhancing the storage and gastrointestinal passage viability of probiotic powder (*Lactobacillus Plantarum*) through encapsulation with Pickering high internal phase emulsions stabilized with WPI-EGCG covalent conjugate nanoparticles. *Food Hydrocolloids*. 116: 106658.
31. An, Y., Cui, B., Wang, Y., Jin, W., Geng, X., Yan, X., and Li, B. 2014. Functional properties of ovalbumin glycosylated with carboxymethyl cellulose of different substitution degree. *Food Hydrocolloids*. 40: 1-8.
32. Consoli, L., Dias, R.A., Rabelo, R.S., Furtado, G.F., Sussulini, A., Cunha, R.L., and Hubinger, M.D. 2018. Sodium caseinate-corn starch hydrolysates conjugates obtained through the Maillard reaction as stabilizing agents in resveratrol-loaded emulsions. *Food Hydrocolloids*. 84: 458-472.







عربشاهی دلویی، سعیده

محمدپور کاریزکی، وحید

محمودی، ماندانا،

مشاک، زهره

مقصودلو، عاطفه

مویدی، علی

مهاجر خراسانی، سیما

یاورمنش، مسعود

اعلمی، مهران

حسینی، حامد

حیدری، فاطمه

دعوتی، نفیسه

رحمانی، فاطمه

رفتنی امیری، زینب

زارعی، زهرا

شهرام پور، دینا

صباغی، حسن



## راهنمای نگارش مقاله نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی

نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی مقالات تحقیقی و مروری در زمینه های میکروبیولوژی مواد غذایی، فناوری، تولید و نوآوری های محصولات غذایی، غذاهای فراسودمند، فرآوری مواد غذایی و محصولات کشاورزی (با منشاء گیاهی، دامی و دریایی)، ضایعات و پسماند مواد غذایی، سم شناسی مواد غذایی و آلاینده ها، ایمنی و کیفیت مواد غذایی، نانو و بیوتکنولوژی مواد غذایی، بسته بندی و ماندگاری مواد غذایی، مهندسی صنایع غذایی و علوم وابسته به آن را می پذیرد. مقاله ای برای چاپ پذیرفته خواهد شد که متن کامل آن قبلاً در هیچ نشریه ای منتشر و نیز برای چاپ به سایر نشریات ارائه نگردیده باشد. مقالات ارسالی می توانند به زبان فارسی و یا انگلیسی (با شرایط خاص) باشد، ولی چکیده باید به هر دو زبان تهیه شود. در مقالاتی که دارای چند مؤلف هستند، ترتیب اسامی و حقوق مولفین بر عهده ارسال کننده مقاله خواهد بود. مسئولیت هر مقاله از نظر علمی بر عهده نویسنده (گان) خواهد بود. نشریه در رد یا قبول و حک و اصلاح مقالات آزاد است.

مقاله تحقیقی، مقاله ای است حاصل تحقیق و مستند به نتایج پژوهش های انفرادی یا جمعی، مقاله مروری شامل ارزیابی و نقد نوشته هایی می باشد که در نشریات و کتب مختلف علمی در همان زمینه به چاپ رسیده است. در این نوع مقالات، نویسندگان کارهای پژوهشی گذشته را جهت روشن شدن وضعیت فعلی مسئله، طرح و مورد بررسی قرار می دهد و بعد ارتباطات، تناقض ها و محدودیت های موجود را بیان نموده و سرانجام پیشنهادات خود را ارائه می نماید. مقالات ترجمه شده فقط در صورتی پذیرفته می شوند که حاوی روش یا مسئله علمی بسیار مهمی باشد. هر مقاله تحقیقی باید دارای عنوان، چکیده فارسی، واژه های کلیدی به فارسی، مقدمه، مواد و روش ها، نتایج و بحث، منابع، چکیده انگلیسی و واژه های کلیدی به انگلیسی باشد و اصول زیر در آن رعایت شود:

۱) عنوان مقاله باید کوتاه و گویا باشد و از ۱۵ واژه تجاوز نکند.

۲) هر مقاله باید دارای یک فایل حاوی مشخصات مقاله شامل نام و نام خانوادگی نویسنده (گان)، مرتبه علمی و نشانی به هر دو زبان فارسی و انگلیسی، شماره تلفن و فاکس و پست الکترونیکی باشد.

۳) چکیده فارسی باید به صورت مبسوط شامل سابقه و هدف، مواد و روش ها، یافته ها و نتیجه گیری باشد و تمام آن در یک صفحه A4 (حداقل ۴۰۰ و حداکثر ۶۰۰ کلمه با فاصله خطوط یک) باشد (فرمت زیر).

چکیده

سابقه و هدف: (B lotus, font size 11)

مواد و روش ها: (B lotus, font size 11)

یافته ها: (B lotus, font size 11)

نتیجه گیری: (B lotus, font size 11)

واژه های کلیدی: (B lotus, font size 11)

چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی و به صورت مبسوط (extended abstract) و در پایان مقاله بعد از منابع با فاصله خطوط یک لحاظ گردد و شامل:

**(Background and objectives; Materials and methods; Results; Conclusion)**

باشد (فرمت زیر).

**(Title: Times New Romans Font 12 Bold Center)**

**Abstract**

**Background and objectives:** Times New Roman (font size: 11)

**Materials and methods:** Times New Roman (font size: 11)

**Results:** Times New Roman (font size: 11)

**Conclusion:** Times New Roman (font size: 11)

**Keywords:** Times New Roman (font size: 11)

۴) واژه‌های کلیدی در ۳ تا ۵ واژه بلافاصله بعد از چکیده‌های فارسی و انگلیسی آورده شود.

۵) مقدمه باید شامل طرح مسئله، سوابق کار و توجیه اهمیت تحقیق باشد. اهداف مطالعه به‌طور شفاف در انتهای مقدمه ذکر گردد.

۶) مواد و روش‌ها شامل وسائل کار، طرح آماری، نحوه داده‌سازی و شیوه اجرای پژوهش باید مشخص و روشن بیان شود.

۷) نتایج و بحث شامل درج یافته‌های تحقیق، بحث مستدل (با مرجع) و نتیجه‌گیری خواهد بود. نتایج و بحث با هم تدوین گردد. شکل‌ها و جدول‌ها در نتایج و بحث نباید دارای اطلاعات مشابه یا تکراری باشند، داده‌های جدول نباید به‌صورت منحنی یا نمودار (به‌استثنای نقشه) تکرار شوند.

۸) نتیجه‌گیری کلی: نتیجه کلی مهمترین یافته تحقیق در یک پاراگراف آورده شود.

۹) در صورت ضرورت، تشکر و قدردانی از موسسات و افراد زیر عنوان "سپاسگزاری" قبل از منابع آورده شود.

۱۰) کل منابع به زبان انگلیسی و به‌ترتیب حروف الفبا نام‌خانوادگی نویسندگان و نام سازمان‌ها است. از ارجاع منابع با عنوان "بی‌نام" خودداری شود.

۱۱) منبع مورد استفاده ممکن است کتاب، مقاله و یا نشریه باشد. در مورد کتاب باید نام نویسنده (گان)، سال انتشار، عنوان کتاب، ناشر و محل انتشار و تعداد کل صفحات آورده شود.

الف) کتاب تالیف شده در ایران:

1. Parsapajouh, D. 1994. Wood technology. TehranUniv. Press, 404p. (In Persian)

ب) کتاب به لاتین (رجوع به کل صفحه)

1. Holik, H. 2006. Handbook of paper and board. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 506p.

ج) کتاب به لاتین (صفحه‌های مورد استفاده)

1. Nyland, R.D. 1996. Silviculture, Concepts and applications. Mc Graw-Hill international edition, New York, Pp: 501-553.

۱۲) برای مقالاتی که فصلی از یک کتاب با نویسنده (گان) مجزا هستند (مانند مقاله در همایش‌ها)، این موارد شامل نام نویسنده (گان)، سال انتشار، عنوان مقاله، شماره صفحات، نام نویسنده (گان) (ادیتورها) کتاب، نام کتاب، ناشر و محل انتشار است.

1. Yang, C. and Tao, V. 2005. Distributed geospatial information service. P 113-130, In: S. Rana and J. Sharma (eds), Frontiers of geographic information technology, Springer, London.

۱۳) طرز نگارش منابع فارسی مقاله به انگلیسی باید شامل نام نویسنده (گان)، سال انتشار، عنوان مقاله، نام نشریه کامل یا به اختصار، جلد (شماره) نشریه و شماره صفحات مقاله باشد. مثال:

1. Mohamadi, J. and Shataee, Sh. 2009. Sensitivity Evaluation of spectral vegetation indices using sensitivity functions for stand volume estimation. Gorgan, J. of Wood and Forest Science and Technology. 16: 2.101-120. (In Persian)

مقاله لاتین:

1. Pere, J., Siika-aho, M., and Viikari, L. 1995. Effects of purified Trichoderma cellulosae cellulose on the fiber properties of kraft pulp. Tappi J. 78: 6.71-78.

۱۴) اگر منبع نشریه چاپ شده با نام یک موسسه است، باید شامل نام موسسه، سال انتشار، عنوان نشریه و محل انتشار باشد. برای سایر موارد به آخرین شماره رجوع شود.

۱۵) ارجاع به منابع در متن:

الف: هنگامی که نام نویسندگان در متن آورده می‌شود لازم است نام خانوادگی نویسنده و سال انتشار منبع به میلادی نوشته شود و در انتهای جمله نیز شماره منبع قید گردد (مطابق نمونه زیر). اگر تعداد نویسندگان بیش از دو نفر باشد، به ذکر نام خانوادگی نویسنده اول و سپس " و همکاران (سال میلادی)" اکتفا شود.

"رتس و توروک (۲۰۰۳) رابطه بخش‌های کشاورزی و صنعت در برخی کشورهای آفریقایی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آنها با بررسی تبعیض بین کشاورزی و صنعت نشان دادند که تبعیض علیه کشاورزی ممکن است نرخ رشد اقتصادی را کاهش دهد و مزیت‌های تکنولوژیکی صنعت را از بین ببرد (۸)".

ب: هنگامی که نیازی به آوردن نام نویسندگان در متن نباشد تنها در انتهای جمله شماره منبع قید گردد (مطابق نمونه زیر).

"بخش خدمات، اثرات متقابل زیادی با دیگر بخش‌ها دارد به طوری که براساس مدل‌های شبیه‌سازی شده سهم خالص بخش کشاورزی و صنعت در افزایش تولید ناخالص داخلی از طریق بخش خدمات به ترتیب ۶ و ۲۲ درصد است (۵)".

۱۶) منابع فارسی ترجمه شده از زبان‌های خارجی باید با نام مترجم ارجاع گردد و بعد از عنوان کتاب، یا مقاله، واژه "ترجمه" داخل پرانتز درج می‌گردد. مثال:

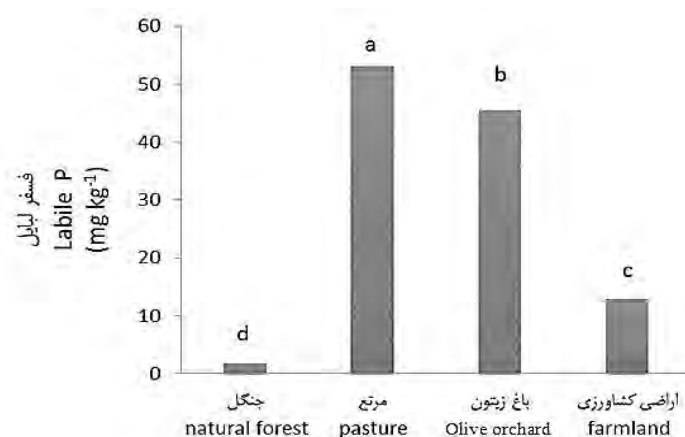
1. Farabi, H. 2000. Manual on acute forest damage. Gorgan Univ. of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. 140p. (Translated in Persian)

۱۷) از به‌کاربردن کلمات خارجی غیر از اسامی علمی در متن خودداری و در صورت نبودن معادل فارسی فراگیر، آنها را به فارسی نوشته و اصل کلمه با ذکر شماره‌های بدون پرانتز در قسمت بالا و در سمت چپ کلمه، به زیرنویس در همان صفحه ارجاع داده شود.

۱۸) اسامی علمی (جنس و گونه، گیاهان، جانوران) در تمام مقاله با حروف ایتالیک یا مورب تایپ شوند و نام مصنف برای اولین بار و در جلوی آن در داخل پرانتز نوشته شود.

۱۹) عنوان و اطلاعات هر یک از شکل‌ها و جدول‌ها به دو صورت فارسی و انگلیسی نوشته شوند. عناوین جدول‌ها در بالا و عناوین شکل‌ها در زیر با فرمت وسط‌چین نوشته شود. از کشیدن هر گونه خط عمودی در جدول خودداری شود. در جدول‌ها و شکل‌ها، واحدهای ویژگی‌های مورد مطالعه در سیستم بین‌المللی (SI)

و در داخل پرانتز و به انگلیسی نوشته شود مثل (%،  $\text{mm day}^{-1}$ )،  $(\text{mg L}^{-1})$  و  $(\text{mg kg}^{-1})$ . از اعداد انگلیسی در محورهای افقی و عمودی در شکل‌ها استفاده شود. از به‌کار بردن عنوان‌هایی مانند نمودار، عکس و نقشه، خودداری و آنها با عنوان "شکل" درج شوند. (مانند مثال زیر).



شکل ۴- اثر تغییر کاربری اراضی بر غلظت فسفر لیابل -  
Figure 4- Effect of land use change on labile P.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه .

Table 1- Selected physical and chemical characteristics of the studied soils .

CEC ( $\text{cmolc kg}^{-1}$ )	کربنات کلسیم معادل (%) Calcium carbonate equivalent (%)	کربن آلی (%) Organic carbon (%)	EC( $\text{dSm}^{-1}$ )	pH(1:2)	بافت خاک Soil texture	نام کاربری Land use
18.83	5.31	1.58	0.36	7.27	لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)	جنگل طبیعی (natural forest)
13.70	15.43	0.88	0.34	7.32	لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)	مرتع (pasture)
13.55	13.28	0.76	0.60	7.31	لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)	باغ زیتون (olive orchard)
12.30	13.53	0.73	0.40	7.16	لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)	زمین کشاورزی (farmland)

۲۰) متن مقاله باید به صورت تک ستونی با فاصله خطوط ۱/۵ و با رعایت حاشیه ۲/۵ سانتی‌متر از لبه‌ها، تایپ شده باشد و حداکثر در ۱۵ صفحه و با نیم سانتی‌متر تورفتگی در شروع پاراگراف‌ها باشد و از طریق پورتال نشریه ارسال شود. تایپ مقالات در نرم‌افزار Word 2010 یا نسخه‌های بالاتر میکروسافت توصیه می‌شود.

لطفاً جداول و تصاویر را نیز در متن مقاله بیاورید و نیاز به بارگذاری فایل مجزا نمی‌باشد. هر جدول یا شکل بلافاصله پس از ارجاع به آن در متن، آورده شود.  
اندازه قلم بخش‌های مختلف مقاله به صورت زیر است:  
چکیده فارسی و انگلیسی: B lotus و Times New Romans با اندازه ۱۱  
متن مقاله: قلم B Lotus و با اندازه ۱۲  
عنوان مقاله: B Titr پررنگ (Bold) و با اندازه ۱۲

- عنوان های فرعی: B Mitra پررنگ (Bold) و با اندازه ۱۲
- عنوان جدول ها و شکل ها: B lotus پررنگ (Bold) و با اندازه ۱۰
- کلمه ها داخل جدول ها و پاورقی: B lotus و با اندازه ۱۰
- اعداد داخل جدول ها: Times New Roman و با اندازه ۱۰
- منابع: Times New Roman و با اندازه ۱۱
- (۲۱) ممکن است برای چاپ، شکل ها کوچکتر شوند، بنابراین نوشته ها و اعداد روی شکل ها باید درشت و کاملاً خوانا باشد.
- (۲۲) عکس ها باید دارای مقیاس باشند و در صورت اقتباس از منبع دیگر باید ذکر گردد.
- (۲۳) **مسئول مکاتبه** هر مقاله لازم است توسط نویسندگان مقاله قبل از ارسال مشخص گردد. لذا هر گونه مسئولیتی در رابطه با مقاله مربوط به شخص مکاتبه کننده است.
- (۲۴) دانشجویان دوره کارشناسی ارشد و دکترا لازم است قبل از ارسال مقاله هماهنگی و **مشاوره لازم** در خصوص مقاله را با استاد راهنما حتماً به عمل آورند.
- (۲۵) این نشریه همچنین گزارش های کوتاه علمی و فنی که **تاکنون چاپ نشده** را پس از اعلام نظر داور تخصصی و تایید هیات تحریریه به عنوان **Technical report** و یادداشت های کوتاه علمی جهت چاپ پذیرش می نماید. این قبیل گزارش ها در ۳ تا ۵ صفحه قابل چاپ خواهد بود (به همراه عنوان چکیده ها و منابع علمی)، در ضمن ساختار کلی گزارش های کوتاه علمی همانند یک مقاله کامل می باشد.

## Contents

<b>Investigation of Physicochemical and Sensory properties of Functional Dairy Drink Dessert of Cantaloupe Containing <i>Moringa oleifera</i> and <i>Spirulina platensis</i></b> Hanane Ahmadiyan, Zahra Beig Mohammadi, Mostafa Soltani .....	1
<b>Feasibility of Using Sodium Alginate Gel to Increase the Shelf Life of Top Strudel</b> Majid Nooshkam, Alireza Rahmanian, Seyed Ali Khoshbakht, Sara Hosseinpour, Ozra Velayati .....	23
<b>Quality evaluation of some fish sold in Chabahar fish market</b> Yaser Sajedinia, Seraj Bitra, Salim Sharifiyan .....	43
<b>Characterization of physicochemical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin edible films containing oregano essence</b> Parya Miri, Mohammadyar Hosseini, Tayeb Saifi .....	57
<b>The Role of Postbiotics in Food Safety Promotion</b> Amin Abbasi, Kimia Dehghan Sanej, Alireza Mohammadi, Samaneh Moradi, Bentolhosna Dehghan Nayeri, Sara Bazzaz, Hedayat Hosseini .....	75
<b>Fabrication of stable Pickering emulsion using hybrid particles comprised of biopolymers</b> Sedighe Tavasoli, Yahya Maghsoudlou, Seid Mahdi Jafari, Hoda Shahiri Tabarestani .....	109







Iranian Association of Food Scientists  
and Technologists



Gorgan University of Agricultural Sciences  
and Natural Resources

# Food Processing and Preservation Journal

ISSN: Print: 2423-3544  
Online: 2423-3803

## Contents

- Investigation of Physicochemical and Sensory properties of Functional Dairy Drink Dessert of Cantaloupe Containing *Moringa oleifera* and *Spirulina platensis***  
Hanane Ahmadiyan, Zahra Beig Mohammadi, Mostafa Soltani ..... 1
- Feasibility of Using Sodium Alginate Gel to Increase the Shelf Life of Top Strudel**  
Majid Nooshkam, Alireza Rahmanian, Seyed Ali Khoshbakht, Sara Hosseinpour, Ozra Velayati ..... 23
- Quality evaluation of some fish sold in Chabahar fish market**  
Yaser Sajedinia, Seraj Bita, Salim Sharifiyan ..... 43
- Characterization of physicochemical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin edible films containing oregano essence**  
Parya Miri, Mohammadyar Hosseini, Tayeb Saifi ..... 57
- The Role of Postbiotics in Food Safety Promotion**  
Amin Abbasi, Kimia Dehghan Sanej, Alireza Mohammadi, Samaneh Moradi, Bentolhosna Dehghan Nayeri, Sara Bazzaz, Hedayat Hosseini ..... 75
- Fabrication of stable Pickering emulsion using hybrid particles comprised of biopolymers**  
Sedighe Tavasoli, Yahya Maghsoudlou, Seid Mahdi Jafari, Hoda Shahiri Tabarestani ..... 109