مقاله علمی - پژوهشی:

اثر فرمولاسیون و غلظت‌های مختلف پلی ساکارید الوان از جلبک *Ulva rigida* بر ویژگی‌های سوسیس مرغ

مهدی آل‌بوفتیله*[۱و۲]، سمیرا جدی[۱ و ۲]، فاطمه نوغانی[۲]، صغری کمالی[۲]

*alboofetileh@areeo.ac.ir

۱- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

۲- مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۳

چکیده

هدف از مطالعه حاضر تولید سوسیس مرغ غنی شده با پلی ساکارید الوان استخراج شده از جلبک دریایی *Ulva rigida* و ارزیابی ویژگی‌های مختلف آن بود. بدین منظور ابتدا فرمولاسیون‌های مختلفی (۴ فرمولاسیون) برای تولید سوسیس مرغ استفاده شد. از بین این تیمارها، تیمار منتخب با استفاده از ویژگی‌های حسی تعیین گردید. نتایج ارزیابی‌های حسی این مرحله نشان داد که از بین فرمولاسیون‌های مختلف سوسیس، فرمولاسیون ۴ که حاوی ۵۵ درصد گوشت مرغ، ۴ درصد نشاسته ذرت، ۲ درصد ایزوله پروتئینی سویا، ۱ درصد پودر تخم مرغ، ۰/۵ درصد سیر، ۹ درصد روغن گیاهی و ۲۴/۳۸ درصد پودر یخ بود، دارای بالاترین امتیازات حسی نسبت به بقیه فرمولاسیون‌ها بود. در ادامه، غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پلی ساکارید الوان استخراج شده به تیمار سوسیس منتخب، اضافه شده و ویژگی‌های حسی سوسیس‌ها مجدداً ارزیابی شد. نتایج ارزیابی حسی این مرحله نشان داد که سوسیس مرغ حاوی غلظت ۰/۵ درصد پلی ساکارید الوان، امتیازات حسی بیشتری نسبت به سوسیس‌های حاوی غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد این پلی ساکارید کسب کرد. بنابراین، این تیمار به عنوان تیمار نهایی انتخاب و ویژگی‌های مختلف آن از قبیل افت پخت، محتوی رطوبت، ویژگی‌های شیمیایی، بافتی، میکروبی و رنگ، سنجش شده و با نتایج تیمار سوسیس مرغ شاهد مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تیمار غنی شده دارای افت پخت و مقادیر پراکسید، TBA، TVB-N و بار باکتریایی کل کمتری نسبت به سوسیس‌های شاهد بود. مقادیر سختی و فنریت به‌ترتیب در سوسیس‌های غنی شده نسبت به سوسیس‌های شاهد، افزایش و کاهش یافتند. شاخص‌های رنگی (L^*، a^* و b^*) نیز در تیمار غنی شده نسبت به تیمار شاهد، کاهش یافتند. در مجموع، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عنوان نمود که سوسیس مرغ حاوی پلی ساکارید الوان استخراج شده از جلبک *U. rigida* به میزان ۰/۵ درصد دارای ویژگی‌های کیفی مناسبی است.

لغات کلیدی: جلبک‌های سبز، پلی ساکاریدهای زیست فعال، غنی سازی، فرآورده‌های گوشتی

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

مقدمه

امروزه به دلیل صنعتی شدن جوامع انسانی و کمبود وقت برای پخت و پز، مصرف غذاهای آماده طبخ و آماده مصرف، به طور چشمگیری افزایش یافته است. فرآورده‌های گوشتی نظیر همبرگر، سوسیس و کالباس از محبوب‌ترین این غذاها به‌شمار می‌آیند. در همین زمینه، تاکنون بیشتر محصولات گوشتی فرآوری و عرضه شده در کشور نیز بر پایه گوشت‌های قرمز و گوشت مرغ هستند. به طور کلی، گوشت قرمز، مرغ و محصولات فرآوری شده آنها به عنوان منابع مهم عناصر غذایی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و سایر مواد مغذی محسوب می‌شوند. اما این محصولات از نظر اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب ضروری، فیبرهای غذایی، ترکیبات ضداکسایشی و سایر اجزاء عملکردی/زیست فعال، فقیر هستند (Ghafouri-Oskuei *et al.*, 2020). مصرف بالای محصولات فرآوری شده گوشتی با توجه به محتوی بالای چربی آنها، می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های مختلفی به‌ویژه بیماری‌های قلبی-عروقی و چاقی در مصرف‌کنندگان گردد (Desmond, 2006). از این‌رو، در سال‌های اخیر مصرف‌کنندگان، محصولات غذایی سالم‌تر و با استفاده حداقلی از ترکیبات نگهدارنده شیمیایی را ترجیح می‌دهند. بر این اساس جستجو برای ترکیبات زیست فعال طبیعی با ویژگی‌های نگهدارندگی در سال‌های اخیر، توجه فزاینده‌ای را به‌خود جلب کرده است. بنابراین، مفهوم جدیدی تحت عنوان غذاهای فراسودمند ابداع گردید. طبق تعریف غذاهای فراسودمند غذاهایی هستند که علاوه بر خواص تغذیه‌ای متعارف، دارای ویژگی سلامت‌بخش برای مصرف‌کننده بوده و در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن تاثیرگذار هستند (Jimenez-Colmenero *et al.*, 2001). ترکیبات زیست فعال می‌توانند از منابع مختلفی همچون قسمت‌های مختلف گیاهان و جانوران خشکی‌زی و دریایی استخراج شوند.

محیط‌های دریایی با توجه به وسعت زیاد و تنوع موجودات آبزی می‌توانند منبع بسیار مهمی برای استخراج ترکیبات زیست فعال باشند. اما تاکنون مطالعات صورت پذیرفته در این حوزه نسبت به محیط‌های خشکی کمتر بوده است. از بین زیستمندان دریایی، جلبک‌ها یکی از غنی‌ترین منابع ترکیبات زیست فعال به‌شمار می‌آیند. جلبک‌های دریایی ۸۵ درصد از کل تولید جهانی گیاهان آبزی را تشکیل می‌دهند به همین دلیل به منزله یکی از بزرگترین تولید کنندگان دریا محسوب می‌شوند (Meillisa *et al.*, 2015). از نظر تغذیه‌ای جلبک‌ها غذاهایی کم کالری، همراه با مقادیر بالای مواد معدنی، فیبرهای غذایی، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها، رنگدانه‌ها و پلی فنول‌ها هستند. علاوه‌براین، جلبک‌ها از قابلیت پرورش آسان، رشد سریع و امکان تولید برخی متابولیت‌های خاص از طریق دستکاری در محیط کشت نیز برخوردارند (Kuda *et al.*, 2002). بنابراین، جلبک‌ها و ترکیبات حاصل از آنها علاوه بر استفاده‌های غذایی، کاربردهای فراوانی در صنایع کاغذ سازی، نساجی، رنگ سازی، تهیه فیلم‌های عکاسی، لوازم آرایشی-بهداشتی، علوم پزشکی، داروسازی، دندانپزشکی، تهیه محیط‌های کشت میکروبی، تهیه قرص‌ها، شربت‌های دارویی و قالب‌های اولیه دندان دارند (Polat *et al.*, 2023).

به طور کلی، جلبک‌ها حاوی ترکیبات زیست‌فعال متعددی از قبیل پلی‌ساکاریدها هستند (Kadam *et al.*, 2015). پلی‌ساکاریدها به میزان زیادی در دیواره سلولی جلبک‌ها یافت می‌شوند. نخستین پلی‌ساکاریدهایی که از جلبک‌ها استخراج شدند شامل آگار، آلژینات و کارژینان هستند که امروزه به طور گسترده در محصولات غذایی به عنوان پایدارکننده، قوام دهنده، امولسیفایر و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند (Rajapakse and Kim, 2011).

دسته دیگری از پلی‌ساکاریدها، پلی‌ساکاریدهای سولفاته هستند که تاکنون از موجودات مختلفی همچون جلبک‌های قهوه‌ای، جلبک‌های قرمز، جلبک‌های سبز، خیارهای دریایی، پوست ماهیان و صدف‌های دوکفه‌ای استخراج شده‌اند. ساختار شیمیایی پلی‌ساکاریدها با توجه به نوع گونه، تفاوت‌هایی با هم داشته و هر یک از گونه‌ها پلی‌ساکاریدهای مخصوص به‌خود دارند. تفاوت در ساختار پلی‌ساکاریدها در نهایت می‌تواند باعث تفاوت در میزان فعالیت زیست‌فعالی و عملکردی آنها گردد (Mulloy, 2005).

پلی‌ساکاریدهای سولفاته استخراج شده از ماکروجلبک‌های سبز تحت عنوان الوان نامگذاری می‌شوند. مطالعات پیشین

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

بیانگر این است که پلی‌ساکاریدهای سولفاته الوان نیز دارای ویژگی‌های فعالیت‌های زیست‌فعالی متعددی از قبیل خواص ضداکسایشی، ضدباکتریایی، ضدویروسی، ضدتوموری، ضدانعقادی، تنظیم سیستم ایمنی و پری بیوتیک هستند. علاوه بر ویژگی‌های زیست فعالی، این پلی‌ساکاریدها دارای ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی، کف‌کنندگی، جذب آب و جذب روغن نیز هستند (Kazemi *et al.*, 2023). از این‌رو، این ترکیب پتانسیل بالائی برای استفاده در محصولات غذایی، داروئی و آرایشی-بهداشتی به عنوان جزء عملگرا دارد. با این‌حال، استفاده از این پلی‌ساکارید در فرمولاسیون محصولات غذایی محدود است. بر این اساس هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر فرمولاسیون‌های مختلف و غلظت‌های مختلف پلی‌ساکارید الوان استخراج شده از جلبک *Ulva rigida* بر ویژگی‌های سوسیس مرغ بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و آماده‌سازی جلبک

نمونه‌های جلبک سبز گونه *U. rigida* از منطقه ساحلی شهرستان چابهار واقع در استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شدند. نمونه‌های جلبک برداشت شده ابتدا با آب دریا شستشو داده شده، گل و لای و اپی‌فیت‌های متصل به آنها جدا گردید. سپس نمونه‌ها با استفاده از آب شیرین شستشو داده شدند تا این‌که نمک متصل به آنها نیز حذف گردد. در ادامه نمونه‌های جلبک ابتدا در سایه و دمای محیط به مدت ۳ روز و سپس در آون و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک روز خشک شدند. بعد از خشک شدن، نمونه‌ها با استفاده از آسیاب خانگی پودر شده و تا زمان استخراج پلی‌ساکاریدها در فریزر (۱۸- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند.

پیش تیمار جلبک‌ها

قبل از استخراج پلی ساکارید، لازم است که رنگدانه‌ها و چربی‌های جلبک‌ها حذف گردد. بدین منظور ابتدا جلبک های خشک شده به اتانول ۸۵ درصد به نسبت ۱ به ۱۰ (گرم به میلی لیتر) اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط روی همزن مکانیکی قرار داده شدند. طی این مدت به منظور رنگبری بهتر، حلال چند مرتبه تعویض گردید. بعد از اتمام رنگبری با اتانول، فاز جامد از فاز مایع جدا شده و با استون شستشو داده شد. در انتها جلبک‌های رنگبری شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط زیر هود لامینار قرار داده شدند تا حلال آنها خارج و خشک شوند (Alboofetileh *et al.*, 2022).

استخراج پلی‌ساکارید الوان

نمونه‌های جلبک پیش تیمار شده با آب مقطر به نسبت ۱ به ۳۰ (گرم به میلی لیتر) مخلوط و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت روی همزن مکانیکی قرار داده شدند. بعد از این زمان، فاز مایع با استفاده از فیلتراسیون و سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه) جمع‌آوری شده و توسط دستگاه روتاری تغلیظ گردید. جهت بازیابی پلی‌ساکاریدهای سولفاته، سه برابر حجم مایع تغلیظ شده به آن اتانول سرد اضافه شده و مخلوط حاصل به مدت یک شبانه‌روز در یخچال قرار داده شد. در ادامه نمونه‌های پلی‌ساکاریدهای رسوب یافته که به شکل رشته‌ای بودند ابتدا با استفاده از دستگاه مخلوط‌کن، هموژن شده و سپس با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه) بازیابی شدند. نمونه‌های بازیابی شده چندین مرتبه به‌ترتیب با اتانول و استون شستشو شدند. پلی‌ساکاریدهای استخراجی به مدت یک شبانه روز در زیر هود خشک شدند. در پایان پلی ساکاریدهای خشک شده با استفاده از آسیاب برقی پودر شده و تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Rahimi *et al.*, 2016).

تهیه سوسیس

گوشت تازه مرغ بدون چربی و پوست از مراکز تهیه مواد پروتئینی تهیه شده و برای تهیه سوسیس استفاده شد. برای تهیه سوسیس‌های شاهد و غنی شده با پلی‌ساکارید الوان از فرمولاسیون‌های مختلفی (جداول ۱ و ۲) استفاده شد. برای این منظور تمامی مواد در یک غذاساز خانگی ریخته و به مدت ۳ دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند. در ادامه سوسیس‌ها به صورت دستی در پوشش‌های پلاستیکی با قطر ۲ سانتی‌متر پر شدند. برای پخت سوسیس‌ها، از دمای ۹۰

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت استفاده شد تا این‌که دمای مرکز سوسیس به ۷۲ درجه سانتی‌گراد برسد. نمونه‌ها پس از پخت به مدت نیم ساعت در حمام آب/یخ سرد شدند (Luo *et al.*, 2017). سوسیس‌های تهیه شده از نظر ویژگی‌های حسی ارزیابی شدند. براساس نتایج ارزیابی حسی مقدماتی، از بین فرمولاسیون‌های مختلف سوسیس مرغ، فرمولاسیون ۴ بیشترین امتیازات حسی را کسب کرد. از بین غلظت‌های مختلف پلی‌ساکارید، نیز غلظت ۰/۵ درصد در فرمولاسیون سوسیس مرغ از نظر ویژگی‌های حسی پذیرفته شده و به عنوان تیمار منتخب نهایی تعیین شد. تیمارهای شاهد و منتخب بعد از تهیه به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال، نگهداری شده و سپس ویژگی‌های مختلف آنها شامل موارد ذیل سنجش شدند.

جدول ۱: فرمولاسیون‌ها و غلظت‌های پلی ساکارید الوان از جلبک *Ulva rigida* استفاده شده برای تهیه سوسیس مرغ. اعداد به صورت درصد هستند.

Table 1: The used formulations and concentrations of Ulvan polysaccharides from *Ulva rigida* for preparing the chicken sausage. The numbers are shown as %.

	Sausage formulation			
	Formulation 1	**Formulation 2**	**Formulation 3**	**Formulation 4**
Chicken meat	60	60	55	55
Corn starch	6	5.5	5	4
Soy protein isolate	6	5	4	2
Egg powder	2	2	1.5	1
Vegetable oil	10	10	10	9
Mix of spices*	1.5	1.5	1.5	1.5
Ice powder	10.38	12.38	19.63	24.38
Sugar	1	1	1	1
Frozen garlic	1.5	1	0.75	0.5
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5
Ascorbic acid	0.1	0.1	0.1	0.1
Sodium nitrite	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	100	100	100	100
	Formulation 4 fortified with			
Uvan concentration (%)	0.5	1	1.5	

* The composition of the spice blend is shown in Table 2.

جدول ۲: ادویه‌های مورد استفاده در فرمولاسیون‌های مختلف سوسیس مرغ

Table 2: Spices used in various chicken sausage formulations

The spice used	**Concentration (%)**
Red pepper	0.4
Black pepper	B
Cumin	0.15
Cinnamon	0.1
Ginger	0.075
Cardamom	0.1
Cloves	0.05
Garlic powder	0.125
Paprika	0.1
Thyme	0.1
Total	**1.5**

افت پخت

اندازه‌گیری افت پخت نمونه‌های سوسیس با استفاده از فرمول ذیل محاسبه شد:

$$\text{افت پخت (درصد)} = \frac{\text{وزن سوسیس پخته شده} - \text{وزن سوسیس خام}}{\text{وزن سوسیس خام}} \times ۱۰۰$$

محتوی رطوبت

ابتدا قطعات ۲×۲ سانتی‌متری از نمونه‌های سوسیس جدا شده و وزن آنها قبل و بعد از قرار گرفتن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. محتوی رطوبت نمونه‌ها بر اساس فرمول ذیل محاسبه گردید:

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

$$\text{رطوبت (درصد)} = \frac{\text{وزن سوسیس بعد از خشک شدن} - \text{وزن سوسیس قبل از خشک شدن}}{\text{وزن سوسیس قبل از خشک شدن}} \times ۱۰۰$$

پراکسید

۵۰ گرم نمونه‌های سوسیس تولیدی در ظروف شیشه‌ای ۵۰۰ میلی لیتری ریخته و حدود ۲۵ میلی لیتر از محلول اسیداستیک کلروفرمی به محتویات ظروف اضافه گردید. سپس ۰/۵ میلی لیتر از محلول یدور-پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه افزوده و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات-سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید (Jannat-Alipour *et al.*, 2019) میزان پراکسید بر اساس معادله ذیل محاسبه شد:

$$\text{پراکسید} = \frac{\text{وزن روغن نمونه}}{\text{حجم تیوسولفات سدیم مصرفی}} \times \text{نرمالیته} \times ۱۰۰۰$$

تیوباربیتوریک اسید (TBA)

اندازه‌گیری TBA مطابق روش Jannat-Alipour و همکاران (۲۰۱۹) صورت گرفت. مقدار ۱۰ گرم از نمونه هموژن شده سوسیس‌های تولیدی به یک بالن انتقال و سپس ۱- بوتانل به آن اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شد. عمل تقطیر تا گذشت ۴۵ دقیقه از زمان جوشش مواد درون بالن، یا جمع شدن حدود ۵ ± ۱۰۰ میلی‌لیتر مایع در ارلن مایر ادامه یافت. سپس ۵ میلی لیتر از محلول تقطیر شده به لوله‌های خشک درب‌دار منتقل شده و به آن ۵ میلی لیتر از معرف TBA افزوده شد. معرف TBA به‌وسیله حل شدن ۲۰۰ میلی گرم از پودر TBA در ۱۰۰ میلی لیتر حلال ۱-بوتانل و فیلتر کردن محلول، تهیه می‌شود. در ادامه، لوله‌های درب‌دار در حمام آب با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. مقدار جذب هر یک از نمونه‌ها در طول موج ۵۳۸ نانومتر در مقابل شاهدِ آب مقطر اندازه‌گیری شد.

مجموع بازهای فرار نیتروژنی (TVB-N)

۱۰ گرم از نمونه‌های سوسیس تولیدی همراه با ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر داخل بالن کلدال ریخته شده، سپس بالن را به دستگاه وصل کرده و از زیر به آن حرارت داده شد. در انتهای دستگاه یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسید بوریک ۲ درصد (۲ گرم اسید بوریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به همراه چند قطره معرف متیل رد (۰/۱ گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول) قرار داده شد. متیل قرمز در محیط اسیدی قرمز رنگ و در محیط بازی زرد رنگ می‌باشد. عمل تقطیر تا گذشت ۴۵ دقیقه از زمان جوشش مواد درون بالن، یا جمع شدن حدود ۵ ± ۱۰۰ میلی‌لیتر مایع در ارلن مایر ادامه یافت. محلول اسید بوریک به محض قلیایی شدن توسط بازهای ازته فرار تقطیر شده، زرد رنگ می‌شود. عمل تیتراسیون این محلول توسط اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا جایی ادامه یافت که اسید بوریک دوباره قرمز شود. مقدار TVB-N به صورت میلی‌گرم در صد گرم نمونه با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Luo *et al.*, 2017):

$$\text{مجموع بازهای فرار نیتروژنی} = \text{حجم اسید سولفوریک مصرفی} \times ۱۴$$

بار باکتریایی کل

ابتدا مقدار ۵ گرم از سوسیس‌ها جدا شده و با استفاده از محلول رینگر سوسپانسیون اولیه از آن تهیه گردید. بعد از تهیه رقت‌های مختلف، مقدار یک میلی لیتر از هر رقت برداشته و به پلیت‌ها تلقیح شد. در ادامه محیط کشت پلیت کانت آگار به پلیت اضافه شد. بعد از جامد شدن محیط کشت، پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. در نهایت کلنی‌های تشکیل شده، شمارش و تعداد آنها در هر گرم از نمونه بیان شد (Luo *et al.*, 2017).

شاخص‌های بافتی

جهت بررسی تغییرات بافتی نمونه‌ها، تجزیه‌وتحلیل پروفیل بافت با استفاده از دستگاه بافت‌سنج انجام شد. بدین منظور از تیمارهای مختلف سوسیسِ تولیدی، نمونه‌های یکسانی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر تهیه شده و تجزیه‌وتحلیل شدند.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

نمونه‌ها با استفاده از یک پروب استوانه‌ای با قطر ۴ سانتی‌متر و نیروی وارده ۰/۰۵ نیوتن و با سرعت ۱ میلی‌متر در ثانیه (به صورت رفت و برگشتی) فشرده شدند. میزان فشرده شدن برای نمونه‌ها ۶۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه‌ها بود (Alaei *et al.*, 2018). در ادامه، شاخص‌های سختی[1]، فنریت[2] و پیوستگی[3] با دستگاه محاسبه شدند.

شاخص‌های رنگی

رنگ‌سنجی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج Hunter Lab انجام پذیرفت. بدین منظور قطعات ۲×۲ سانتی‌متری از سوسیس‌ها برش داده شده و با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج، شاخص‌های L^*، a^* و b^* از چند نقطه مختلف اندازه‌گیری شدند.

شاخص‌های حسی

ارزیابی حسی بر مبنای سنجش میزان پذیرش نمونه‌ها و با استفاده از فرم‌های هدونیک ۹ نقطه‌ای انجام شد. سپس ۱۰ نفر ارزیاب از پیش تعیین شده در رنج سنی ۵۵-۳۰ سال که همگی دارای سابقه فعالیت تخصصی در زمینه تست فرآورده‌های مختلف غذایی به مدت بیش از ده سال هستند، به طور جداگانه سوسیس‌های تولیدی را از حیث شاخص‌های رنگ، بو، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی، ارزیابی کردند. درجه مقبولیت و ارزیابی کیفی هر یک از ویژگی‌های مورد نظر بین ۱ و ۹ امتیازبندی شد به‌طوری‌که امتیاز ۹ (عالی) و ۱ (بسیاربد) است. به رغم آشنائی قبلی، نحوه ارزیابی و عملکرد هر یک از ارزیابان به صورت حضوری برای تک‌تک آنها تشریح گردید. ظروف حاوی نمونه‌ها به همراه یک لیوان آب و فرم ارزیابی حسی، به ارزیاب‌ها داده شد. ترتیب ارائه نمونه‌ها به صورت کاملاً تصادفی بود.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شدند. برای انجام تجزیه‌وتحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری Kruskal-Wallis (برای مقایسه چند گروه) و Mann–Whitney U (برای مقایسه دو گروه با یکدیگر) استفاده شد.

نتایج

ارزیابی‌های حسی

در جدول ۳، اثر فرمولاسیون‌های مختلف بر ویژگی‌های حسی سوسیس مرغ ارائه شده است. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود، از نظر شاخص‌های رنگ و بو، تفاوت چشمگیری بین فرمولاسیون‌های مختلف مشاهده نشد. فرمولاسیون‌های ۳ و ۴ دارای بیشترین امتیازات بافت بودند. از نظر طعم/مزه و پذیرش کلی فرمولاسیون ۴ بیشترین امتیازات را کسب کرد. از این‌رو، تیمار ۴ به عنوان تیمار منتخب اولیه تعیین شد.

در مرحله دوم همان‌طوری‌که در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده شد، فرمولاسیون ۴ سوسیس مرغ با استفاده از غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پلی‌ساکاریدهای الوان غنی شده و مجدداً ارزیابی‌های حسی جهت تعیین فرمولاسیون منتخب نهایی انجام شد. در جدول ۴، نتایج ارزیابی حسی این مرحله ارائه شده است. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت پلی‌ساکارید الوان، شاخص‌های رنگ، طعم/مزه، بافت و پذیرش کلی سوسیس‌های مرغ کاهش یافتند، اما این روند در شاخص بو مشاهده نشد. همچنین فرمولاسیون حاوی ۰/۵ درصد پلی‌ساکارید الوان نسبت به سایر غلظت‌های پلی‌ساکارید، امتیازات بالاتری داشت. بنابراین، این تیمار به عنوان تیمار نهایی انتخاب شد و در ادامه ویژگی‌های آن شامل افت پخت، محتوی رطوبت، ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی، بافتی و رنگ آن نیز سنجش و با نتایج این آزمون‌ها، برای تیمار سوسیس مرغ شاهد مقایسه شدند.

سایر ویژگی‌ها

افت پخت و محتوی رطوبت

در جدول ۵، نتایج افت پخت و محتوی رطوبت ارائه شده است. میزان افت پخت تیمار سوسیس مرغ شاهد و سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد پلی ساکارید الوان به‌ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۳۵ درصد اندازه‌گیری شدند.

[1] Hardness
[2] Springiness
[3] Cohesiveness

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

جدول ۳: اثر فرمولاسیون‌های مختلف بر میزان رنگ، بو، طعم/مزه، بافت و پذیرش کلی سوسیس مرغ شاهد

Table 3: The effect of different formulations on the colour, odour, taste, texture and overall acceptance of control chicken sausage

Parameter	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3	Formulation 4
Colour	7.27±0.67[a]	7.09±0.42[a]	7.37±0.45[a]	7.41±0.57[a]
Odour	7.72±0.54[a]	7.58±0.61[a]	7.44±0.29[a]	7.62±0.59[a]
Flavour	6.41±1.38[a]	6.67±1.15[a]	6.64±0.91[a]	7.89±1.05[a]
Texture	6.27±1.27[a]	6.45±1.31[a]	7.23±1.72[a]	7.94±1.34[a]
Overall acceptance	6.63±1.62[a]	6.37 ±1.47[a]	6.92±1.38[a]	7.65±0.66[a]

حروف مختلف در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (p<0.05).

Different letters in each row indicate significant differences between treatments (p<0.05).

جدول ۴: اثر غلظت‌های مختلف پلی ساکارید الوان از جلبک *Ulva rigida* بر میزان رنگ، بو، طعم/مزه، بافت و پذیرش کلی سوسیس مرغ

Table 4: The effect of different concentrations of Ulvan polysaccharides from *Ulva rigida* on the colour, odour, taste, texture, and overall acceptance of chicken sausage

Parameter	Control sausage (formulation 4)	Sausage with 0.5% ulvan	Sausage with 1% ulvan	Sausage with 1.5% ulvan
Colour	7.41±0.57[a]	7.14±0.67[a]	6.62±0.45[a]	6.37±0.57[a]
Odour	7.62±0.59[a]	7.11±0.54[a]	7.28±0.29[a]	7.45±0.62[a]
Flavour	7.89±1.05[a]	6.49±1.13[ab]	4.52±1.23[ab]	3.24±1.00[b]
Texture	7.94±1.34[a]	6.63±1.27[a]	6.52±1.72[a]	6.11±1.34[a]
Overall acceptance	7.65±0.66[a]	6.29±1.24[ab]	4.43±1.38[ab]	3.01±0.66[b]

حروف مختلف در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (p<0.05).

Different letters (a-b) in each row indicate significant differences between treatments (p<0.05).

محتوی رطوبت این تیمارها نیز به‌ترتیب ۶۶/۲۳ و ۶۷/۴۱ درصد سنجش شدند.

شاخص‌های شیمیایی

شاخص‌های شیمیایی تیمار سوسیس مرغ شاهد شامل پراکسید، TBA و TVB-N به‌ترتیب ۰/۷۱ میلی‌اکی والان گرم اکسیژن در کیلوگرم چربی، ۰/۵۶ میلی گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت نمونه سوسیس و ۱۳/۴۹ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه اندازه‌گیری شدند. این شاخص‌ها در سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد الوان نیز به‌ترتیب ۰/۵۰ میلی اکی‌والان گرم اکسیژن در کیلوگرم چربی، ۰/۵۴ میلی گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت نمونه سوسیس و ۱۱/۸۳ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه بودند (جدول ۵).

بار باکتریایی کل

در جدول ۵ نتایج بار باکتریایی تیمارهای سوسیس مرغ شاهد و سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد پلی ساکارید الوان ارائه شده است. بار باکتریایی کل تیمار شاهد و تیمار حاوی پلی‌ساکارید الوان به‌ترتیب ۲/۵۴ و ۲/۳۵ log CFU/g شمارش شدند.

شاخص‌های بافتی

شاخص‌های بافتی تیمار شاهد شامل سختی، فنریت و پیوستگی به‌ترتیب ۸۷۱ g، ۴/۸۲ mm و ۰/۹۱ اندازه‌گیری شدند. این شاخص‌ها در سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد الوان نیز به‌ترتیب ۹۶۲ g، ۴/۷۷ mm و ۰/۹۲ بودند (جدول ۵).

شاخص‌های رنگ

در جدول ۵ نتایج رنگ تیمارهای سوسیس مرغ شاهد و سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد پلی ساکارید الوان ارائه شده است. شاخص‌های L^*، a^* و b^* تیمار شاهد به‌ترتیب ۷۷/۶۳، ۹/۲۸ و ۱۰/۱۸ سنجش شدند. این شاخص‌ها در تیمار حاوی پلی‌ساکارید الوان نیز به‌ترتیب ۷۳/۵۸، ۹ و ۹/۵۱ بودند.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

جدول ۵: افت پخت، محتوی رطوبت، شاخص‌های شیمیایی، میکروبی، بافتی، رنگی و حسی سوسیس مرغ شاهد و سوسیس مرغ حاوی پلی ساکارید الوان استخراجی از جلبک *Ulva rigida*

Table 5: Cooking loss, moisture content, chemical, microbial, textural, color, and sensory indicators of the control chicken sausage and those containing Ulvan extracted from *Ulva rigida*

Property	Parameter	Control chicken sausage	Chicken sausage with 0.5% ulvan
Cooking loss	Cooking loss (%)	0.49±0.05	0.35±0.02
Moisture content	Moisture content (%)	66.23±0.31	67.41±0.15
Chemical	Peroxide value (meq O2/kg oils)	0.71±0.03	0.50±0.04
	TBA (mg MDA/kg sausage sample)	0.56±0.04	0.54±0.02
	TVB-N (mg/100 g sausage samples)	13.49±0.29	11.83±0.47
Microbial	Total viable count (log CFU/g)	2.54±0.11	2.35±0.14
Textural	Hardness (g)	871±46	962±54
	Cohesiveness (mm)	4.82±0.14	4.77±0.12
	Springiness	0.91±0.02	0.92±0.03
Color	*L**	77.63±1.39	73.5±1.94
	*a**	9.28±0.4	9.00±0.06
	*b**	10.18±0.14	9.51±0.17

بحث

استفاده از ترکیبات زیست فعال در فرمولاسیون محصولات مختلف به منظور تولید غذاهای فراسودمند یا غذاهای غنی‌شده در سال‌های اخیر با اقبال زیادی مواجه شده است. در مطالعه حاضر، پلی‌ساکارید الوان از جلبک *U. rigida* استخراج شده و در فرمولاسیون سوسیس مرغ استفاده شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد پلی‌ساکارید الوان استخراجی نسبت به سوسیس‌های حاوی غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد این پلی ساکارید، امتیازات حسی بالاتری کسب کرد. این تفاوت در ویژگی‌های حسی محصول می‌تواند ناشی از ویژگی‌های ذاتی و حسی پلی ساکارید الوان استخراجی باشد. در این زمینه Zhang و همکاران (۲۰۱۷) عنوان نمودند که برخی از ترکیبات زیست‌فعال می‌توانند طعم/مزه محصولات غذایی پایه را تغییر دهند و در نهایت باعث رد شدن این محصولات از نظر حسی گردد.

افت پخت یک شاخص مهم برای صنعت است، زیرا باعث کاهش وزن و تجمع مایع در سطح محصول می‌شود (Zaini *et al.*, 2020). نتایج مطالعه نشان داد که میزان افت پخت در تیمار سوسیس حاوی پلی‌ساکارید الوان کمتر از تیمار شاهد بود. علاوه‌براین، این میزان افت پخت از میزان افت پخت سوسیس‌های فرانکفورتر حاوی پودر کاراگینان (۰/۶۳ درصد)، سوسپانسیون آبی کاراگینان (۰/۶۳ درصد) و سوسپانسیون آب نمک کاراگینان (۱/۰۶ درصد) نیز کمتر بود (Cao *et al.*,2021). به طور کلی، پلی‌ساکاریدها از قبیل الوان به دلیل ظرفیت نگهداری آب و روغن خود باعث حفظ آب یا چربیِ بیشتر در ماتریکس پروتئین گوشت طی پخت شده که این عامل در نهایت باعث کاهش افت پخت محصول تهیه‌شده، می‌گردد (Chanarat and Benjakul, 2013).

سنجش محتوی رطوبت نشان داد که تیمار سوسیس حاوی پلی‌ساکارید الوان دارای رطوبت (۶۷/۴۱ درصد) بیشتری نسبت به تیمار سوسیس شاهد (۶۶/۲۳ درصد) بود. محتوی رطوبت سوسیس گوشت گاو حاوی پلی‌ساکارید جلبک *Bryopsis plumosa* و فینگر سوریمی ماهی حاوی پلی‌ساکارید الوان استخراجی از جلبک *U. intestinalis*

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

به‌ترتیب ۳۸/۸۹ درصد و ۶۱/۵۹ درصد اندازه‌گیری شد (Jannat-Alipour *et al.*, 2019; Ghariani *et al.*, 2022). اختلاف بین محتوی رطوبت محصولات مختلف، می‌تواند ناشی از تفاوت در فرمولاسیون، نوع گوشت، نوع و غلظت پلی ساکارید مورد استفاده باشد. محتوی رطوبت بالاتر در محصولات مختلف نیز ناشی از حضور پلی‌ساکاریدهایی از جمله الوان است. در این رابطه، برهمکنش پلی‌ساکاریدها با پروتئین‌ها در نهایت باعث کاهش از دست دادن رطوبت طی فرآیند پخت و طی دوره نگهداری می‌گردد (Zaini *et al.*, 2020).

شاخص‌های پراکسید و TBA به‌ترتیب محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون چربی‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند. همان‌طوری‌که در بخش نتایج نشان داده شد، این شاخص‌ها (پراکسید و TBA) در تیمار سوسیس مرغ حاوی پلی‌ساکارید الوان نسبت به تیمار سوسیس شاهد کمتر اندازه‌گیری شدند. میزان شاخص TBA در سوسیس گوشت گاو حاوی پلی‌ساکاریدهای دانه‌های *S. bicolor*، *F. arufolanosa* و *B. plumose* به‌ترتیب ۰/۲۹، ۲/۲ و ۳/۲ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت نمونه گزارش شده است (Slima *et al.*, 2018; Feki *et al.*, 2021; Ghariani *et al.*, 2022). به طور کلی، پلی‌ساکاریدها از قبیل الوان چون دارای فعالیت ضداکسایشی هستند، به‌کارگیری آنها در فرمولاسیون محصولات مختلف می‌تواند باعث کاهش میزان پراکسید و TBA و در نتیجه اکسیداسیون چربی‌ها در محصولات تولیدی گردد.

شاخص TVB-N به طور گسترده‌ای به عنوان شاخص تازگی یا فساد محصولات گوشتی استفاده می‌شود. این شاخص وجود مواد نیتروژنی فرار در محصولات غذایی را اندازه‌گیری می‌کند. مقادیر بالاتر TVB-N ناشی از فعالیت‌های بیشتر باکتری‌های مولد فساد و آنزیم‌های درونی است که در نهایت منجر به تخریب مولکول‌های حاوی نیتروژن مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Volpe *et al.*, 2015). میزان شاخص TVB-N در سوسیس مرغ حاوی پلی‌ساکارید الوان کمتر از تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. میزان TVB-N در سوسیس چینی حاوی پلی‌ساکاریدهای استخراجی از ریزجلبک *Spirulina platensis*، ۹/۴ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه گزارش شد. افزایش میزان شاخص TVB-N در محصولات غذایی نظیر سوسیس می‌تواند به دلیل پروتئولیز محصولات به‌وسیله رشد میکروارگانیسم‌ها و تشکیل ترکیبات نیتروژنی باشد. بر این اساس کمتر بودن میزان شاخص TVB-N در نمونه‌های حاوی پلی‌ساکارید الوان می‌تواند به دلیل فعالیت ضدباکتریایی پلی ساکارید الوان استخراجی باشد. میزان بار باکتریایی نیز در سوسیس مرغ حاوی پلی‌ساکارید الوان نسبت به سوسیس مرغ شاهد کاهش نشان شد. میزان شاخص بار باکتریایی کل سوسیس چینی حاوی پلی‌ساکاریدهای استخراجی از ریزجلبک اسپیرولینا log ۲/۸۳ CFU/g اندازه‌گیری شد (Luo *et al.*, 2017).

پلی‌ساکاریدها چون دارای ماهیت اسیدی و فعالیت ضدباکتریایی هستند، به‌کارگیری آنها در فرمولاسیون محصولات مختلف می‌تواند باعث کاهش بار باکتریایی در محصولات تولیدی، گردد. فعالیت ضدمیکروبی پلی‌ساکاریدها نیز می‌تواند ناشی از تفاوت در ویژگی‌های ساختاری آنها باشد (Kazemi *et al.*, 2023).

سنجش شاخص‌های بافتی سوسیس‌های مرغ شاهد و نمونه‌های حاوی پلی‌ساکارید الوان نشان داد که با افزودن الوان به فرمولاسیون سوسیس، شاخص‌های سختی و فنریت به‌ترتیب افزایش و کاهش یافتند. Cao و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که میزان سختی و فنریت سوسیس فرانکفورتر حاوی پلی ساکارید کاراگینان افزایش یافتند. افزایش سختی می‌تواند به علت برهمکنش پلی‌ساکاریدها با پروتئین‌های میوفیبریلار باشد.

با افزودن پلی‌ساکارید الوان به فرمولاسیون سوسیس مرغ شاخص‌های L^*، a^* و b^* کاهش یافتند. نتایج مشابهی در مطالعه Alipour و همکاران (۲۰۱۸) برای ژل‌های سوریمی حاوی پلی ساکارید استخراجی از جلبک *U. intestinalis* مشاهده شد. Feki و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که میزان شاخص‌های L^*، a^* و b^* در سوسیس گاو حاوی ساکاریدهای *Falkenbergia rufolanosa* به‌ترتیب ۵۹/۰۶، ۳۲/۵۸ و ۱۵/۶۴ بود. تفاوت در رنگ سوسیس حاوی پلی‌ساکاریدهای استخراجی از منابع مختلف می‌تواند

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

در اثر رنگ خود پلی‌ساکارید و میزان مورد استفاده از سایر ترکیبات فرمولاسیون تغییر یابد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عنوان نمود که سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد پلی‌ساکارید الوان استخراجی از جلبک دریایی *U. rigida* دارای ویژگی‌های کیفی مناسبی است، بنابراین پلی‌ساکارید می‌تواند به عنوان یک ماده نگهدارنده و زیست‌فعال در فرمولاسیون سوسیس مرغ استفاده شود. مطالعه جداگانه‌ای جهت ارزیابی پایداری اکسایشی و سایر ویژگی‌های کیفی سوسیس مرغ حاوی ۰/۵ درصد پلی‌ساکارید الوان طی دوره نگهداری در دمای یخچال به مدت چندین روز/هفته مورد نیاز است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از بنیاد ملی علم ایران بابت تأمین اعتبار لازم جهت انجام طرح مصوب با شماره ۹۹۰۱۷۷۰۲ تقدیر و تشکر نمایند. مقاله حاضر، مستخرج از طرح مذکور است.

منابع

Alaei, F., Hojjatoleslamy, M. and Dehkordi, S.M.H., 2018. The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. *Food Science and Nutrition,* 6(2):512-519. DOI:10.1002/fsn3.585

Alboofetileh, M., Rezaei, M., Hamzeh, A., Tabarsa, M. and Cravotto, G., 2022. Cellular antioxidant and emulsifying activities of fucoidan extracted from *Nizamuddinia zanardinii* using different green extraction methods. *Journal of Food Processing and Preservation,* 46(12):e17238. DOI:10.1111/jfpp.17238

Alipour, H. J., Rezaei, M., Shabanpour, B. and Tabarsam M., 2018. Effects of sulfated polysaccharides from green alga *Ulva intestinalis* on physicochemical properties and microstructure of silver carp surimi. *Food Hydrocolloids,* 74:87-96. DOI:10.1016/j.foodhyd.2017.07.038

Cao, C., Feng, Y., Kong, B., Xia, X., Liu, M., Chen, J., Zhang, F. and Liu, Q., 2021. Textural and gel properties of frankfurters as influenced by various κ-carrageenan incorporation methods. *Meat Science,* 176: 108483. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108483

Chanarat, S. and Benjakul, S., 2013. Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food Chemistry,* 136:929–937. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.09.021

Desmond, E., 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science,* 74(1):188-196

Feki, A., Sellem, I., Hamzaoui, A., Amar, W.B., Mellouli, L., Zariat, A., Nasri, M. and Amara, I.B., 2021. Effect of the incorporation of polysaccharide from *Falkenbergia rufolanosa* on beef sausages for quality and shelf life improvement. *LWT - Food Science and Technology,* 143:111139. DOI:10.1016/j.lwt.2021.111139

Ghafouri-Oskuei, H., Javadi, A., Asl, M.R.S., Azadmard-Damirchi, S. and Armin, M. 2020. Quality properties of sausage incorporated with flaxseed and tomato powders. *Meat Science,* 161:107957. DOI:10.1016/j.meatsci.2019.107957

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

Ghariani, M., Saad, H.B., Hamzaoui, A., Ajela, M., Hilali, A. and Amara, I.B., 2022. Effect of the incorporation of polysaccharides from green alga *Bryopsis plumosa* on beef sausages quality. *Cellular and Molecular Biology,* 68(10):30-37. DOI:10.14715/cmb/2022.68.10.5

Jannat-Alipour, H., Rezaei, M., Shabanpour, B., Tabarsa, M. and Rafipour, F., 2019. Addition of seaweed powder and sulphated polysaccharide on shelf life extension of functional fish surimi restructured product. *Journal of Food Science and Technology,* 56(8):3777–3789. DOI:10.1007/s13197-019-03846-y

Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J. and Cofrades, S., 2001. Review: Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science,* 59: 5–13.

Kadam, S.U., Tiwari, B.K., Smyth, T.J. and O'Donnell CP., 2015. Optimization of ultrasound assisted extraction of bioactive components from brown seaweed *Ascophyllum nodosum* using response surface methodology. *Ultrasonic Sonochemistry,* 23:308–316.

Kazemi, M., Fathi, M., Jahanbin, K., Taghdir, M. and Abbaszadeh, S. 2023. Optimization of ultrasonic-assisted hot acidic solvent extraction of ulvan from *Ulva intestinalis* of the Persian Gulf: Evaluation of structural, techno-functional, and bioactivity properties. *Food Hydrocolloids,* 142:108837. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108837

Kuda T., Taniguchi E., Nishizawa M. and Araki Y., 2002. Fate of water-soluble polysaccharides in dried chorda filum a brown alga during water washing. *Journal of Food Composition and Analysis,* 15(1):3–9.

Luo, A., Feng, J., Hu, B., Lv, J., Chen, O.C.Y. and Xie, S., 2017. Polysaccharides in *Spirulina platensis* improve antioxidant capacity of Chinese-syle sausage. *Journal of Food Science,* 82(11):2591-2597. DOI:10.1111/1750-3841.13946

Meillisa, V., Woo, H.C. and Chun, B.C., 2015. Production of monosaccharides and bio-active compounds derived from marine polysaccharides using subcritical water hydrolysis. *Food Chemistry,* 171:70–77. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.08.097

Mulloy, B., 2005. The specificity of interactions between proteins and sulfated polysaccharides. *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* 77:651–664.

Polat, S., Trif, M., Rusu, A., Simat, V., Cagalj, M., Alak, G., Meral, R., Ozogul, Y., Polat, A. and Ozogul, F., 2023. Recent advances in industrial applications of seaweeds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 63(21):4979-5008.

Rahimi, F., Tabarsa, M. and Rezaei, M., 2016. Ulvan from green algae *Ulva intestinalis*: optimization of ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity. *Journal of Applied Phycology,* 28:2979–2990. DOI:10.1007/s10811-016-0824-5

Rajapakse, N. and Kim, S.K., 2011. Nutritional and digestive health benefits of seaweed. *Advances in Food and Nutrition Research,* 6: 17-28

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

Slima, S.B., Ktari, N., Trabelsi, I., Moussa, H., Makni, I. and Salah, R.B. 2018. Purification, characterization and antioxidant properties of a novel polysaccharide extracted from *Sorghum bicolor* (L.) seeds in sausage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106:168-178. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2017.08.010

Volpe, M.G., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A., Malinconico, M. and Varricchio, E., 2015. Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *LWT-Food Science and Technology*, 60:615-622. DOI:10.1016/j.lwt.2014.08.048

Zaini, H.B.M.,Sintang, M.D.B. and Pindi, W., 2020. The roles of banana peel powders to alter technological functionality, sensory and nutritional quality of chicken sausage. *Food Science & Nutrition*, 8(10):5497-5507. DOI:10.1002/fsn3.1847

Zhang, S., Zhang, M., Fang, Z. and Liu, Y., 2017. Preparation and characterization of blended cloves/cinnamon essential oil nanoemulsions. *LWT-Food Science and Technology*, 75:316-322. DOI:10.1016/j.lwt.2016.08.046

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

Effect of different formulations and concentrations of Ulvan polysaccharides from *Ulva rigida* on the characteristics of chicken sausage

Alboofetileh M.[1,2*]; Jeddi S.[1,2]; Nighani F.[2]; Kamali S.[2]

*alboofetileh@areeo.ac.ir

1-Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran
2-Fish Processing Technology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran

Introduction

Seaweeds are one of the natural resources that contain different bioactive compounds such as polysaccharides, phenolic compounds, pigments, proteins, and peptides. These bioactive compounds possess various activities so; they could be used to promote human health and prevent diseases. Between them, polysaccharides are one of the earliest compounds that were identified and extracted from seaweeds. In the last decades, different polysaccharides such as alginate, agar, and carrageenan have been extracted from seaweeds and used in different food products as thickeners, gelling agents, emulsifiers, and fat replacers. However, in recent years, the sulphated polysaccharides such as fucoidan and ulvan were gained more attention due to their bioactivities. Ulvan is extracted from green seaweeds and it is mainly made up of rhamnose, glucuronic acid, xylose, mannose, galactose, fucose, glucose, and fructose monosaccharides. Till now, Ulvan was extracted from different species such as *Ulva rigida*, *Ulva rotundata*, *Ulva pertusa*, *Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*, *Ulothrix flacca*, and *Ulva clathrata* and characterized. Results of these studies demonstrated that the ulvan of different green seaweeds had water and oil holding, emulsifying, and foaming properties and also antitumor, immunostimulating, antioxidant, anticoagulant, antihyperlipidemic, anti-inflammatory, antimicrobial and antiviral properties. So, Ulvan could be used in food and cosmetic product formulation as a nutraceutical and natural agent. Beef sausage, yogurt and surimi-based products (fish finger) are examples of food products which fortified with ulvan polysaccharide. However, to date, there is no information regarding the use of ulvan from *U. rigida* samples in chicken sausage. Therefore, the purpose of present study was to produce chicken sausage fortified with ulvan polysaccharide extracted from *U. rigida* and evaluate its properties.

Methodology

At first, the dried seaweed samples were milled to a fine powder using a home-scale grinder. Then, 20 g of powdered *U. rigida* samples were added to 200 mL of ethanol (85%) and stirred for 24 h at room temperature. Solid parts were separated using filtration, washed several times with ethanol (99%), rinsed with acetone, and dried at room temperature. Extraction of ulvan from *Ulva rigida* samples was done by

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

hot water method. Briefly, 10 g of treated and dried *U. rigida* samples were added to 200 mL of distilled water. Then, the extraction suspension was heated for 4 h at 65 °C. The recovered liquid part was concentrated up to 100 mL using a rotary evaporator at 50 °C. After that, the cold ethanol (300 mL) was added to the concentrated liquid part, and the suspension was maintained in a fridge (4 °C). After 21 h, the formed polysaccharide fibers were homogenized using a food blender for 3 min. The homogenized polysaccharides were collected using centrifugation (3000 rpm, 5 min), washed several times with ethanol and acetone, and dried at room temperature overnight. In the next experiment of the study, the extracted ulvan was incorporated into the formulation of chicken sausage as a natural bioactive ingredient. To do this, different formulations (4 formulations) were prepared for the production of chicken sausage. The concentration of chicken meat, corn starch, soy isolate protein, egg powder, frozen garlic, oil, and ice flake were varied in these formulations. The sensory evaluations were done for the prepared sausages to select the best formulation. The sensory characteristics (odour, colour, flavour, texture and overall acceptability) of different sausages were evaluated by panellists. After that, different concentrations (0.5%, 1% and 1.5% w/w) of extracted ulvan were added to the selected chicken sausage formulation and the cooking yield, moisture content, chemical (PV, TBA, TVB-N), microbial (total viable count), textural (hardness, cohesiveness, springiness), colour (*L**, *a**, *b**) and sensory characteristics of the sausage product were evaluated.

Results

The results of the initial sensory evaluation showed that among the different sausage formulations, formulation 4, which contained 55% chicken meat, 4% corn starch, 2% soy isolate protein, 1% egg powder, 0.5% frozen garlic, 9% oil and 24.38% ice flakes received higher scores for flavor, texture and overall acceptability than the other formulations. The sensory evaluation of the second experiment also showed that with increasing the ulvan concentration in sausage formulation all sensory parameters were decreased especially flavor and overall acceptability. In these two parameters, just formulation containing 0.5% ulvan was in the acceptable ranges. Based on these, the chicken sausages containing 0.5% ulvan were selected as the final treatment and its characteristics such as cooking loss, moisture content, chemical, textural, microbial, and colour properties were measured. Control sausage and fortified sausage had 0.49% and 0.35% cooking loss, respectively. Fortified sausage (67.41%) showed higher moisture content than control sausage (66.23%). Peroxide, TBA, TVB-N, and total viable count of control sausage were 0.71 meq O2/kg oils, 0.56 mg MDA/kg sausage sample, 13.49 mg/100 g sausage samples and 2.54 FU/g, respectively. Lower values of these parameters were measured for the sausage with ulvan. The values of hardness and cohesiveness of the fortified sausage were increased and decreased in comparison to the control sausage, respectively. The color indices *L**, *a**, and *b** of the control sausage were 77.63, 9.28, and 10.18, respectively. All colour parameters were decreased by the addition of ulvan.

Discussion and conclusion

The results of the study showed that the cooking loss of sausage containing ulvan polysaccharide was lower than the control treatment. The reduction of cooking loss of chicken sausage in the presence of

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]

ulvan can be explained by its water and oil holding capacities which finally led to the retaining of more water and/or fat in the meat protein matrix during the cooking. Moisture measurements showed that sausages treated with ulvan had more moisture than control sausages. Higher moisture content in products incorporated with polysaccharides including ulvan can explain by the interaction of polysaccharides with the protein which decreases the moisture migration during cooking and storage. The peroxide, TBA, TVB-N parameters were lower in the chicken sausage with ulvan polysaccharide than in the control sausage. The lower PV and TBA could be due to the antioxidant activities of extracted ulvan. The lower TVB-N and total viable count values in treated sausages could be related to the antibacterial activities of ulvan. The hardness values of sausages incorporated with ulvan were increased compared to the control samples. Higher hardness values could be originated from the interaction of polysaccharides with myofibrillar proteins. However, the springiness was decreased with the addition of ulvan. All color parameters (L^*, a^*, b^*) of sausages incorporated with ulvan were decreased compared to the control samples. The color of ulvan was slightly green. Based on this, the addition of ulvan solution to the chicken sausage might finally decrease the color parameters values of incorporated sausages. Generally, according to the obtained results, it could be concluded that the chicken sausage containing ulvan of *U. rigida* at 0.5% w/w has proper quality characteristics. Therefore, ulvan polysaccharide could be used as a natural preservative and bioactive ingredient in the formulation of chicken sausage.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment

This work was supported by Iran National Science Foundation (INSF) under the project number 99017702.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-23]