



University of Tehran

Journal of Fisheries

Home Page: <https://jfisheries.ut.ac.ir>

Online ISSN: 2423-7809

Optimization of solid soap production using Kilka fish oil (*Clupeonella cultriventris*)

Saeideh Akbarzadeh Jolodar¹ | Kobra Ziyaei² | Seyed Vali Hosseini^{3*} |
Arash Javanshir⁴ | Zahra Ataei^{5,6}

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: saeidehakbarzadeh76@gmail.com
2. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: k.ziyaei@ut.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: hosseini@ut.ac.ir
4. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: arashjavanshir@ut.ac.ir
5. Evidence-based Phytotherapy & Complementary Medicine Research Center, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran. Email: zataie@abzums.ac.ir
6. Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 28 April 2025
Revised: 06 August 2025
Accepted: 09 August 2025
Published online: 22 November 2025

Keywords:
Cosmetic-health products,
Hand soap,
Kilka fish oil,
Unsaturated fatty acids.

ABSTRACT

The growing consumer demand for sustainable and bio-based ingredients has driven significant interest in the incorporation of natural oils into cosmetic and personal care formulations, including soap. In light of this trend, the present study investigated the effects of integrating Kilka fish oil at varying concentrations (3%, 6%, and 12%) into soap formulations, with a focus on evaluating their physicochemical properties, antimicrobial efficacy, and sensory attributes. Preliminary analysis identified the primary fatty acid constituents of Kilka fish oil, with oleic acid (34.78%), palmitic acid (19.21%), docosahexaenoic acid (14.44%), and eicosapentaenoic acid (6.69%) being the most abundant. Physicochemical assessments confirmed that the produced soaps exhibited higher moisture content and pH levels within the permissible range of SNI standards. Notably, foam stability tests revealed a significant improvement ($P < 0.05$) in foam retention after 15 minutes with increasing fish oil content, peaking at 12% concentration (3.00 ± 0.33 cm). Furthermore, the formulated soaps demonstrated superior cleansing performance compared to conventional counterparts. Texture profile analysis indicated that hardness decreases significantly ($P < 0.05$) when fish oil exceeded (6%, with the lowest hardness, 56.8 ± 9.87 N, observed in the 12% formulation. Concurrently, free alkali content was markedly lower in fish oil-enriched soaps ($0.19 \pm 0.01\%$) and related to the control ($0.65 \pm 0.07\%$) ($P < 0.05$), suggesting enhanced mildness. Antimicrobial assessments revealed that the 12% Kilka fish oil formulation not only exhibited inhibitory effects against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* (as determined by MIC values) but also produced the largest inhibition zones (12.1 mm and 14.8 mm, respectively) ($P < 0.05$). Sensory evaluations, however, indicated a decline in consumer acceptance for color, odor, and appearance at higher fish oil concentrations ($> 3\%$). Despite this, the 12% formulation received the highest scores for moisturizing and hydrating properties, underscoring its potential for dermatological benefits ($P < 0.05$). In conclusion, the study advocates for the use of 12% Kilka fish oil in solid hand soap formulations, balancing functional efficacy with skin-friendly properties.

Cite this article: Akbarzadeh Jolodar, S., Ziyaei, K., Hosseini, S.V., Javanshir, A., Ataei, Z. (2025). Optimization of solid soap production using Kilka fish oil (*Clupeonella cultriventris*). *Journal of Fisheries*, 78 (4), 271-285. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfisheries.2025.394292.1459>



© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jfisheries.2025.394292.1459>



دانشگاه تهران

شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۰۹-۲۴۲۳

سایت نشریه: <https://jfisheries.ut.ac.ir>

بهینه‌سازی تولید صابون جامد با استفاده از روغن

ماهی کیلکا (*Clupeonella cultriventris*)

سعیده اکبرزاده جلودار^۱ | کبری ضیایی^۲ | سید ولی حسینی^۳ | آرش جوانشیر^۴ | زهرا عطایی^۵

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: saeidehakbarzadeh76@gmail.com
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: k.ziyaei@ut.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hosseini@ut.ac.ir
۴. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: arashjavanshir@ut.ac.ir
۵. گروه داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران. رایانامه: zataie@abzums.ac.ir
۶. گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

کلیدواژه:

اسیدچرب غیراشباع،

صابون،

محصولات آرایشی-بهداشتی،

روغن ماهی کیلکا.

امروزه با توجه به تقاضای مصرف‌کنندگان، استفاده از مواد اولیه با منشاء زیستی در انواع محصولات آرایشی بهداشتی مانند صابون مورد توجه محققان و صنایع مربوطه قرار گرفته است. از همین‌رو، این مطالعه با هدف استفاده از سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۳، ۶ و ۱۲ درصد)، در فرمولاسیون صابون و سپس بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ضد باکتریایی و شاخص‌های حسی آن انجام شد. در این پژوهش، ابتدا اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی کیلکا شناسایی شد و براساس نتایج، بیشترین اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی کیلکا مربوطه اولئیک اسید (۳۴/۷۸ درصد)، پالمیتیک اسید (۱۹/۲۱ درصد)، دوکوزوهگزانوئیک اسید (۱۴/۴۴ درصد) و ایکوزوینتانوئیک اسید (۶/۶۹ درصد) به دست آمد. ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی صابون‌های فرموله شده نشان داد که میزان رطوبت و pH صابون‌های تولید شده در محدوده استاندارد SNI قرار دارد. همچنین بررسی پایداری کف در صابون‌های تولید شده نشان داد که با افزایش میزان روغن ماهی کیلکا در صابون (تا ۱۲ درصد)، پایداری کف تولیدی پس از گذشت ۱۵ دقیقه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ($3/00 \pm 0/33$ سانتی‌متر) ($P < 0/05$). علاوه بر این، نتایج قدرت پاک‌کنندگی نشان داد که صابون‌های حاوی روغن ماهی کیلکا از قدرت پاک‌کنندگی بسیار خوبی برخوردارند. ارزیابی خصوصیات بافتی صابون‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا نیز نشان داد که افزودن بیشتر از ۶ درصد روغن ماهی کیلکا در فرمولاسیون، منجر به کاهش سختی بافت در صابون می‌گردد ($P < 0/05$) (کمترین میزان سختی $56/8 \pm 9/87$ نیوتون و در تیمار ۱۲ درصد مشاهده گردید) درحالی‌که میزان محتوای قلیای آزاد در این صابون‌ها ($0/19 \pm 0/01$ درصد) کمتر از صابون شاهد (بدون روغن ماهی کیلکا) ($0/65 \pm 0/07$ درصد) بود ($P < 0/05$). ارزیابی فعالیت ضد میکروبی صابون‌های حاوی روغن ماهی کیلکا نشان داد که میزان ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا، علاوه بر مهار رشد باکتری‌های *Staphylococcus aureus* و *Escherichia coli* (MIC)، بیشترین هاله عدم رشد (به‌ترتیب ۱۲/۱ و ۱۴/۸ میلی‌متر) را نیز در برابر آنها نشان دارد ($P < 0/05$). همچنین نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد که افزودن مقادیر بیشتر از ۳ درصد روغن ماهی کیلکا، اگرچه منجر به کاهش پذیرش از نظر رنگ، بو، ظاهر و ارجحیت کلی خواهد شد، اما استفاده از سطوح بالاتر روغن ماهی کیلکا در فرمولاسیون (مقدار ۱۲ درصد)، منجر به افزایش قابلیت مرطوب‌کنندگی و آبرسانی گردیده و از این نظر بالاترین امتیاز را در مصرف دارد ($P < 0/05$). بنابراین، استفاده از سطح ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا در فرمولاسیون صابون جامد شستشوی دست پیشنهاد می‌گردد.

ا ستناد: اکبرزاده جلودار؛ سعیده، ضیایی؛ کبری، حسینی؛ سید ولی، جوانشیر؛ آرش، عطایی؛ زهرا (۱۴۰۴). بهینه‌سازی تولید صابون جامد با استفاده از روغن ماهی کیلکا (*Clupeonella cultriventris*). نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، ۷۸ (۴)، ۲۷۱-۲۸۵.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfisheries.2025.394292.1459>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfisheries.2025.394292.1459>



۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، علاقه‌مندی به اسیدهای چرب چندغیراشباع امگا ۳ (ω -3PUFAs) به دلیل تأثیر و نقش آنها در ارتقای سلامت و کاهش خطر بسیاری از بیماری‌ها افزایش یافته است. گروه اسیدهای چرب ω -3PUFA شامل آلفا-لینولنیک اسید (ω -3: 18:3 ALA)، استاریدونیک اسید (ω -3: 18:4 SDA)، ایکوزاپنتانوئیک اسید (ω -3: 20:5 EPA)، دکوزاپنتانوئیک اسید (ω -3: 22:5 DPA) و دکوزاهگزانوئیک اسید (ω -3: 22:6 DHA) اند. این اسیدهای چرب بیشتر از منابع گیاهی خاص و منابع دریایی مانند ماهی، جلبک و جانوران تک سلولی منشأ می‌گیرند (Hosseini and Eskandari, 2022).

براساس پیش‌بینی آمار جهانی حجم بازار جهانی روغن ماهی از ۱۰/۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۵ به ۲۴/۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۵ افزایش خواهد یافت که کاربردهای آن شامل داروسازی، مکمل‌ها، آبی‌پروری و لوازم آرایشی می‌باشد (Pedro Costa et al., 2023). روغن استخراج شده از ماهیان دارای پتانسیل‌های بالقوه‌ای در زمینه سلامت از جمله بهبود برخی از اختلالات و بیماری‌های پوستی مانند سرطان پوست، زخم‌های پوستی، درماتیت، آلرژی و ملانوز می‌باشد (Huang et al., 2018). همچنین مطالعات نشان داده است که اسیدهای لینولئیک (ω -3: 18:2) و لینولنیک (ω -3: 18:3) بر فرآیندهای متابولیک پوست مؤثرند و فعالیت ویتامین‌های A و E و خواص بازپایی لایه شاخی را تقویت می‌کنند، از همین رو، به علت وجود اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳، علاقه فزاینده‌ای به استفاده از روغن ماهی در انواع محصولات آرایشی و بهداشتی جهت محافظت از پوست وجود دارد (Ratnayake et al., 1988; Huang et al., 2022).

به طور کلی صنعت آرایشی و بهداشتی از جمله صنایعی اند که در آن می‌توان از انواع روغن‌ها و عصاره‌های استخراج شده از حیوانات و گیاهان استفاده کرد (Abamba, 1993). لیپیدهای رایجی و مصرفی در صنایع آرایشی و بهداشتی را مونو، دی و تری‌گلیسریدها، اسیدهای چرب، موم‌ها، لانولین، استرهای زنجیره بلند و روغن‌های معدنی تشکیل می‌دهند (Loden, 2005). با توجه به اینکه اسیدهای چرب از ترکیبات مهم و رایج در فرمولاسیون انواع محصولات آرایشی و بهداشتی از جمله صابون‌ها به شمار می‌آیند، بنابراین استفاده موضعی از روغن‌هایی سرشار از اسیدهای چرب امگا ۳ مانند روغن ماهی، می‌تواند در صابون‌سازی بسیار مطلوب باشد (Puglia et al., 2005; Zulfakaret al., 2010). صابون یکی از مهم‌ترین محصولات مراقبت از پوست در انسان است (Purwantoet al., 2021). صابون در واقع نمک اسیدچرب است که از واکنش یک تری‌گلیسرید با قلیایی قوی مانند هیدروکسید سدیم یا پتاسیم، طی مکانیسمی به نام صابونی شدن تشکیل می‌شود (Gaboya, 2012). با افزایش تقاضا برای محصولات بهداشتی طبیعی و سازگار با محیط‌زیست، محققان و صنایع علاقمند به استفاده از مواد طبیعی هستند که با اهداف زیست‌محیطی مطابقت داشته باشد و در عین حال استانداردهای با کیفیت بالا را نیز حفظ کنند (Sanyalet al., 2024). روغن ماهی کیلکا به دلیل ترکیب شیمیایی منحصر به فرد و خواص مفید می‌تواند به عنوان یکی از ترکیبات بالقوه برای تهیه صابون در نظر گرفته شود. ماهی کیلکا (*Clupeonella*)، یکی از مهم‌ترین ماهیان اقتصادی دریای خزر محسوب می‌شود و نقش بسیار مهمی در اقتصاد کشورهای حاشیه دریای خزر به خصوص ایران دارد. میزان صید کیلکا ماهیان در سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۹ بیش از ۲۰۰۵۳ هزار تن بوده است. کیلکای معمولی با اختصاص ۹۷ درصد از میزان صید کیلکا ماهیان در سواحل جنوبی دریای خزر به عنوان گونه غالب صید شناخته می‌شود که تنها بخش کوچکی از صید آن برای مصارف انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و مابقی آن برای تولید آرد ماهی استفاده می‌شود (Nobakht et al., 2023). به منظور استفاده بهینه از این منابع و با توجه به مقادیر چربی بالای گزارش شده در این گونه (۶/۱ درصد) توسط Jorjani و همکاران (۲۰۱۴)، این گونه به عنوان یک منبع بالقوه برای استخراج روغن پیشنهاد شده است.

با توجه به پتانسیل روغن ماهی در محافظت از پوست و همچنین با توجه به محدود بودن پژوهش‌ها در استفاده از ترکیبات روغنی با منشأ حیوانات دریایی در فرمولاسیون‌هایی مانند صابون، در این پژوهش از روغن ماهی کیلکا در فرمولاسیون صابون جامد، با تمرکز بر بهینه‌سازی فرمولاسیون و سپس بررسی کیفیت محصول تولیدی استفاده شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. تهیه روغن ماهی کیلکا و ارزیابی پروفایل اسیدهای چرب آن

روغن ماهی کیلکا از کارخانه فرآوری آرد ماهی در شهرک صنعتی میرود (ایران، مازندران) خریداری و سپس در شرایط دمایی سرد (۴درجه سانتی‌گراد) به آزمایشگاه فرآوری آبزیان واقع در دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انتقال داده شد. همچنین به‌منظور شناسایی اسیدهای چرب، پس از انجام فرآیند استری کردن، روغن استری شده به دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) تزریق شد.

به‌منظور استری کردن روغن از روش Firestone و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر سود متانولی ۲ درصد به ۵۰ میکرولیتر روغن ماهی کیلکا اضافه شد و پس از همزدن به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن محلول، ۳ میلی‌لیتر محلول BF_3 (تری بور فلوراید) به ترکیبات فوق اضافه شد و به‌مدت ۲-۳ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. مجدداً پس از خنک شدن، به مواد حاصل ۱ میلی‌لیتر هگزان اضافه و بعد از تکان دادن مواد به آن ۱ میلی‌لیتر آب نمک اشباع اضافه گردید. پس از همزدن کافی، جهت دوفاز شدن، محلول سانتریفیوژ شد و بعد از پدیدار شدن دو فاز جداگانه، فاز بالایی که حاوی روغن بود به دقت جدا گردید. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی کیلکا ۲ میکرولیتر از روغن استری شده به دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) فیلیپس مجهز به ستون کاپیلاری (BPX70, 0,25 μm , 60 m x 0,25 mm ID) و آشکارساز یونش شعله‌ای (flame ionization detector; FID) تزریق شد.

۲-۲. فرآیند بوگیری از روغن ماهی کیلکا

جهت از بین بردن بوی روغن ماهی کیلکا، از مواد گیاهی طبیعی مانند برگ بو و رزماری استفاده گردید. به‌همین منظور پس از تهیه برگ‌ها به روغن ماهی کیلکا، با نسبت‌های مساوی از برگ بو و رزماری اضافه گردید (با نسبت ۵/۵ : ۱/۵) و سپس به‌مدت ۴۵ دقیقه در حمام آبی با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پس از حرارت دهی، روغن حاوی ترکیبات گیاهی از صافی عبور داده شد و سپس با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه، سانتریفیوژ شد.

۲-۳. تهیه فرمولاسیون صابون

به‌منظور تهیه صابون جامد از روغن ماهی کیلکا از روغن‌های تالو (به‌ترتیب با نسبت‌های ۸۴، ۸۲ و ۷۹ درصد)، روغن نارگیل (با نسبت‌های ۱۳، ۱۲ و ۹ درصد) و روغن ماهی (با نسبت‌های ۳، ۶ و ۱۲ درصد) استفاده گردید. جهت تهیه فرمولاسیون پایه (تیمار شاهد) نیز فقط از روغن تالو و روغن نارگیل (به‌ترتیب با نسبت‌های ۹۰ و ۱۰ درصد) استفاده شد. جهت تولید صابون‌های پایه (شاهد) و صابون‌های حاوی روغن ماهی کیلکا، روغن‌های مورد استفاده با هم مخلوط و در حمام آبی با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵۰ دقیقه حرارت داده شدند. مقدار سود موردنیاز (NaOH) نیز طبق عدد صابونی‌شدن (SAP) هر روغن که از چارت صابونی‌شدن گرفته شد، محاسبه و سپس در میزان ۳۸ درصد از مقدار کل صابون، آب مقطر حل گردید و پس از هم دما شدن با روغن‌ها به مخلوط آنها اضافه گردید. به‌منظور اختلاط مواد و انجام واکنش صابونی شدن، مخلوط‌های حاصل با استفاده از همزن برقی تا زمانی که مخلوط‌ها غلیظ و ویسکوز شوند، هم‌زده شدند. مخلوط‌های غلیظ حاوی روغن‌ها و سود جهت قالب‌بندی در قالب‌های دلخواه ریخته شد و به‌مدت ۴۸ ساعت در محیط گرم نگهداری شدند تا صابون‌ها خشک گردند. پس از خشک شدن، صابون‌ها از قالب جدا شده و به‌مدت ۲۱ روز به آنها استراحت داده شد تا واکنش صابون‌سازی به‌طور کامل انجام گردد (Arasaretnam and Venujah, 2019). در نهایت جهت بررسی‌های بیشتر، صابون‌های تولید شده تحت عنوان تیمارهای شاهد، ۳ درصد، ۶ درصد و ۱۲ درصد (روغن ماهی کیلکا)، در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند.

۲-۴. ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی صابون

خواص فیزیکو-شیمیایی صابون شامل شکل ظاهری، میزان رطوبت و pH، میزان رطوبت با استفاده از روش‌های استاندارد AOCS با اندکی تغییرات انجام شد. میزان رطوبت براساس تفاوت وزن نمونه در قبل و بعد از خشک شدن محاسبه گردید و pH نیز از

محلول ۱۰ درصد و شفاف صابون‌های فرموله شده و با استفاده از pH متر دیجیتالی (Hanna HI2211, USA) تعیین شد (AOCS, 1979). سایر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بررسی شده در صابون‌های فرموله شده نیز به شرح زیر می‌باشند:

۲-۴-۱. پایداری کف صابون

برای اندازه‌گیری پایداری کف در صابون‌ها، ۱ گرم از هر کدام از تیمارها به‌طور جداگانه داخل لوله‌ی درب‌دار قرار داده شدند و سپس ۹ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه گردید. پس از مخلوط شدن، ارتفاع کف تشکیل شده در هر تیمار اندازه‌گیری و پس از گذشت مدت زمان ۱۵ دقیقه نیز مجدداً ارتفاع کف اندازه‌گیری و ثبت شد (Awang, 2001).

۲-۴-۲. قدرت پاک‌کنندگی

قدرت پاک‌کنندگی صابون‌های حاوی روغن ماهی کیلکا با استفاده از روش Mishra و همکاران (۲۰۱۳) ارزیابی شد. بر همین اساس از روغن ترمز استفاده شد، به گونه‌ای که روی دو نوار نازک کاغذ صافی به‌طور جداگانه یک قطره روغن ترمز ریخته شد. یک کاغذ صافی با لکه روغن در لوله‌ی حاوی ۲ میلی‌لیتر محلول صابون و آب و کاغذ صافی دیگر در لوله‌ی حاوی ۲ میلی‌لیتر محلول کلسیم کلراید ۵ درصد قرار گرفت. پس از ۲ دقیقه کاغذ صافی‌ها برداشته و شسته شدند. نتایج حاصل از قدرت پاک‌کنندگی صابون‌ها به‌صورت کیفی و براساس میزان پاک‌شدن لکه روغن ترمز روی کاغذ صافی‌ها بیان شدند (Mishra et al., 2013).

۲-۴-۳. تعیین میزان درجه سختی

اندازه‌گیری میزان سختی بافت در صابون‌های فرموله شده با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (CT3, Texture Analyzer; USA) با پروبی از جنس فولاد ضدزنگ و قطر ۵ میلی‌لیتر، به‌صورت رفت و برگشتی با سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه انجام شد (Baehakiet al., 2019).

۲-۴-۴. بررسی میزان قلیای آزاد

جهت بررسی میزان قلیای آزاد موجود در صابون‌های فرموله شده با روغن ماهی کیلکا، به ۵ گرم از هر کدام از تیمارها به‌طور جداگانه ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول (۸۰ درصد حجمی) اضافه شد و سپس به‌مدت ۵ دقیقه جوشانده شدند. به هر کدام از مخلوط‌ها، جهت حذف اثر کربنات‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول ۱۰ درصد باریم کلراید اضافه شد. پس از سرد شدن، مخلوط‌های حاصل با اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیترا شدند (از فنول فتالین به‌عنوان نشانگر استفاده گردید). ناپدید شدن رنگ به‌عنوان نقطه پایانی تیتراسیون بود و حجم محلول تیترا تور نیز یادداشت شد. تمامی شرایط و مراحل انجام شده برای صابون‌های فرموله شده، برای یک ظرف خالی و بدون صابون، به‌عنوان کنترل آزمایش، نیز انجام شد و در نهایت محتوای کل قلیای آزاد با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Maron et al., 1952).

$$\text{محتوای کل قلیای آزاد} = \frac{4 \times N \times (V_2 - V_1)}{M}$$

که در آن، N: نرمالیه اسید سولفوریک، V_1 : حجم اسید سولفوریک مصرفی برای تیتراسیون مخلوط‌های حاوی صابون‌ها با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا، V_2 : حجم اسید سولفوریک مصرف شده برای تیتراسیون کنترل آزمایش (ظرف آزمایش بدون نمونه صابون) و M: نیز بیانگر وزن نمونه صابون است.

۲-۵. فعالیت ضدباکتریایی صابون‌های فرموله شده

از یک باکتری گرم مثبت (*Staphylococcus aureus*) و یک باکتری گرم منفی (*Escherichia coli*) برای ارزیابی خاصیت ضد باکتریایی صابون‌های حاوی روغن ماهی کیلکا استفاده شد. سویه‌های باکتری از بخش میکروبیولوژی دانشگاه علوم پزشکی البرز تهیه شدند. فعالیت ضد باکتریایی و تعیین میزان کمترین غلظت مهارکنندگی (MIC) و کشندگی (MBC) با استفاده از روش انتشار آگار با چاهک و با استفاده از محیط کشت نوترینت آگار انجام شد. به‌همین منظور ابتدا سوسپانسیون باکتری طبق استاندارد نیم

مک فارلند با جذب نوری (OD) ۰/۱۲ تا ۰/۱۴ تهیه شد. سپس تلقیح باکتریایی (اندازه تلقیح 10^8 سلول در هر میلی لیتر طبق استاندارد مک فارلند) به محیط کشت نوترینت آگار انجام شد. پس از آن نیز محلول های تهیه شده از صابون های فرموله شده (با غلظت ۱ گرم در سی سی) به چاهک ها اضافه شدند و بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد میزان کدورت چاهک ها (OD 650nm) از نظر رشد یا عدم رشد بررسی شدند. جهت سنجش هاله عدم رشد نیز پس از دیسک گذاری و انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت، قطر هاله تشکیل شده اندازه گیری و گزارش گردید. در این آزمون جهت تعیین غلظت MIC و MBC صابون ها در برابر باکتری *S. aureus* از آنتی بیوتیک های وانکومايسين و جنتامایسین و برای باکتری *E. coli* از آنتی بیوتیک های سفکسیم و جنتامایسین استفاده گردید (Hayatiet al., 2020).

۲-۶. ارزیابی حسی

در این آزمون، صابون های فرموله شده از نظر رنگ، بو، بافت، قدرت پاک کنندگی، قدرت کف کنندگی و مرطوب کنندگی توسط ۲۰ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفتند. صابون های مورد مطالعه در این پژوهش به طور تصادفی در اختیار ارزیابان قرار داده شدند و آنها پس از ۲۸ روز استفاده به شاخص های تعیین شده به شرح زیر امتیاز دادند:

ضعیف (نمره ۱ تا ۲)، خوب (نمره ۲ تا ۴)، متوسط (نمره ۴ تا ۶)، خیلی خوب (نمره ۶ تا ۸) و امتیاز عالی (نمره ۸ تا ۱۰) (Fadhlullahet al., 2022).

۲-۷. تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تحلیل آماری از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۸) استفاده گردید. نرمال بودن داده ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تعیین شد. جهت بررسی اختلاف بین داده های حاصل، از تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و همچنین جهت تعیین وجود تفاوت معنی دار بین میانگین ها از آزمون Tukey در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد و در نهایت داده ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان گردید.

۳. یافته های پژوهش

۳-۱. پروفایل اسیدهای چرب روغن ماهی کیلکا

نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی کیلکا مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱- نوع و میزان اسیدهای چرب شناسایی شده در روغن ماهی کیلکا مورد استفاده در این پژوهش

اسید چرب (فرمول شیمیایی)	نام اسید چرب	مقدار (درصد)
C14:0	Myristic acid	۳/۰۳
C14:1	Myristoleic acid	۰/۳۶
C15:0	Pentadecanoic acid	۰/۶۵
C15:1	Pentadecenoic acid	۰/۱۷۴
C16:0	Palmitic acid	۱۹/۲۱
C16:1	Palmitoleic acid	۵/۰۵
C17:0	Heptadecanoic acid	۰/۱۴۳
C17:1	Heptadecenoic acid	۰/۷۶۰
C18:0	Stearic acid	۴/۱۶
C18:1(n-9)	Oleic acid	۳۴/۷۸
C18:2(n-6)	Linoleic acid	۱/۷۵
C18:3 n6	γ -linoleic acid	۰/۱۳۹
C18:3 n3	Linolenic acid	۲/۰۸
C20:0	Arachidic acid	۰/۳۵

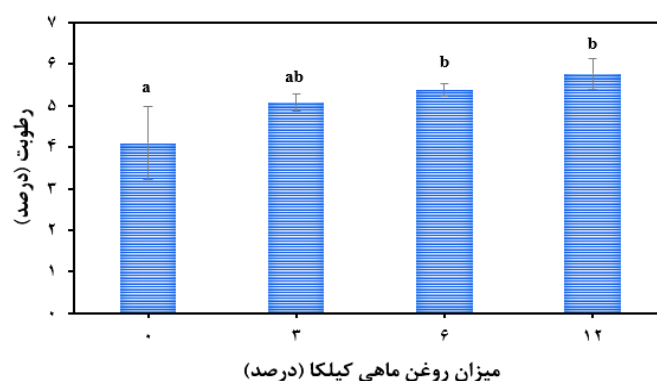
ادامه جدول ۱

اسید چرب (فرمول شیمیایی)	نام اسید چرب	مقدار (درصد)
C20:1	Eicosenoic acid	۲/۶۸
C20:2	Eicosadienoic acid	۰/۱۴
C20:3 n9	Octadecatrienoic acid	۰/۴۸
C20:3 n6	Dihomo- γ -linolenic acid (DGLA)	۰/۰۴۶
C20:3 n3	Eicosatrienoic acid	۰/۰۸۶
C20:4 n6	Arachionic acid (ARA)	۰/۶۲
C20:4 n3	Eicosatetraenoic acid	۰/۲۲
C20:5 n3	Eicosapentaenoic acid (EPA)	۶/۶۹
C22:4 n6	Docosatetraenoic acid (DTA)	۰/۶۱۳
C22:5 n6	Osbond acid	۰/۷۱۵
C22:5 n3	Docosapentaenoic acid (DPA)	۰/۶۸
C22:6 n3	Docosahexaenoic acid (DHA)	۱۴/۴۴

۳-۲. خواص فیزیکی-شیمیایی صابون‌های تولیدی

۳-۲-۱. درصد رطوبت

شکل ۱ بیانگر میزان درصد رطوبت صابون‌های حاوی نسبت‌های مختلف روغن ماهی کیلکا است. براساس نتایج، با افزایش سهم روغن ماهی، میزان رطوبت نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$) به‌گونه‌ای که از 4.10 ± 0.88 درصد در تیمار شاهد به 5.77 ± 0.37 درصد در تیمار حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا رسید.



شکل ۱- تغییرات میزان رطوبت (درصد) در صابون‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد) اعداد بیانگر میانگین $\pm$ انحراف معیار اند. میانگین‌ها با حداقل یک حرف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح 0.05 را نشان می‌دهد.

۳-۲-۲. تعیین pH

نتایج حاصل از تغییرات pH در صابون‌های حاوی غلظت‌های مختلف روغن ماهی کیلکا در جدول ۲ گزارش شده است. براساس نتایج، افزودن روغن ماهی کیلکا تأثیر معنی‌داری بر میزان pH صابون‌ها نداشت ($P > 0.05$). این در حالی است که بین غلظت‌های مختلف روغن ماهی کیلکا تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید ($P < 0.05$) و بالاترین میزان pH در صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی مشاهده گردید (9.90 ± 0.06) که در محدوده pH گزارش شده برای صابون‌های جامد توسط استاندارد SNI (pH بین ۹ تا ۱۱) می‌باشد.

۳-۲-۳. پایداری کف

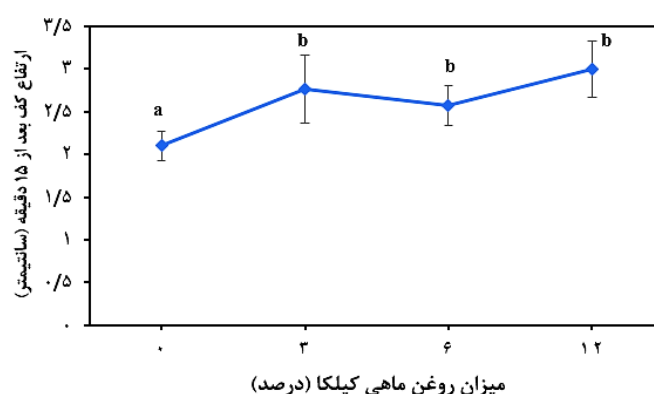
پایداری کف یکی از مهمترین ویژگی‌ها برای صابون‌های تولید شده است که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس

نتایج، افزودن روغن ماهی کیلکا باعث تفاوت معنی داری در میزان پایداری کف، پس از ۱۵ دقیقه در صابون‌ها گردید ($P < 0.05$) و پایدارترین کف پس از ۱۵ دقیقه، در صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا مشاهده گردید ($3/00 \pm 0/33$ سانتی‌متر).

جدول ۲- تغییرات میزان pH در صابون‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد)

تیماها (سهم روغن ماهی کیلکا (درصد))	pH
۰	$9/0 \pm 79/08^a$
۳	$9/0 \pm 72/01^b$
۶	$9/0 \pm 82/05^a$
۱۲	$9/0 \pm 90/06^a$

* اعداد بیانگر میانگین $\pm$ انحراف معیارند. میانگین‌ها با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ اند.



شکل ۲- تغییرات میزان پایداری کف (سانتی‌متر) پس از ۱۵ دقیقه، در صابون‌های فرموله شده با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد). اعداد بیانگر میانگین $\pm$ انحراف معیارند. میانگین‌ها با یک حرف متفاوت دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ اند.

۳-۲-۴. قدرت پاک‌کنندگی

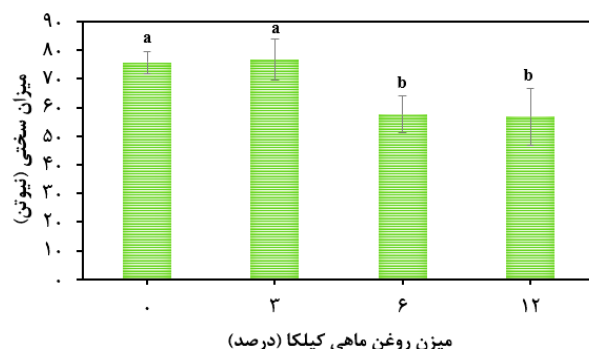
نتایج حاصل از قدرت پاک‌کنندگی صابون‌های فرموله شده با غلظت‌های مختلف روغن ماهی کیلکا در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج، که به صورت کیفی نیز گزارش شده‌اند، نشان می‌دهند که افزودن روغن ماهی کیلکا به میزان ۳، ۶ و ۱۲ درصد به فرمولاسیون صابون بر قدرت پاک‌کنندگی صابون‌ها تأثیر دارد و صابون‌های تولید شده با روغن ماهی کیلکا دارای قدرت پاک‌کنندگی بیشتری‌اند.

جدول ۳- قدرت پاک‌کنندگی صابون‌های فرموله شده با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد)

تیماها (سهم روغن ماهی کیلکا (درصد))	قدرت پاک‌کنندگی
۰	خوب
۳	خیلی خوب
۶	خیلی خوب
۱۲	خیلی خوب

۳-۲-۵. درجه سختی

صابون‌های جامد باید تا زمان معینی، که دوره پیری نامیده می‌شود، در دمای اتاق نگهداری شود تا سفت شوند. در مطالعه حاضر نیز تمامی تیمارها پس از نگهداری به مدت ۲۱ روز جهت بررسی میزان سختی مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج حاصل از آن در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به نتایج، افزودن مقادیر ۶ و ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا منجر به کاهش سختی در صابون‌های تولید شده گردید ($P < 0.05$)، در حالی که بیشترین سختی مشاهده شده در صابون حاوی ۳ درصد روغن ماهی کیلکا بود ($76/70 \pm 7/26$).



شکل ۳- تغییرات میزان سختی بافت صابون‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد) اعداد بیانگر میانگین $\pm$ انحراف معیارند. میانگین‌ها با یک حرف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ اند.

۳-۲-۶. قلیای آزاد

نتایج مربوط به میزان قلیای آزاد محاسبه شده در صابون‌های فرموله شده با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج، افزودن روغن ماهی کیلکا به فرمولاسیون صابون جامد، منجر به کاهش محتوای قلیای آزاد در صابون‌ها گردید.

جدول ۴- میزان قلیای آزاد محاسبه شده در صابون‌های فرموله شده با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد)

تیمارها (سهم روغن ماهی کیلکا (درصد))	محتوای قلیای آزاد (درصد)
۰	۰/۶۵
۳	۰/۶۱
۶	۰/۵۷
۱۲	۰/۱۹

۳-۳. ارزیابی میکروبی

فعالیت ضد باکتریایی روغن ماهی کیلکا در صابون‌های تولید شده ابتدا از طریق تعیین میزان MIC و MBC و سپس با استفاده از هاله عدم رشد ارزیابی شد و نتایج حاصل از این بررسی‌ها در جدول‌های ۵ و ۶ گزارش شده است. براساس نتایج (جدول ۵)، میزان ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا باعث مهار رشد (MIC) باکتری‌های *E. coli* و *S. aureus* در صابون تولید شده گردید و در سایر صابون‌های تولید شده هیچگونه مهارکنندگی و یا باکتری‌کشی مشاهده نگردید. مطابق با این نتایج بیشترین هاله عدم رشد در برابر هر دو باکتری مورد بررسی نیز در صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا مشاهده گردید و منجر به مهار رشد این باکتری‌ها (MIC) گردید.

جدول ۵- میزان بار باکتریایی *E. coli* و *S. aureus* در صابون‌های فرموله شده با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد) پس از ۲۴ ساعت

تیمارها (سهم روغن ماهی کیلکا (درصد))	<i>E. coli</i>		<i>S. aureus</i>	
	۰ min	۲۴ min	۰ min	۲۴ min
۰	۰/۲۴۱	۱/۰۰۲	۰/۱۸۹	۰/۹۲۱
۳	۰/۲۸۴	۰/۹۰۰	۰/۲۰۱	۰/۸۷۸
۶	۰/۳۰۲	۰/۸۹۸	۰/۲۴۵	۰/۷۵۲
۱۲	۰/۳۸۵	۰/۶۱۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۰
آنتی‌بیوتیک (کنترل مثبت)	۰/۲۳۲	۰/۴۲۰	۰/۱۷۷	۰/۲۵۵
محیط کشت و باکتری (کنترل منفی)	۰/۱۷۲	۱/۱۲۱	۰/۱۵۰	۰/۹۸۵

جدول ۶- قطر هاله عدم رشد (میلی متر) باکتری های *E. coli* و *S. aureus* در صابون های فرموله شده با غلظت های مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد)

<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	تیمارها (سهم روغن ماهی کیلکا (درصد))
۰	۰	۰
۰	۰	۳
۰/۵	۰/۹	۶
۱۲/۱	۱۴/۸	۱۲
۱۸/۰۶ (MBC)	۲۴/۸ (MBC)	آنتی بیوتیک (کنترل مثبت)
۱۳/۰۳ (MIC)	۱۴/۱۶ (MIC)	آنتی بیوتیک (کنترل مثبت)

۳-۴. ارزیابی حسی

در این پژوهش، پس از ۲۸ روز ۲۰ نفر ارزیاب از صابون های حاوی روغن ماهی کیلکا استفاده کردند، نتایج حاصل از امتیازات دهی آنها به برخی از شاخص های حسی، در جدول ۷ نشان داده شده است. طبق داده های جدول، صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا از نظر رنگ، بو، بافت و ظاهر کمترین امتیاز را نسبت به صابون شاهد (بدون روغن ماهی کیلکا) کسب کرد در حالی که بیشترین امتیاز گزارش شده برای این صابون مربوط به خاصیت مرطوب کنندگی آن است ($P < 0.05$). نتایج حاصل از بررسی شاخص های کف کنندگی و پاک کنندگی پس از استفاده ارزیابان نشان داد که بین تمامی صابون های فرموله شده اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$)، به طور کلی، از نظر مقبولیت کلی، نتایج نشان داد که صابون فرموله شده بدون روغن ماهی کیلکا بیشترین پذیرش را در بین ارزیابان داشت و با افزایش سهم روغن ماهی کیلکا امتیاز این شاخص نیز کاهش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۷- شاخص های حسی و میانگین امتیازات ثبت شده برای صابون های فرموله شده با سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا (۰، ۳، ۶ و ۱۲ درصد)

پس از ۲۸ روز استفاده توسط ۲۰ نفر ارزیاب

پارامترهای حسی	تیمارها (سهم روغن ماهی کیلکا (درصد))			
	۰	۳	۶	۱۲
رنگ	۹/۷۵±۰/۵ ^{ad}	۹/۲۵±۰/۵ ^a	۷/۵۰±۰/۵۸ ^b	۴/۷۵±۰/۹۶ ^c
بو	۹/۲۵±۰/۵۰ ^a	۸/۷۵±۰/۵ ^a	۶/۲۵±۰/۵۰ ^b	۵/۷۰±۰/۸۳ ^c
بافت و ظاهر	۹/۵۰±۱/۰۰ ^a	۹/۰۰±۰/۸۳ ^{ab}	۷/۵۰±۱/۳۹ ^{bc}	۵/۷۵±۰/۵۰ ^c
کف کنندگی	۹/۰۰±۰/۸۳ ^a	۹/۲۵±۰/۵۰ ^a	۹/۲۵±۰/۵۰ ^a	۹/۷۰±۰/۵۰ ^a
پاک کنندگی	۸/۵۰±۰/۴۱ ^a	۹/۲۵±۰/۵۸ ^a	۹/۲۵±۰/۵۸ ^a	۹/۵۰±۰/۹۶ ^a
مرطوب کنندگی	۴/۷۵±۰/۵۰ ^a	۶/۷۵±۰/۵۰ ^b	۷/۲۵±۰/۵۰ ^b	۹/۰۰±۰/۵۸ ^c
ارجحیت کلی	۹/۰۰±۰/۵۰ ^a	۸/۲۵±۰/۵۰ ^{ab}	۷/۲۵±۰/۵ ^b	۶/۰۰±۰/۸۳ ^c

* اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیارند. میانگین ها با یک حرف متفاوت دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

۴. بحث و نتیجه گیری نهایی

در پژوهش حاضر روغن ماهی کیلکا، به دلیل ترکیب منحصر به فرد اسیدهای چرب خود، که می تواند به تغذیه پوست و سلامت آن کمک کند، به عنوان یک ماده اولیه در تولید صابون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پروفایل اسیدهای چرب روغن ماهی کیلکا مورد استفاده در این پژوهش بیانگر حضور اسیدهای چرب اشباعی مانند اسید پالمیتیک (۱۹/۲۱ درصد) است و می تواند سختی و پایداری را در صابون های تولید شده افزایش دهد. علاوه بر این، حضور اسیدهای چرب غیر اشباع مفیدی همچون اولئیک اسید (۳۴/۷۸ درصد)، EPA (۶/۶۹ درصد) و DHA (۱۴/۴۴ درصد) در روغن ماهی کیلکا منجر به بهبود خواص مرطوب کنندگی، تغذیه پوست و خاصیت ضد التهابی در صابون های تولید شده گردید (Kent, 2003). پس از فرمولاسیون صابون ها خصوصیات ظاهری آنها، که یکی از مهمترین شاخص ها در پذیرش اولیه آنها است، نیز مورد بررسی قرار گرفت. از نظر ظاهری صابون های حاوی روغن ماهی کیلکا زرد رنگ اند و با افزایش میزان این روغن شدت رنگ نیز در آنها افزایش می یابد. روغن نارگیل استفاده شده

در فرمولاسیون صابون‌ها به‌عنوان منبع اسید لوریک (۱۲ کربن) در طی فرآیند صابون‌سازی می‌تواند به سدیم لورات تبدیل شود. علاوه بر این روغن نارگیل، به‌عنوان پایه اسید چرب، خاصیت کف کردن و شستشو را برای صابون‌های تولید شده نیز فراهم می‌کند. معمولاً در صابون‌سازی از اسیدهای چرب با تعداد ۱۰ کربن و یا کمتر از آن استفاده نمی‌شود زیرا منجر به تحریک پوست و همچنین بوی نامطبوع در آن می‌گردد. سود مورد استفاده در فرمولاسیون نیز که به‌عنوان قلیا استفاده می‌شود در اثر واکنش با گلیسریدها منجر به شفافیت بیشتر در صابون‌های تولید شده می‌گردد (Hayati et al., 2020). علاوه بر این، سود (NaOH) نیز با اسیدهای چرب (RCOOH) واکنش داده و صابون (RCOONa) و آب (H₂O) تولید می‌کند. از دیگر ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی بررسی شده در صابون‌های فرموله شده پژوهش حاضر، محتوای رطوبتی و pH اند. وجود آب به‌عنوان یک محصول جانبی ممکن است رطوبت صابون را افزایش دهد که مطابق با استاندارد ملی حداکثر ۱۵ درصد باید باشد (BSN, 2021). میزان رطوبت در صابون با کیفیت، دوام و بافت صابون ارتباط دارد. صابون با محتوای رطوبتی کم، دارای بافتی سفت (Setiawati and Ariani, 2020) و طول عمر بیشتری است، در حالی که صابون با رطوبت بیش از استاندارد SNI ماندگاری و طول عمر کوتاه‌تری دارد (Marya et al., 2023). محتوای رطوبتی صابون‌های فرموله شده در مطالعه حاضر با افزایش غلظت روغن ماهی کیلکا افزایش یافت با این حال بالاترین میزان درصد رطوبت صابون جامد تهیه شده مطابق با استانداردهای SNI و در محدوده آن است. این یافته‌ها با یافته‌های سایر مطالعات هم‌راستا است. براساس مطالعه Diana و Sukeksi (۲۰۲۰) افزایش محتوای آب در صابون‌سازی به‌دلیل افزایش دمای واکنش در طی فرآیند ساخت است. در واقع افزایش دما باعث تسریع واکنش صابونی شدن می‌شود و هرچه واکنش سریع‌تر رخ دهد، آب بیشتری در صابون به دام می‌افتد.

علاوه بر محتوای رطوبتی، pH صابون‌های تولید شده نیز در محدوده استاندارد SIN (۹ تا ۱۱) قرار داشت. براساس نتایج ارائه شده در جدول ۲ افزودن روغن ماهی کیلکا به فرمولاسیون صابون منجر به افزایش میزان pH گردید. افزایش pH پس از فرآیند صابون‌سازی در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج به دست آمده هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر است (Fitriani et al., 2017). براساس گزارش‌های ارائه شده، تغییر pH در طول فرآیند صابون‌سازی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند غلظت مواد افزودنی، از جمله غلظت ماده مؤثره (در این مطالعه روغن ماهی کیلکا) و میزان NaOH مورد استفاده باشد (Fitriani et al., 2017). از دیگر عوامل مؤثر بر میزان pH در فرآیند صابون‌سازی، را می‌توان به میزان اختلاط مواد اولیه با هم اشاره کرد. هرچه نسبت اختلاط مواد و میزان واکنش بیشتر باشد، pH صابون تولید شده کمتر خواهد بود و می‌تواند ناشی از واکنش کامل NaOH مورد استفاده با اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن و در نتیجه کاهش میزان NaOH باقیمانده در صابون تولیدی باشد (Aprianti et al., 2019). میزان بالای pH در صابون نیز می‌تواند نشان‌دهنده درصد بالایی از مواد اولیه‌ای باشد که در واکنش و فرآیند صابون‌سازی شرکت نکرده‌اند. بنابراین وجود NaOH در مقادیری بیش از حد مورد نیاز در یک صابون، می‌تواند از دلایل احتمالی افزایش pH در صابون باشد (Oyedele et al., 2017).

پایداری کف و مقدار چربی کل در صابون، از جمله شاخص‌های مهمی هستند که می‌توانند به عملکرد و پایداری صابون در طول زمان نگهداری کمک کنند. در مطالعه حاضر صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا، با ارتفاع کف ۳ سانتی‌متر (بعد از ۱۵ دقیقه)، پایدارترین کف را تولید کرد (شکل ۲). عوامل متعددی مانند استفاده از یک ماده فعال یا سورفکتانت (به‌عنوان مثال، سدیم لوریل سولفات)، تثبیت‌کننده‌های کف و همچنین نوع روغن مورد استفاده بر میزان کف‌کنندگی و پایداری آن در صابون تأثیر دارند (Wibowo, 2015). در این پژوهش از هیچ افزودنی به‌عنوان تقویت‌کننده کف استفاده نشد با این وجود پایداری کف صابون‌های فرموله شده در آن از سایر مطالعات مشابه بیشتر بود. به‌عنوان مثال در مطالعه Mokate و همکاران (۲۰۲۴) بدون افزودن هیچ نوع تثبیت‌کننده و سورفکتانت، صابونی از مواد و روغن‌های طبیعی تهیه شد که دارای کفی با ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر بود (Mokate et al., 2024) که از ارتفاع کف تمامی صابون‌های فرموله شده در پژوهش حاضر کمتر است. کف تشکیل شده در این صابون‌ها ممکن است به‌علت مواد روغنی استفاده شده در فرمولاسیون آنها باشد. غلظت و نوع ترکیب اسیدهای چرب مورد استفاده و محلول قلیایی می‌تواند بر میزان کف و همچنین پایداری و سرعت تشکیل آن تأثیر گذارد. براساس گزارش‌های ارائه شده، صابون با محتوای اسیدهای چرب غیراشباع دارای کف پایدارتری است که حضور اسیدهای چرب غیر اشباع به این پایداری کمک می‌کند

(Baehakiet *et al.*, 2019). بر این اساس، افزایش میزان پایداری کف با افزایش سهم روغن ماهی کیلکا در صابون‌های تولید شده در این پژوهش و همچنین بیشتر بودن ارتفاع کف آنها از صابون فرموله شده در مطالعه Mokate و همکاران (۲۰۲۴)، می‌تواند به دلیل اسیدهای چرب غیراشباع موجود در روغن ماهی کیلکا باشد. علاوه بر این، ترکیب اسیدهای چرب روغن مورد استفاده در فرمولاسیون صابون از عوامل مهم و تأثیرگذار بر قدرت پاک‌کنندگی در صابون‌ها به شمار می‌آیند. براساس مطالعات انجام شده، محتوای اسیدهای چربی مانند اسیدلوریک و میریستیک اسید در صابون می‌توانند منجر به تولید کف زیاد در صابون و در نتیجه بهبود قدرت پاک‌کنندگی در آن گردند (Phanstielet *et al.*, 1998). با این حال، صابون‌های تولید شده در این پژوهش با محتوای اسید چرب غیر اشباع، از قدرت پاک‌کنندگی خیلی خوبی برخوردار بودند. محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع علاوه بر پایداری کف و قدرت پاک‌کنندگی می‌تواند بر میزان سختی بافت صابون نیز تأثیر داشته باشد که در مطالعات زیادی به بررسی آن پرداختند. در پژوهشی Pradipto (۲۰۰۹) بیان می‌کند که هرچه میزان اسیدهای چرب اشباع شده در یک صابون بیشتر باشد، بافت آن سخت‌تر خواهد بود. همچنین در مطالعه Thirunavukkarasu و همکاران (۲۰۲۰) پس از تهیه صابون با انواع روغن‌های گیاهی، بیان کردند که افزایش غلظت روغن سویا و روغن کرچک منجر به کاهش سختی بافت صابون خواهد شد. آنها دلیل این یافته را کمتر بودن محتوای اسیدهای چرب اشباع و بالا بودن محتوای اسیدهای چرب غیراشباع در این روغن‌ها ارائه دادند. از همین رو، کاهش سختی بافت صابون‌های فرموله شده با ۶ و ۱۲ درصد روغن ماهی نسبت به سایر تیمارها در پژوهش حاضر (شکل ۳) را نیز می‌توان به بیشتر بودن مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع در این صابون‌ها نسبت داد. علاوه بر این در مطالعه‌ای Widyasanti و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که میزان سختی در بافت صابون می‌تواند تحت تأثیر محتوای رطوبتی آن نیز باشد و بافت نرم‌تر در اثر محتوای رطوبتی بالاتر است. مطابق با این یافته‌ها در پژوهش حاضر نیز محتوای رطوبتی صابون‌های ۶ و ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا محتوای رطوبتی بالاتر و بافت نرم‌تری سبب به سایر تیمارها داشتند.

میزان قلیای آزاد در صابون به مقدار قلیای واکنش نداده مانند هیدروکسید سدیم (NaOH) یا هیدروکسید پتاسیم (KOH) پس از فرآیند صابونی شدن اشاره دارد که به‌صورت درصدی از وزن صابون بیان می‌شود. میزان قلیای آزاد یکی از شاخص‌های مهم در صابون‌سازی است زیرا میزان بالای آن باعث ایجاد صابونی خشک می‌گردد که منجر به تحریک پوست می‌گردد در حالی که مقادیر کم آن می‌تواند بر عملکرد و پاک‌کنندگی صابون تأثیر داشته باشد (Hernani *et al.*, 2015). نتایج مربوط به مقادیر قلیای آزاد محاسبه شده در صابون‌های فرموله شده در این پژوهش نشان داد که با افزودن روغن ماهی کیلکا به فرمولاسیون صابون جامد مقادیر قلیای آزاد صابون کاهش یافت. Bhandari و همکاران (۲۰۲۴) نیز پس از تهیه صابونی با ژل گیاهی آلوئه ورا میزان قلیای آزاد صابون تولید شده را ۰/۵۲۷ درصد برآورد کردند در حالی که میزان قلیای آزاد یک صابون تجاری را ۰/۸۰۶ درصد گزارش کردند. براساس مطالعه Setiadi و همکاران (۲۰۱۸) افزایش در میزان قلیای آزاد می‌تواند ناشی از صابون‌سازی نامناسب و ناقص و یا اضافه شدن بیش از حد قلیا در حین آماده‌سازی و کمبود مقدار اسید چرب موجود برای فرآیند صابونی شدن باشد.

صابون‌های ضد باکتریایی به‌طور ویژه برای کشتن یا مهار رشد باکتری‌ها ساخته می‌شوند و به‌همین دلیل حاوی مواد فعالی هستند که سلول‌های باکتریایی را هدف قرار می‌دهد. روغن ماهی کیلکا حاوی اسیدهای چرب غیراشباع است که دارای خاصیت باکتری کشی است. به‌طور کلی اسیدهای چرب غیراشباع فعالیت‌های ضد باکتریایی قابل توجهی را در برابر بسیاری از پاتوژن‌ها یا عوامل بیماری‌زای باکتریایی از جمله *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis*, *Pseudomonas aeruginosa* و *Neisseria gonorrhoeae* نشان دادند (Casillas-Vargaset *et al.*, 2021). علاوه بر این، Sun و همکاران (۲۰۱۶) پس از جداسازی DHA و EPA از روغن ماهی گزارش کردند که این اسیدهای چرب غیراشباع در برابر *P. gingivalis* و *F. nucleatum* فعالیت ضدباکتریایی خوبی را نشان دادند (Sun *et al.*, 2016). روغن ماهی کیلکا مورد استفاده در این پژوهش حاوی اسیدهای چرب غیر اشباعی مانند EPA (۶/۶۹ درصد)، DHA (۱۴/۴۳ درصد) و اولئیک اسید (۳۴/۷۸ درصد) می‌باشد که می‌تواند یکی از عوامل مهار کنندگی رشد باکتری‌ها در صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی باشد (جدول ۶). علاوه بر اسیدهای چرب غیر اشباع، بسیاری از اسیدهای چرب اشباع مانند اسید پالمیتیک نیز دارای خاصیت ضدباکتریایی قوی نیز هست (Kalemba and Kunica, 2003) و در روغن ماهی کیلکای پژوهش حاضر ۱۹/۲۱ درصد از سهم اسیدهای چرب را به‌خود اختصاص

داده است. براساس مطالعات انجام شده، اسید پالمیتیک به‌عنوان یک آنزیم لیپاز می‌تواند روی دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی، که غشاء خارجی آن شامل لایهٔ لیپو پلی‌ساکارید است، مؤثر باشد و از این طریق دیواره سلولی را تخریب و مانع از تکثیر باکتری گرم منفی شود (Kensa and Yasmin, 2011; Bergman et al., 2001).

یکی از ارزیابی‌های مهم و مورد بررسی در انواع محصولات آرایشی بهداشتی، ارزیابی حسی است. ارزیابی حسی در تولید صابون بسیار مهم هست زیرا بیانگر پذیرش محصول نهایی از نظر خواص حسی مصرف‌کننده مانند ظاهر، رایحه و حس ایجاد کننده در پوست می‌باشد. این عوامل بر ترجیح مصرف‌کننده و پذیرش محصول در بازار تأثیر می‌گذارند. براساس امتیازات گزارش شده توسط ارزیابان، پس از ۲۸ روز استفاده، صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا از نظر خاصیت مرطوب‌کنندگی و آبرسانی تفاوت قابل توجهی با سایر صابون‌ها داشت و بیشترین امتیاز را به‌خود اختصاص داد که می‌تواند به‌دلیل وجود اسیدهای چرب شناسایی شده در روغن ماهی کیلکا و نفوذپذیری آن در پوست باشد (جدول ۷). براساس مطالعات انجام شده، EPA، DHA و ARA (آرآشیدونیک اسید) می‌تواند منجر به آبرسانی، حفظ رطوبت و تقویت تولید کلاژن در پوست گردند (Brenner, 2006). علاوه بر این، مطالعات انجام شده نشان می‌دهد وجود آلفا لینولئیک اسید، لینولئیک اسید، DHA و EPA در فرمولاسیون صابون‌های آرایشی منجر به کاهش تبخیر آب پوست، تحریک کلاژن‌سازی، کاهش التهاب، محافظت پوست در برابر اشعهٔ فرابنفش و در نهایت سلامت پوست می‌گردد (Huang et al. 2018). اگرچه صابون حاوی ۱۲ درصد روغن ماهی کیلکا از نظر حفظ رطوبت پوست بسیار مورد پذیرش مصرف‌کنندگان است، اما از نظر بو، رنگ و خواص ظاهری کمترین امتیاز را به‌خود اختصاص داده است که می‌تواند متأثر از بوی طبیعی روغن ماهی کیلکا باشد که برای بسیاری از مصرف‌کنندگان قابل پذیرش نبود.

۵. نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از روغن ماهی کیلکا (تا سطح ۱۲ درصد) در محصولات آرایشی بهداشتی به‌ویژه صابون می‌تواند منجر به بهبود خواص فیزیکو-شیمیایی، خواص ضدباکتریایی و آبرسانی (مرطوب‌کنندگی) و همچنین افزایش عملکرد در آنها گردد. با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در زمینهٔ استفاده از روغن ماهی در محصولات صابون، این پژوهش به بهینه‌سازی استفاده از روغن ماهی کیلکا در صابون پرداخت. در واقع پس از بررسی غلظت‌های مختلف، ارزیابی‌های حسی نشان داد که غلظت‌های بالاتر از ۱۲ درصد به‌دلیل داشتن بوی بیشتر در محصول از پذیرش کمتری برخوردارند. از همین رو پیشنهادهایی مانند بویگیری صنعتی روغن و سپس استفاده در محصولات آرایشی-بهداشتی می‌تواند یکی از اولویت‌های پژوهش‌های آتی باشد. علاوه بر این فرمولاسیون صابون مایع، با توجه به پذیرش بیشتر آنها، نیز در مراحل بعدی می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

References

- Abamba, G., 1993. Skin preparations. In Poucher's perfumes, cosmetics, and soaps; 3: Cosmetics, ed. H. Butler, 9th Ed. London: Chapman and Hall. pp. 335-392.
- American Oil Chemists' Society (AOCS) 1997. Official and Recommended Practices of the AOCS 7 th Ed.
- Aprianti, N., Nurhayati, S., Moeksin, R., 2019. Liquid Soap Production from Catfish (*Pangasius hypophthalmus*) Fat Waste. *IJFAC (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry)* 4(2), 77-81. DOI: 10.24845/ijfac.v4.i2.77
- Arasaretnam, S., Venujah, K., 2019. Preparation of soaps by using different oil and analyze their properties. *Natural Products Chemistry & Research* 7(357), 2-4. DOI: 10.4172/2329-6836.1000357
- Awang, R., Ahmad, S., Ghazali, R., 2001. Properties of sodium soap derived from palm-based dihydroxystearic acid. *Journal of Oil Palm Research* 13, 33-38
- Baehaki, A., Lestari, S. D., Hildianti, D.F., 2019. The Utilization of Seaweed *Eucheuma cottonii* in the Production of Antiseptic Soap. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 22(1), 143-154. DOI: 10.17844/jphpi.v22i1.25891

- Bergman, M., Varshavsky, L., Gottlieb, H.E., Grossman, S., 2001. The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. *Phytochemistry* 58(1), 143-152. DOI: 10.1016/s0031-9422(01)00137-6
- Bhandari, A., Sapkota, B., Chaudhary, G.P., 2024. The Formulation of Aloe Vera Gel Herbal Soap and Characterized its Physicochemical and Antibacterial Activities with Market Available Herbal Soap, Butwal, Nepal. *American Journal of Chemistry and Pharmacy* 3, 12-19. DOI: 10.54536/ajcp.v3i1.3410.
- Brenner J., 2006. Applications of essential fatty acids in skin care, cosmetics and cosmeceuticals. *Antiaging: physiology to formulation* 24, 441-448.
- BSN. 2021. SNI. Accessed March 17, 2022, Retrieved from <http://sispk.bsn.go.id>.
- Casillas-Vargas, G., Ocasio-Malavé, C., Medina, S., Morales-Guzmán, C., Del Valle, R.G., Carballeira, N.M., Sanabria-Ríos, D.J., 2021. Antibacterial fatty acids: An update of possible mechanisms of action and implications in the development of the next-generation of antibacterial agents. *Progress Lipid Research* 82,101093. DOI: 10.1016/j.plipres.2021.101093
- Costa, J.P., Custódio, L., Reis, C.P., 2023. Exploring the potential of using marine-derived ingredients: From the extraction to cutting-edge cosmetics. *Marine Drugs* 21(12), 620. DOI: 10.3390/md21120620
- Et, A., Jorjani, S. 2014. Chemical composition and fatty acid profile of common kilka, *Clupeonella cultriventris caspia*. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 12(1), 119-128.
- Fadhlullah, M., Soeprijadi, L., Ratnaningtyas, S., Mukhaimin, I., 2022. The application of seaweed *Gracilaria verrucosa* in Karawang, Indonesia, as an enrichment material for antibacterial soap production. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 21(3), 769-784. DOI: 10.22092/ijfs.2022.351015.0
- Fireston, D., 1998. Official Methods and Recommended practices of the American Oil Chemists Society, Vol. 1-II (5ed.) (Method 1-62). Champaign: AOCS.
- Fitriani, D., 2017. Karakteristik Dan Aktivitas Antifungi Sabun Padat Transparan Dengan Bahan Aktif Ekstrak Daun Buas-buas (*Premna cordifolia*, Linn). *EnviroScientee* 13(1), 40-46. DOI: 10.20527/es.v13i1.3510
- Gaboya, M., 2012. *Soap Making Made Easy*. Smashwords Edition.
- Hayati, S.N., Rosyida, V.T., Darsih, C., Nisa, K., Indrianingsih, A.W., Apriyana, W., Ratih, D. 2020. Physicochemical properties, antimicrobial and antioxidant activity of ganoderma transparent soap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 462, 012047. DOI 10.1088/1755-1315/462/1/012047.
- Hernani, H., Bunasor, T. K., Fitriati, F. 2015. Litro, B., 2010. Formula Sabun Transparan Antijamur dengan Bahan Aktif Ekstrak Lengkuas. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat* 21(2), 192-205. DOI: <https://doi.org/10.21070/medicra.v2i1.1488>
- Hosseini, S. F., & Eskandari, Z. (2022). A review on the common methods of oil extraction from aquatic resources and their effect on the yield and quality of the extracted oil. *Fisheries Science and Technology*, 12(1), 39-53. (In Persian)
- Huang, P., Wang, Z., Shi, Y., Zhang, R., Feng, X., Kan, J., 2022. Deodorizing effects of rosemary extract on silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and determination of its deodorizing components. *Journal of Food Science* 87(2), 636-650. DOI: 10.1111/1750-3841.16023
- Huang, T.H., Wang, P.W., Yang, S.C., Chou, W.L., Fang, J.Y., 2018. Cosmetic and therapeutic applications of fish oil's fatty acids on the skin. *Marine Drugs* 16(8), 256. DOI: 10.3390/md16080256
- Kalembe, D.A.A.K., Kunicka, A., 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry* 10(10), 813-829. DOI: 10.2174/0929867033457719
- Kensa, V.M., Yasmin, S., 2011. Phytochemical screening and antibacterial activity on *Ricinus communis* L. *Plant Sciences Feed* 1(9), 167-173.
- Kent, J.A., 2003. Soap, Fatty Acids, and Synthetic Detergents. In: Kent, J.A. (eds) *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*. Springer, Boston, MA. pp. 1098-1140.
- Loden, M., 2005. The clinical benefit of moisturizers. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 19(6), 672-688. DOI: 10.1111/j.1468-3083.2005.01326.x
- Maron, S. H., Ulevitch, I.N., Elder, M.E., 1952. Determination of soap, acid, and alkali in synthetic latices. *Analytical Chemistry* 24(6), 1068-1070. DOI.org/10.1021/ac60066a060

- Marya, D. T., Sofiana, A., Hanif, M., 2023. Characteristics of Tallow-Based Soap by the Addition of Kefir Curd from Goat Milk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 33(1), 9-15. DOI: 10.21776/ub.jiip.2023.033.01.02
- Mishra, D., 2013. Preparation of soap using different types of oils and exploring its properties. B. Tech. thesis, Dept. of Chemical Eng., National Institute of Tech., Rourkela, India, (109ch0476)
- Mokate, R.D., Kokat, J.S., Aher, B.P., Kakade, A., Patil, S., Darade, D., 2024. Preparation and evaluation of herbal antimicrobial soap. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 13(5), 288-293. DOI: 10.47583/ijpsrr.2021.v71i02.019
- Nobakht, M., Rezaie, M., & Naghdi, S. (2023). Evaluation of extraction efficiency and quality of common kilka fish oil (*Clupeonella cultriventris caspia*) extracted at different times of hydrolysis with alcalase enzyme. *Fisheries Science and Technology* 12(2), 137-152. (In Persian)
- Oyedele, A.O., Akinkunmi, E.O., Fabiyi, D.D., Orafidiya, L.O., 2017. Physicochemical properties and antimicrobial activities of soap formulations containing *Senna alata* and *Eugenia uniflora* leaf preparations. *Journal of Medicinal Plants Research* 11(48), 778-787. DOI: 10.5897/JMPR2017.6515
- Phanstiel I.O., Dueno, E., Wang, Q.X.. 1998. Synthesis of exotic soaps in the chemistry laboratory. *Journal of chemical Education* 75(5), 612. DOI: 10.1021/ed075p612
- Pradipto, M. 2009. Pemanfaatanminyakjarakpagar (*Jatropha curcas* L.) sebagaibahandasarsabun mandi. DOI: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/12084>
- Puglia, C., Tropea, S., Rizza, L., Santagati, N.A., Bonina, F. 2005. In vitro percutaneous absorption studies and in vivo evaluation of anti-inflammatory activity of essential fatty acids (EFA) from fish oil extracts. *International Journal of Pharmaceutics* 299(1-2), 41-48. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2005.04.031
- Purwanto, M., Yulianti, E.S., Nurfauzi, I.N., 2021. Effects of soapmaking process on soap stability with dragon fruit peels extract. In *Journal of Physics: Conference Series* 1726 (1) 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/1726/1/012001
- Ratnayake, W., Olsson, B., Matthews, D., Ackman, R. 1988. Preparation of omega - 3 PUFA concentrates from fish oils via urea complexation. *Lipid/Fett* 90(10), 381-386. DOI: 10.1002/lipi.19880901002
- Sanyal, T., Rakshit, I., Bhattacharjee, B., 2024. Green healthcare: initiatives and adaptations for sustainable future. *Environment, Development and Sustainability* 1-12. DOI: 10.1007/s10668-024-04957-z
- Setiadi, Anindia, F., 2018. Manufacture of solid soap based on crude papain enzyme and antioxidant from papaya. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 105 (1), 012048. DOI: 10.1088/1755-1315/105/1/012048
- Setiawati, I., Ariani, A., 2020. Kajian pH dan kadar air dalam SNI sabun mandi padat di Jabedebog. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Standardisasi* 293-300. DOI: 10.31153/ppis.2020.78
- Sun, M., Zhou, Z., Dong, J., Zhang, J., Xia, Y., Shu, R., 2016. Antibacterial and antibiofilm activities of docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) against periodontopathic bacteria. *Microbial Pathogenesis* 99, 196-203. DOI: 10.1016/j.micpath.2016.08.025
- Wibowo, H., 2015. The utilization of glycerol, biodiesel side product of used cooking oil as glycerol acetate material synthesis. *Jurnal Penelitian Saintek* 20(2), 149-156. DOI: 10.21831/jps.v20i2.9601
- Widyasanti, A., Ayuningtyas, B., Rosalinda, S., 2020. Characterization of liquid soap from castor oil (*Ricinus communis*) with the addition of white tea extracts. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 443 (1), 012061. DOI: 10.1088/1755-1315/443/1/012061
- Zulfakar, M.H., Abdelouahab, N., Heard, C.M., 2010. Enhanced topical delivery and ex vivo antiinflammatory activity from a betamethasone dipropionate formulation containing fish oil. *Inflammation Research* 59(1), 23-30. DOI: 10.1007/s00011-009-0065-z