



Optymalizacja receptury kremu antyoksydacyjnego pod kątem właściwości sensorycznych i organoleptycznych

Optimization of the antioxidant cream formulation in terms of sensory and organoleptic properties

STRESZCZENIE

Wstęp: Sukces rynkowy kosmetyku zależy nie tylko od jego skuteczności, ale i cech sensorycznych. Dobór składników wpływa na właściwości aplikacyjne, jak i na aktywność substancji czynnych.

Cel: Celem pracy była optymalizacja receptury kremu antyoksydacyjnego z ekstraktem z liści poziomki pospolitej (*Fragaria vesca* L.) pod kątem właściwości sensorycznych, przy jednoczesnym zachowaniu jego aktywności przeciwutleniającej.

Materiały i metody: Opracowano dziewięć wariantów recepturowych różniących się zawartością ekstraktu (60-70%), proporcją oleju arganowego do masła shea oraz udziałem trójglicerydu kaprylowo-kaprynowego. Ocenę cech sensorycznych przeprowadzono metodą skalowania i kategoryzacji z udziałem przeszkolonego panelu 10 probantów.

Wyniki: Wszystkie receptury wykazały wysoką aktywność antyoksydacyjną. Zaobserwowano przy tym istotne statystycznie różnice w ocenach sensorycznych pomiędzy poszczególnymi wariantami. Najwyższą ocenę ogólną uzyskała receptura zawierająca 60% ekstraktu, 15% masła shea, 5% oleju arganowego i 10% trójglicerydu kaprylowo-kaprynowego.

Wnioski: Odpowiednia modyfikacja receptury oraz zrównoważenie proporcji fazy lipidowej pozwalają na stworzenie skutecznego i atrakcyjnego sensorycznie kosmetyku o wysokim potencjale antyoksydacyjnym.

Słowa kluczowe: krem antyoksydacyjny, ocena sensoryczna, optymalizacja receptury, właściwości organoleptyczne, skóra.

ABSTRACT

Background: The market success of a cosmetic depends not only on its effectiveness but also on its sensory properties. The selection of ingredients influences both its application properties and the performance of the active substances.

Objective: The study aimed to optimize the formulation of an antioxidant cream containing wild strawberry leaf extract (*Fragaria vesca* L.) with respect to sensory and organoleptic properties, while preserving antioxidant activity.

Materials and methods: Nine formulations were developed, differing in extract content (60-70%), argan oil to shea butter ratio, and caprylic/capric triglyceride content. Sensory properties were assessed by a scaling and categorization method using a trained panel of 10 test subjects.

Results: All formulas demonstrated high antioxidant activity. Statistically significant differences were observed in sensory scores between the individual variants. The highest overall score was achieved by the formula containing 60% extract, 15% shea butter, 5% argan oil, and 10% caprylic/capric triglyceride.

Conclusions: Appropriate modification of the formula and a balanced lipid phase ratio allow the formulation of an effective and sensorially appealing cosmetic with high antioxidant potential.

Keywords: antioxidant cream, sensory evaluation, formulation optimization, organoleptic properties, skin.



WSTĘP

Skuteczność kosmetyku nie jest jedynym czynnikiem decydującym o jego sukcesie rynkowym. O lojalności konsumentów, chęci ponownego zakupu oraz rekomendacjach decydują przede wszystkim właściwości sensoryczne preparatu. Z tego powodu optymalizacja cech użytkowych receptury stanowi jeden z kluczowych etapów tworzenia produktu [1]. Proces ten wymaga doboru odpowiednich surowców kosmetycznych wpływających na lepsze właściwości aplikacyjne z zachowaniem skuteczności działania preparatu. Ocena właściwości przeciwutleniających metodą wymiatania wolnych rodników (DPPH, 2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl) oraz analiza sensoryczna na skali 5-punktowej przeprowadzona przez przeszkolony panel oceniaczy umożliwia precyzyjne dopracowanie receptury. Taka ewaluacja pozwala stworzyć kosmetyk łączący wysoką skuteczność pielęgnacyjną z doskonałymi walorami użytkowymi. Efektem końcowym jest opracowanie receptury kremu, który osiąga optymalną równowagę między skutecznością działania a przyjemnością stosowania, odpowiadając na aktualne potrzeby rynku i oczekiwania współczesnego konsumenta.

Badanie właściwości antyoksydacyjnych metodą wymiatania rodnika DPPH

Jedną z najczęściej stosowanych metod oceny aktywności antyoksydacyjnej jest test z użyciem rodnika DPPH. Jest to stabilny rodnik azotowy o intensywniej fioletowej barwie, który w obecności antyoksydantów ulega redukcji, zmieniając barwę na żółtą lub ulega całkowitemu odbarwieniu. Zmiana intensywności barwy jest proporcjonalna do zdolności przeciwutleniającej badanej próbki [2].

Pomiar zmiany absorbancji wykonywany jest za pomocą spektrofotometru przy długości fali 517 nm, a wartości mogą być przedstawiane w postaci procentowego wymiatania rodnika lub przeliczane na równoważniki znanego standardowego antyoksydanta, najczęściej troloksu (TEAC, *trolox equivalent antioxidant capacity*) [3]. Metoda ta ma jednak pewne ograniczenia – nie oddaje w pełni mechanizmów działania antyoksydantów *in vivo*, ponieważ reakcja przebiega w środowisku metanolem, etanolem lub acetonem, które znacząco różni się od warunków fizjologicznych. Mimo tych ograniczeń metoda ta znajduje szerokie zastosowanie w ocenie surowców roślinnych i kosmetyków, cechując się wysoką powtarzalnością oraz dobrą korelacją z innymi oznaczeniami chemicznymi [2].

W kontekście badań kosmetycznych metoda DPPH znajduje szerokie zastosowanie do oceny właściwości ochronnych produktów przed stresem oksydacyjnym, co ma istotne znaczenie w profilaktyce starzenia się skóry oraz w prewencji zniszczeń powodowanych przez wolne rodniki [4].

Analiza sensoryczna

Analiza sensoryczna to zespół metod badawczych służących do obiektywizacji subiektywnych wrażeń zmysłowych. Stanowi nieodłączny i istotny element analizy jakości produktów w wielu obszarach przemysłu, w tym również w sektorze kosmetycznym. Jej celem jest ocena cech percepcyjnych wyrobu, mierzonych za pomocą zmysłu wzroku, węchu, dotyku, a niekiedy smaku. Badania takie przeprowadzane są na wstępnym etapie projektowania nowych formułacji, jak i w ramach kontroli produktu końcowego. Badania sensoryczne dostarczają informacji o preferencjach konsumenckich oraz o poziomie akceptacji produktu przez użytkownika końcowego. Stanowią nieodzowny element procesu projektowania kosmetyków o optymalnych właściwościach użytkowania [5, 6].

Ze względu na subiektywny charakter oceny sensorycznej, procedury badawcze muszą być ściśle określone, aby zapewnić powtarzalność i odtwarzalność wyników. Z tego powodu badania te są przeprowadzane zazwyczaj w specjalnie przystosowanych do tego laboratoriach, w kontrolowanych warunkach zewnętrznych, niezaburzających pomiaru (odpowiednia temperatura, oświetlenie, wilgotność powietrza) oraz przez wykwalifikowany zespół oceniaczy, czyli tzw. panel sensoryczny. Panelistami mogą być eksperci o potwierdzonych kompetencjach lub przeszkoleni konsumenci [7]. Szkolenie probantów odgrywa ważną rolę w ocenie sensorycznej, ponieważ umożliwia standaryzację percepcji i nazewnictwa ocenianych cech, dzięki czemu możliwe jest zachowanie powtarzalności wyników oraz wysokiej jakości analizy [8]. Panel ekspercki ocenia intensywność parametrów sensorycznych produktu zgodnie z ustalonymi protokołami. Kiedy celem analizy jest ocena preferencji i akceptacji produktu przez potencjalnych klientów, analizie poddawane są te same parametry co w ocenie sensorycznej, jednak dokonywana jest ona przez nieprzeszkolone grupy probantów. Tego typu badanie określa się mianem oceny organoleptycznej. Jest to ocena hedonistyczna i jest formą analizy konsumenckiej. Te badania zazwyczaj obejmują większe grupy respondentów, co pozwala uzyskać dane statystycznie istotne z punktu widzenia rozwoju produktu na rynku [6].

Produkty kosmetyczne w postaci emulsji poddawane są ocenie sensorycznej na podstawie zestawu kryteriów jakościowych [9]. Badanymi parametrami są: konsystencja, jednolitość, rozprowadzanie, przyczepność, efekt poduszki, kleistość, tłustość/natłuszczenie, wchłanianie, wygładzanie.

- Konsystencja. Parametr ściśle związany z gęstością i lepkością produktu, oceniany jest poprzez zanurzenie palca w emulsji i analizę oporu, jaki stawia kosmetyk przy jego wyciąganiu.
- Jednolitość. Stopień jednorodności preparatu oceniany wizualnie oraz dotykowo; ocenie podlega występowanie rozwarstwień, pęcherzyków powietrza, grudek lub innych niejednolitych fragmentów.

- Rozprowadzanie. Łatwość aplikacji produktu na skórę oraz opór przy rozsmarowywaniu.
- Przyczepność. Łatwość pobierania produktu na opuszek oraz jego spływania. Emulsja o dobrej przyczepności tworzy trwałe stożek i nie rozlewa się po nabraniu.
- Efekt poduszki. Wrażenie ilości emulsji odczuwalnej pomiędzy palcem wskazującym i kciukiem podczas pocierania. Wraz ze wzrostem wyczuwalności objętości nałożonego preparatu rośnie efekt poduszki.
- Kleistość. Analizowane jest wrażenie lepkości pozostającej na skórze po aplikacji produktu. Oceny dokonuje się poprzez przyłożenie dłoni do skóry po krótkim czasie od aplikacji.
- Tłustość/natłuszczenie. Obecność tłustego filmu bezpośrednio po aplikacji. Oceniana może być także trwałość tego efektu po upływie 30 i 60 minut.
- Wchłanianie. Czas potrzebny do całkowitego „wchłonięcia” emulsji poprzez warstwę rogową. Im krótszy czas, tym wyższa ocena tego parametru.
- Wygładzenie. Efekt oceniany po chwili od aplikacji preparatu poprzez porównanie stopnia wygładzenia powierzchni skóry posmarowanej i nieposmarowanej [10].

Poza badaniami sensorycznymi do oceny organoleptycznej zalicza się także cechy takie jak zapach, kolor i ogólne wrażenie, jakie sprawia wyrób na konsumentach. Jest to ocena hedonistyczna, która dotyczy indywidualnych preferencji i stopnia akceptacji produktu przez konsumentów (kategorie takie jak: „podoba mi się / nie podoba mi się”, „kupiłbym / nie kupiłbym”, „lubię / nie lubię”). Statystyczne opracowanie takich wyników jest możliwe dzięki zastosowaniu skali punktowej (zwykle 7- lub 9-punktowej) [12].

CEL

Celem przedstawionych badań była optymalizacja receptury kremu antyoksydacyjnego do twarzy, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości sensorycznych i organoleptycznych.

MATERIAŁY I METODY

Surowce do stworzenia receptur: woda destylowana, masło shea (*Butyrospermum Parkii Butter*), (Chmara Blend, Polska), mieszanina kwasu dehydrooctowego i alkoholu benzylowego – konserwant Geogard 221 (Rumiano, Polska), trójgliceryd kaprylowo-kaprynowy (Rumiano, Polska), olej arganowy (Chmara Blend, Polska), ekstrakt z liści poziomki pospolitej wykonany w laboratorium z liści w formie suszu (Aromatika, Polska).

Użyte odczynniki: glicerol cz.d.a. (Chempur, Polska), 2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl (DPPH; Sigma-Aldrich, USA), aceton cz.d.a. (Chempur, Polska).

Wykorzystany sprzęt laboratoryjny: spektrofotometr U-5100 (Hitachi, Japonia), waga analityczna (Kern & Shon GmbH, Niemcy), waga elektroniczna WTB 2000 (Radwag, Polska), łaźnia ultradźwiękowa (Polsonic, Polska), mieszadło magnetyczne MS 11 (Wirgo, Polska), pipety automatyczne (Eppendorf, Niemcy), mieszadło laboratoryjne mechaniczne 10031050 (Steinberg Systems, Niemcy).

Materiał roślinny i przygotowanie ekstraktu

Materiał roślinny użyty do przygotowania ekstraktów stanowiły liście poziomki pospolitej zakupione w formie suszu w sklepie zielarskim (Aromatika, Polska). Wyciąg został przygotowany za pomocą ekstrakcji ultradźwiękowej (40 Hz) w czasie 60 minut. Rozpuszczalnikiem użytym do tego procesu był roztwór gliceryny w wodzie w stężeniu 15%. Zawartość liści w rozpuszczalniku wynosiła 5%. Stężenie, czas ekstrakcji oraz rodzaj rozpuszczalnika został dobrany na podstawie wcześniej prowadzonych badań.

Optymalizacja receptury

W ramach badań nad optymalizacją receptury antyoksydacyjnego kremu z ekstraktem z liści poziomki pospolitej przeprowadzono analizę czynników wpływających na sensorykę. Postanowiono sprawdzić, jak zmiany proporcji między olejem arganowym a masłem shea oraz zawartość ekstraktu będą wpływały na odczucia użytkowe. W recepturach, w których została obniżona zawartość ekstraktu, zastosowany został dodatkowy emolient – trójgliceryd kaprylowo-kaprynowy (CCTG, *caprylic/capric triglyceride*). Stworzono 9 wariantów receptur z różną zawartością tych surowców. Receptury zostały przedstawione w tabeli 1.

Tab. 1. Skład jakościowy i ilościowy badanych wariantów recepturowych kremu antyoksydacyjnego, ze zmiennym udziałem proporcji: oleju arganowego, masła shea, ekstraktu z liści poziomki pospolitej oraz CCTG. **Źródło:** Archiwum własne autorów.

Nr	Ekstrakt [wt. %]	Olej arganowy [wt. %]	Masło shea [wt. %]	Trójgliceryd kaprylowo-kaprynowy [wt. %]	Konserwant [wt. %]	Emulgator [wt. %]
1	70	10	10	0	2	8
2	70	15	5	0	2	8
3	70	5	15	0	2	8
4	60	10	10	10	2	8
5	60	15	5	10	2	8
6	60	5	15	10	2	8
7	65	10	10	5	2	8
8	65	15	5	5	2	8
9	65	5	15	5	2	8

Badanie właściwości antyoksydacyjnych emulsji metodą wymiatania rodnika DPPH

Ze wszystkich przygotowanych receptur pobrano 1 g i rozpuszczono w 9 cm³ acetonu i umieszczono na mieszadle magnetycznym na ok. 30 min (do całkowitego rozpuszczenia). Do szklanych kuwet pomiarowych o grubości 1 mm odmierzono pipetą automatyczną po 2,5 cm³ roztworu DPPH rozcieńczonego w acetonie. Następnie, do każdej kuwety w odstępach co 30 sekund dodawano po 0,132 cm³ badanych próbek. Kuwety zabezpieczono korkiem i dokładnie wymieszano przez inwersję. Z każdej próbki wykonano po 3 oznaczenia. Próbkę inkubowano przez 10 minut w temperaturze pokojowej. Po inkubacji zmierzono absorbancję próbek za pomocą spektrofotometru i długości fali 517 nm. Na podstawie uzyskanych pomiarów oraz równania krzywej kalibracyjnej ($y = -0,7814x + 1,0153$; $R^2 = 0,9874$) wyznaczono stężenie równoważnika troloksu (RT) w przeliczeniu na masę preparatu [mg troloksu/g emulsji], korzystając ze wzorów (1) i (2):

$$C_{\text{troloksu}} = \frac{\text{absorbancja} - b}{a} \quad (1)$$

gdzie:

C_{troloksu} – stężenie troloksu [mmol/dm³]
 absorbancja – absorbancja próbki
 b – wartość b z równania krzywej wzorcowej
 a – wartość a z równania krzywej wzorcowej

$$RT = C_{\text{troloksu}} \times 5,01 \times \text{rozcieńczenie} \quad (2)$$

gdzie:

RT – równoważnik troloksu [mg troloksu/g surowca]
 C_{troloksu} – stężenie troloksu [mmol/dm³]
 5,01 – stała kalibracyjna
 rozcieńczenie – rozcieńczenie próbki do badania

Badania sensoryczne i organoleptyczne receptur

Badanie sensoryczne stworzonych receptur zostało przeprowadzone metodą skalowania i kategoryzacji na przeszkolonej grupie 10 probantów. Panelistami byli pracownicy Zakładu Chemii Kosmetycznej i Farmaceutycznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie, którzy w swojej codziennej pracy profesjonalnie zajmują się oceną sensoryczną i organoleptyczną różnych form kosmetycznych oraz członkowie koła naukowego przy Zakładzie Chemii Kosmetycznej i Farmaceutycznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie, prowadzący nierzadko badania sensoryczne do celów naukowych. Percepcja została skontrolowana za pomocą testu czucia powierzchniowego oraz czucia głębokiego. Weryfikację wrażliwości i sprawności sensorycznej panelistów oparto na ustandaryzowanych metodach analizy sensorycznej zgodnie z normami ISO (PN-EN ISO 8587, PN-EN ISO 8586, PN-EN ISO 4120).

W celu oceny czucia powierzchniowego poproszono probantów o ocenę metodą trójkątną próbek peelingów z trzema różnymi ścierniwami: solą morską, pestkami truskawek oraz zmielonym pumeksem. Oceniający otrzymywali zestaw trzech próbek, w którym dwie były identyczne, natomiast jedna różniła się od pozostałych. Warunkiem zakwalifikowania panelisty do dalszej części badania było poprawne wskazanie różniącej się próbki w co najmniej dwóch przypadkach na trzy możliwe powtórzenia. Wszyscy probanci ocenili wszystkie z prób poprawnie, kwalifikując się do badania czucia głębokiego.

W tym etapie oceniający zostali poproszeni o uszeregowanie trzech próbek prostych emulsji kosmetycznych zawierających różne stężenia emulgatora – lanoliny. Stężenia w próbkach wynosiły odpowiednio: 3%, 6% i 9%, co pozwoliło uzyskać wyraźne różnice w odczuwalnej gęstości i lepkości. Ponownie wszyscy paneliści uszeregowali poprawnie badane próbki, kwalifikując się do badania.

Wszyscy probanci wyrazili świadomą, dobrowolną zgodę na udział w badaniu oraz udzielili zgody na publikację wyników ich ankiet anonimowo. Paneliści zostali oznaczeni numerami od 1 do 10.

Tab. 2. Opisowe wyjaśnienie skali punktowej oceny sensorycznej i organoleptycznej.
Źródło: Archiwum własne autorów.

Cecha	Opis skali punktowej
Konsystencja	1 – bardzo lekka, 2 – lekka, 3 – średnia, 4 – ciężka, 5 – bardzo ciężka
Jednolitość	1 – rozwarstwa się, 2 – wyczuwalne grudki, 3 – delikatne grudki, 4 – pęcherzyki powietrza, 5 – jednorodna
Efekt poduszki	1 – prawie wcale, 2 – mały, 3 – średni, 4 – duży, 5 – bardzo duży
Rozprowadzanie	1 – bardzo łatwo się rozprowadza, 2 – łatwo się rozprowadza, 3 – średnio się rozprowadza, 4 – trudno się rozprowadza, 5 – bardzo trudno się rozprowadza
Przyczepność	1 – prawie wcale, 2 – mała, 3 – średnia, 4 – duża, 5 – bardzo duża
Kleistość	1 – prawie wcale, 2 – mała, 3 – średnia, 4 – duża, 5 – bardzo duża
Thustość/ natłuszczenie	1 – brak filmu, 2 – lekko tłusta, 3 – średnio tłusta, 4 – całkiem tłusta, 5 – pozostawia tłusty film
Wchłanianie	1 – bardzo szybko się wchłania, 2 – szybko się wchłania, 3 – średnio szybko się wchłania, 4 – długo się wchłania, 5 – bardzo długo się wchłania
Wygładzenie	1 – nie wygładza, 2 – niezbyt dobrze, 3 – średnio, 4 – wygładza, 5 – bardzo wygładza
Ogólna ocena kosmetyku	1 – bardzo słaby, 2 – słaby, 3 – neutralny, 4 – dobry, 5 – bardzo dobry

Analiza organoleptyczna, hedonistyczna została uwzględniona w ankietach jako ostatni parametr i została wykonana przez tych samych panelistów. Probandci dokonywali subiektywnej, osobistej oceny wszystkich receptur w skali punktowej od 1 do 5, gdzie 1 – kosmetyk bardzo słaby, 5 – kosmetyk bardzo dobry. Na tej podstawie wyłoniono recepturę o optymalnych właściwościach sensorycznych oraz składzie.

Paneliści nie wiedzieli, jakie receptury badają, a oceny dokonywali indywidualnie. Próbkę emulsji zostały oznaczone numerami, w celu identyfikacji. Kremy były przekazywane do badania w kolejności losowej, po jednej próbce do oznaczenia wszystkich parametrów, następnie próbki były zabierane. Ocena prowadzona była w skali 5-stopniowej. Opisowe wyjaśnienie punktów w skali zostało przedstawione w tabeli 2, oddzielnie dla każdego badanego parametru.

Probandci dokonywali oceny w formie pisemnej na papierowych ankietach, w których konkretne receptury były oznaczone numerami, a krzyżykiem zaznaczali ocenę w skali punktowej dla konkretnego parametru. Każdy wariant recepturowy został oceniony jednokrotnie przez każdego z 10 przeszkolonych panelistów (N = 10).

Analiza statystyczna

Wyniki ocen sensorycznych zaprezentowano jako średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe. Do oceny istotności różnic pomiędzy poszczególnymi wariantami recepturowymi (1-9) zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Przed przystąpieniem do analizy zweryfikowano jej podstawowe założenia: normalność rozkładu ocen w grupach za pomocą testu Shapiro-Wilka oraz jednorodność wariancji. Za poziom istotności statystycznej przyjęto $\alpha = 0,05$ (różnice uznawano za statystycznie istotne przy $p < 0,05$). Obliczenia statystyczne przeprowadzono za pomocą programu Microsoft Excel. Wybór jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) był podyktowany strukturą eksperymentu, w którym jedynym czynnikiem kwalifikującym (zmienną niezależną) był wariant recepturowy kremu (9 poziomów analizy), a mierzoną zmienną zależną – noty punktowe przyznawane poszczególnym cechom sensorycznym. Zastosowanie testu ANOVA pozwoliło na jednoczesne porównanie średnich ocen pomiędzy wszystkimi 9 wariantami bez ryzyka popełnienia błędu wielokrotnego testowania.

WYNIKI

Właściwości antyoksydacyjne receptur

Istotnym aspektem optymalizacji był fakt zachowania właściwości antyoksydacyjnych, co zostało przebadane dla wszystkich receptur metodą wymiatania rodnika DPPH. Różnice w przypadku wszystkich formułacji nie były znacząco istotne, ponieważ mieściły się w zakresie błędu. Każda z receptur charakteryzuje się silnymi właściwościami antyoksyda-

cyjnymi w zakresie od $2,91 \pm 0,07$ mg troloksu/g emulsji do $3,5 \pm 0,02$ mg troloksu/g emulsji, co pozwoliło na poddanie wszystkich emulsji badaniom sensorycznym i organoleptycznym. Próba kontrolna została wykonana na modyfikowanej recepturze nr 1 kremu, z zastosowaniem wody destylowanej zamiast ekstraktu. Próba ta została oznaczona numerem 0. Właściwości antyoksydacyjne próby 0 wyniosły $0,57 \pm 0,02$ mg troloksu/g emulsji, co pozwala na domniemanie wniosku, iż za właściwości antyoksydacyjne próbek badawczych odpowiada zawartość ekstraktu z liści poziomki pospolitej. Wyniki zostały przedstawione na wykresie (Rys. 1).

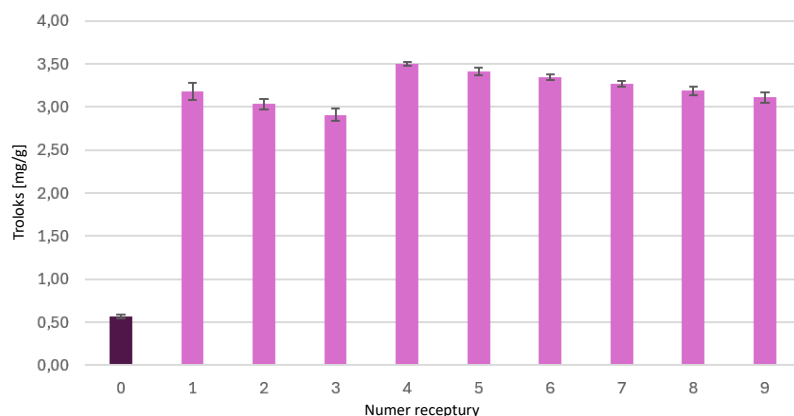
Uzyskane wyniki właściwości antyoksydacyjnych wszystkich receptur pozwoliły na określenie, w jakim stopniu zmiana receptury w zakresie stężenia ekstraktu, proporcji masła shea i oleju arganowego oraz zastosowania dodatkowego emolientu – trójglicerydu kaprylowo-kaprynowego wpływa na właściwości przeciwutleniające kremów.

Receptury, w których została zwiększona zawartość masła shea do 15%, wypadły najslabiej, zaś te o proporcji 1:1 masła shea do oleju arganowego wypadły najlepiej dla każdej zawartości ekstraktu. Jednak receptury o najwyższej zawartości oleju arganowego wykazały aktywność niższą niż te, w których proporcja między olejem a masłem była 1:1. Może to wynikać z faktu, iż niektóre antyoksydanty działają synergicznie wraz z innymi związkami, w efekcie generując silniejsze właściwości przeciwutleniające, niż działając osobno. Przykładem takiej synergii jest kwas galusowy i inne polifenole regenerujące witaminę E (cykl antyoksydacyjny). Dodatkowo wpływ na taki wynik może mieć wtórne utlenianie oleju arganowego. Choć jest on bogaty w tokoferol, jego wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych czyni go bardziej podatnym na utlenianie, jeśli nie jest odpowiednio zbalansowany innymi składnikami stabilizującymi. Ponadto wysokie stężenie witaminy E nie zwiększa liniowo działania antyoksydacyjnego, przez co może dojść do przesylenia środowiska reakcyjnego i prooksydacyjnego działania tokoferoli. Proporcja 1:1 najprawdopodobniej trafia w optymalny zakres stężenia tokoferoli, który działa skutecznie, ale bez efektów ubocznych. Potwierdzenie tej hipotezy wymaga dalszych badań.

Analiza sensoryczna wariantów receptur

Z wyników ankiet wyliczono średnie oceny dla każdego z parametrów i zestawiono je w tabelach 3 i 4. Recepturę, która została oceniona najlepiej pod kątem oceny ogólnej, zaznaczono w zestawieniach szarym kolorem. Następnie wykonano wykresy profili oceny sensorycznej dla każdej z badanych receptur.

Przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) wykazała istotne statystycznie różnice ($p < 0,05$) w ocenach poszczególnych wyróżników sensorycznych pomiędzy analizowanymi wariantami recepturowymi.



Rys. 1. Porównanie zdolności zmiatania rodnika DPPH wszystkich wariantów receptur kremu o właściwościach antyoksydacyjnych z ekstraktem z liści poziomki pospolitej. Źródło: Archiwum własne autorów.

Tab. 3. Średnia ocena parametrów sensorycznych dokonana przez 10 panelistów. Oceniane: konsystencja, jednolitość, efekt poduszki, przyczepność, rozprowadzanie. Źródło: Archiwum własne autorów.

Nr	Konsystencja	Jednolitość	Efekt poduszki	Przyczepność	Rozprowadzanie
1	3,7 ± 0,5	5,0 ± 0,0	3,7 ± 0,5	4,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0
2	3,2 ± 0,4	5,0 ± 0,0	2,9 ± 0,3	3,2 ± 0,4	3,2 ± 0,4
3	4,8 ± 0,4	5,0 ± 0,0	4 ± 0,0	4,5 ± 0,5	4,5 ± 0,5
4	2,7 ± 0,5	5,0 ± 0,0	4,3 ± 0,5	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,3
5	1,7 ± 0,5	5,0 ± 0,0	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,5
6	2,3 ± 0,5	5,0 ± 0,0	4,8 ± 0,4	3,5 ± 0,5	3,5 ± 0,5
7	2,9 ± 0,3	5,0 ± 0,0	3,5 ± 0,5	3,4 ± 0,5	3,4 ± 0,5
8	2,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	2,6 ± 0,5	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,3
9	3,2 ± 0,4	5,0 ± 0,0	4,5 ± 0,5	4,2 ± 0,4	4,2 ± 0,4

Tab. 4. Średnia ocena parametrów sensorycznych dokonana przez 10 panelistów. Oceniane: kleistość, tłustość/natłuszczenie, wchłanianie, wygładzenie, ocena ogólna. Źródło: Archiwum własne autorów.

Nr	Kleistość	Tłustość/natłuszczenie	Wchłanianie	Wygładzenie	Ocena ogólna
1	4,2 ± 0,4	3,6 ± 0,5	3,4 ± 0,5	4,5 ± 0,7	3,2 ± 0,4
2	3,7 ± 0,5	3,1 ± 0,3	2,6 ± 0,5	3,8 ± 0,5	3,6 ± 0,5
3	5 ± 0,0	4,8 ± 0,4	4,6 ± 0,5	4,7 ± 0,5	3,3 ± 0,8
4	3,1 ± 0,3	3,2 ± 0,5	3,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	4,3 ± 0,5
5	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,5	1,5 ± 0,5	3,5 ± 0,5	4,0 ± 0,0
6	3,5 ± 0,5	3,6 ± 0,5	3,8 ± 0,4	4,6 ± 0,5	4,6 ± 0,5
7	3,4 ± 0,5	3,6 ± 0,5	3,2 ± 0,4	4,0 ± 0,0	2,3 ± 0,5
8	2,8 ± 0,4	2,6 ± 0,5	1,8 ± 0,4	4,8 ± 0,5	3,6 ± 0,5
9	4 ± 0,0	3,9 ± 0,3	3,9 ± 0,3	4,6 ± 0,5	3,2 ± 0,6

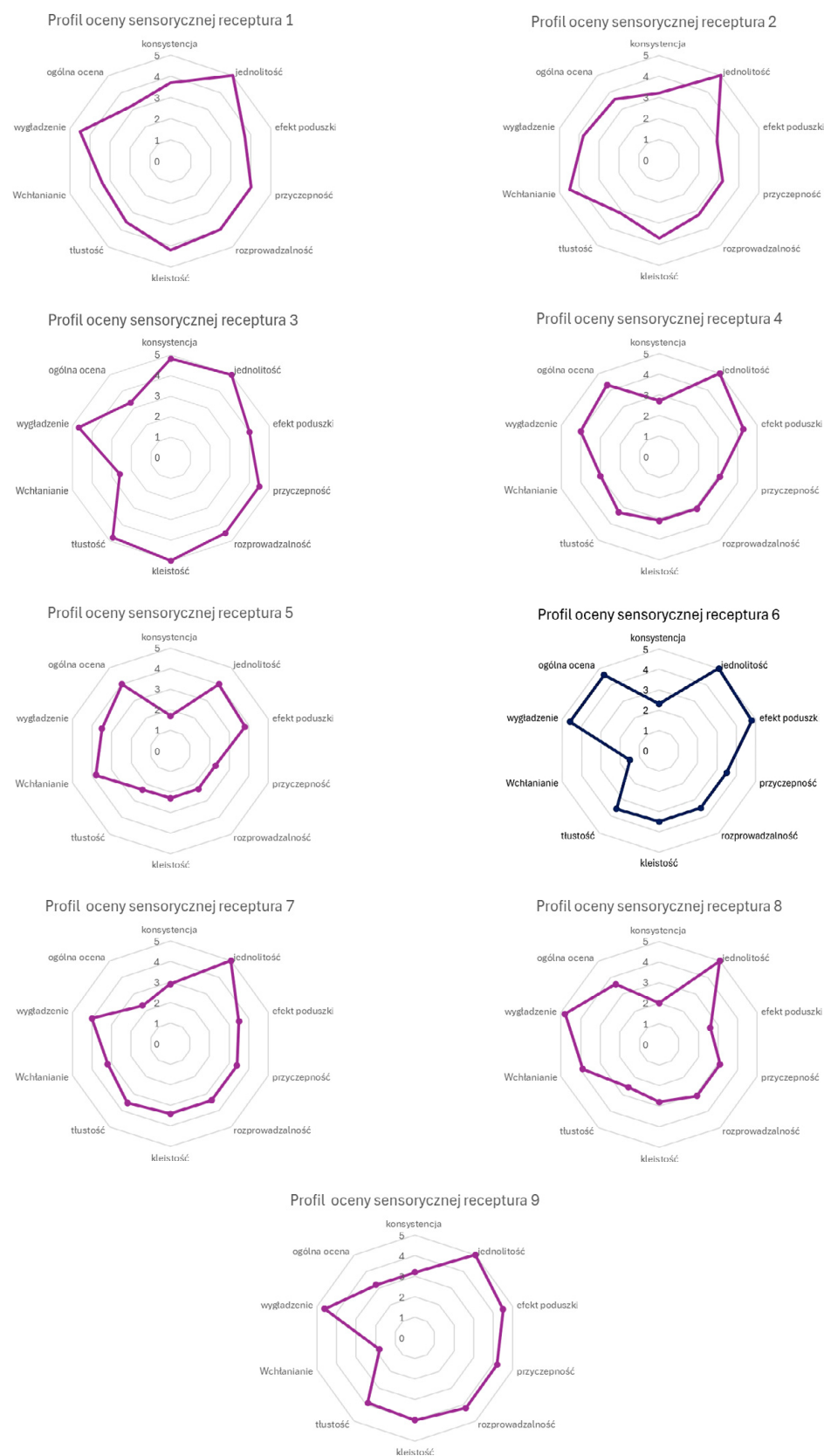
Na podstawie ocen z tabel 3 i 4 sporządzono profile sensoryczne poszczególnych receptur w formie wykresów radialnych, które zamieszczono na rysunku 2. Wykres najlepiej ocenionej ogólnie receptury został oznaczony granatowym kolorem.

DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonej analizy sensorycznej oraz danych recepturowych zaobserwowano wyraźny wpływ rodzaju i ilości zastosowanych składników (emolientu, masła shea oraz oleju arganowego) na poszczególne cechy sensoryczne oceniane przez panel ekspercki.

Zwiększenie udziału masła shea w recepturze istotnie wpływało na wzrost ciężkości konsystencji, powodując również odczuwalne zagęszczenie preparatu. Preparaty o wyższej zawartości masła shea oceniono jako bardziej przyczepne i lepkie, co odpowiada mechanizmowi wzrostu lepkości oraz właściwości okluzyjnych (tworzenie filmu) układu wraz z rosnącym udziałem fazy hydrofobowej [12]. Zauważono także, że użycie w tych recepturach dodatkowego emolientu o niskiej lepkości znacząco łagodziło to wrażenie. Jednocześnie, przy zastosowaniu CCTG, zauważalne jest wydłużenie czasu wchłaniania oraz intensyfikacja odczucia tłustości po aplikacji.

Obecność emolientu w większym stężeniu w niektórych recepturach wpływała korzystnie na parametr rozprowadzania preparatu. Kremy o wyższym udziale emolientu oceniane były jako lżejsze, mniej tłuste i szybciej wchłaniające się. Jednocześnie wykazywały one mniejszą lepkość i łatwość aplikacji, co w wielu przypadkach skutkowało wyższą oceną ogólną kosmetyku. Jest to zgodne z funkcją emolientów, które tworząc warstwę okluzyjną na powierzchni skóry, ograniczają przetranskorkową utratę wody (TEWL, *transepidermal water loss*). W efekcie bezpośrednio poprawiają one wygładzenie naskórka, wpływając na odczucie tłustości oraz łatwość aplikacji preparatu [13]. W przypadku próbek ze zwiększonym udziałem oleju arganowego zaobserwowano wyższe średnie oceny w zakresie tłustości oraz efektu poduszki. Olej ten nadawał preparatom bardziej otulającą, lekko filmotwórczą strukturę, która sprzyjała wrażeniu wygładzenia skóry. Jednak przy



Rys. 2. Wykresy radialne oceny sensorycznej 9 wariantów receptur kremu o właściwościach antyoksydacyjnych z ekstraktem z liści poziomki pospolitej. **Źródło:** Archiwum własne autorów.

jego wyższym stężeniu preparaty postrzegane były jako nieco trudniejsze w rozprowadzaniu oraz bardziej lepkie.

Należy podkreślić, że o konsystencji i jednolitości preparatu decyduje nie tylko proporcja faz, lecz także obecność i rodzaj zastosowanych emulgatorów oraz modyfikatorów reologii [12]. Emulgatory wpływają na konsystencję kosmetyku na różne sposoby – zarówno zmieniając lepkość fazy ciągłej, jak i determinując typ emulsji, a ich działanie jest powiązane z technologią produkcji, w tym z energią dyspergowania, co przekłada się bezpośrednio na jednolitość i łatwość rozsmarowania [14]. Oprócz funkcji fizykochemicznej poprawiają one często również odczucia sensoryczne, nadając skórze miękkość i delikatność. W niniejszej pracy układ emulgujący oraz parametry procesu produkcji utrzymywano na stałym poziomie we wszystkich recepturach, co pozwala odnosić zaobserwowane różnice sensoryczne przede wszystkim do zmiennej składu fazy lipidowej. Jednocześnie oznacza to, że uzyskany profil sensoryczny obowiązuje dla przyjętego układu emulgującego i przy jego zmianie mógłby ulec modyfikacji.

Zestawiając wyniki oceny sensorycznej z zawartością kluczowych składników, można stwierdzić, że każdy z komponentów wносił określony, powtarzalny profil sensoryczny. Synergiczne lub przeciwstawne oddziaływania między składnikami w widoczny sposób wpływały na postrzeganie konsystencji, aplikacji, wchłaniania i ogólnego komfortu po aplikacji.

Najlepsze oceny ogólne otrzymała próbka nr 6, o zawartości masła shea 15%, oleju arganowego 5% oraz trójglicerydu 10%. Ciężka konsystencja powodowana dużą zawartością masła shea została zniwelowana dużą zawartością CCTG, zaś niski poziom zawartości oleju arganowego wpłynął pozytywnie na łatwość rozprowadzenia i lepkość preparatu. Panel ekspercki w swojej subiektywnej ocenie preferował lekkie, szybko wchłaniające się formuły o jednoczesnym efekcie wygładzenia i delikatnej tłustości, bez uczucia lepkości.

Panel ekspercki ocenił najwyżej te formuły, w których zastosowano zrównoważone proporcje wszystkich trzech składników lipidowych. Podobne obserwacje poczynili Łukci i wsp., którzy wykazali, że skład fazy olejowej determinuje wszystkie badane cechy teksturalne i sensoryczne preparatu, a zastąpienie nawet pojedynczego emolientu prowadzi do istotnej zmiany profilu odczuć [10]. Z kolei Semenzato i wsp. podkreślają, że opracowanie emulsji z udziałem surowców roślinnych wymaga znalezienia właściwej równowagi pomiędzy stabilnością układu, profilem sensorycznym a skutecznością biologiczną produktu [10].

Wyniki wskazują na złożoną interakcję między składnikami lipidowymi a aktywnymi związkami przeciwutleniającymi. Kluczowa jest nie tylko obecność pojedynczych komponentów, ale także ich proporcja i zdolność do tworzenia stabilnej, synergicznej matrycy lipidowej, która umożliwia efektywne działanie antyoksydantów.

Ciekawe jest zjawisko proporcjonalnego spadku aktywności antyoksydacyjnej przy zwiększonej zawartości oleju arganowego mimo naturalnej obecności tokoferoli w tym surowcu. Wskazuje to na potrzebę zachowania balansu, zarówno z punktu widzenia działania biologicznego, jak i stabilności chemicznej. Zaobserwowana zależność wymaga dalszych badań, jednak przypuszczalnym powodem zmniejszenia aktywności antyoksydacyjnej może być wysoka podatność wielonienasyconych kwasów tłuszczowych zawartych w oleju arganowym na procesy utleniania.

Analiza wpływu stężenia samego ekstraktu wykazała podobną zależność – próbki o najwyższym jego udziale (70%, receptury 1–3) wykazywały w niektórych pomiarach niższą zdolność do zmiatania rodnika DPPH niż układ zawierający 60% ekstraktu (np. receptura 4). Zjawisko to można tłumaczyć tzw. efektem prooksydacyjnym (paradoksem antyoksydacyjnym). W układach o bardzo wysokim stężeniu polifenoli może dochodzić do powstawania rodników fenoksylowych lub interakcji sprzyjających generowaniu nowych form reaktywnych, co obniża sumaryczny potencjał przeciwutleniający w teście *in vitro*.

W obu przypadkach istotną rolę odgrywa skład matrycy lipidowej. Wprowadzenie nasyconego trójglicerydu kaprylowo-kaprynowego mogło wpłynąć na rozcieńczenie frakcji kwasów tłuszczowych podatnych na utlenianie. Ponadto CCTG, jako emolient o niskiej lepkości, poprawia dyspersję składników w układzie i ułatwia kinetykę dyfuzji cząsteczek antyoksydantów w środowisku pomiarowym, co potencjalnie ustabilizowało układ w warunkach testu z DPPH. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że przedstawione mechanizmy stanowią jedynie hipotezę interpretacyjną i na obecnym etapie badań nie mogą być traktowane jako twarde wnioski. Pełne wyjaśnienie tych zależności wymaga weryfikacji w toku szczegółowych badań stabilności oksydacyjnej oraz analizy kinetyki reakcji.

WNIOSKI

Wpływ składników lipidowych na właściwości sensoryczne:

- Masło shea zwiększało ciężkość, gęstość oraz lepkość i przyczepność preparatu.
- Olej arganowy nadawał formułom otulającą, lekko filmotwórczą strukturę oraz podnosił odczucie tłustości i tzw. „efekt poduszki”, jednak w wyższych stężeniach pogarszał łatwość rozprowadzania.
- Trójgliceryd kaprylowo-kaprynowy (CCTG) skutecznie niwelował uczucie ciężkości i lepkości powodowane przez masło shea, poprawiając łatwość aplikacji i poślizg kremu, przy jednoczesnym wydłużeniu czasu zanikania filmu na skórze.

Wskazanie receptury optymalnej (wnioski aplikacyjne):

- Panel oceniający najwyżej punktował formuły charakteryzujące się zrównoważonym udziałem wszystkich trzech komponentów lipidowych.
- Za recepturę o optymalnych właściwościach sensorycznych i użytkowych uznano wariant nr 6 (o zawartości: 15% masła shea, 5% oleju arganowego oraz 10% CCTG). Wariant ten zapewnił lekką, dobrze rozprzodającą się i szybko zanikającą na skórze strukturę z jednoczesnym efektem wygładzenia, pozbawioną niepożądanego uczucia lepkości.

Właściwości antyoksydacyjne i kierunki dalszych badań:

- Zaobserwowano spadek aktywności antyoksydacyjnej (badanej testem DPPH) wraz ze wzrostem udziału oleju arganowego. Dodatek nasyconego CCTG pozwalał na zachowanie wyższych wartości potencjału zmiatania wolnych rodników. Przedstawiona zależność wymaga potwierdzenia w toku szczegółowych badań stabilności oksydacyjnej (m.in. oznaczania wskaźników utlenienia tłuszczów w czasie) oraz oceny wpływu matrycy lipidowej na trwałość substancji aktywnych zawartych w ekstrakcie z liści poziomki pospolitej.

KONFLIKTY INTERESÓW

Autorzy oświadczają, że nie występują żadne konflikty interesów.

FINANSOWANIE

Badania te nie otrzymały żadnego finansowania zewnętrznego.

WKŁAD AUTORÓW

Koncepcja: A.M. i K.P.; metodologia: A.M., K.P.; oprogramowanie i przetwarzanie danych: A.M.; analiza formalna: A.M., O.T., K.P.; badania: A.M., O.T.; zasoby: A.M., K.P.; przetwarzanie danych: A.M.; przygotowanie projektu manuskryptu: A.M. i O.T.; redakcja i korekta: K.P.; wizualizacja: A.M. i O.T.; nadzór: K.P.; zarządzanie projektem: K.P. Wszyscy autorzy zapoznali się z opublikowaną wersją manuskryptu i ją zatwierdzili.

OŚWIADCZENIE DOTYCZĄCE ETYKI

Badania wykonane w ramach niniejszej pracy nie spełniają kryteriów eksperymentu medycznego w rozumieniu ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz.U. z 2023 r. poz. 1516 z późn. zm.), w związku z czym – zgodnie z polskim prawem oraz praktyką akademicką – nie wymagały uzyskania zgody Komisji Bioetycznej. Wszyscy uczestnicy badania zostali poinformowani o przebiegu badań oraz ryzyku z nim związanym i wyrazili świadomą dobrowolną zgodę na udział w eksperymencie.

WYKORZYSTANIE NARZĘDZI OPARTYCH NA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Podczas przygotowywania niniejszej pracy autorzy korzystali z narzędzi opartych na sztucznej inteligencji (Generative AI) wyłącznie w celu poprawy stylistycznej, gramatycznej oraz redakcyjnej tekstu (korekta językowa i ujednolicenie sformułowań). Narzędzia AI nie były wykorzystywane do generowania danych, analizy statystycznej, formułowania wniosków ani tworzenia merytorycznej treści manuskryptu. Autorzy ponoszą pełną odpowiedzialność za ostateczną treść i merytoryczną poprawność publikacji.

LITERATURA / REFERENCES

1. Adamkiewicz K, Ulatowska-Szostak E, Marcinkowski JT. Najważniejsze czynniki skłaniające konsumentów do zakupu kosmetyków. *Hygiea Public Health*. 2011;46(4):467-470.
2. Sánchez-Moreno C. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci Technol Int*. 2002;8(3):121-137.
3. Apak R, Özyürek M, Güçlü K, Çapanoğlu E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *J Agric Food Chem*. 2016;64(5):997-1027.
4. Packer L, Valacchi G. Antioxidants and the response of skin to oxidative stress: vitamin E as a key indicator. *Skin Pharmacol Physiol*. 2002;15(5):282-290. <https://doi.org/10.1159/000064531>
5. Szymańska E, Sosnowska K, Zielińska A. Sensoryczna ocena kosmetyków i jej rola w przemyśle. *Przem Chem*. 2015;94(9):1579-1583.
6. Pensé-Lhéritier AM. Recent developments in the sensorial assessment of cosmetic products: a review. *Int J Cosmet Sci*. 2015;37(5):465-473. <https://doi.org/10.1111/ics.12223>
7. International Organization for Standardization. ISO 8589:2007. Sensory analysis - General guidance for the design of test rooms. Geneva: ISO; 2007.
8. International Organization for Standardization. ISO 8586:2023. Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. Geneva: ISO; 2023.
9. Szakiel J, Turek W. Sensoryczna ocena jakości kosmetycznych produktów nawilżających przeznaczonych do pielęgnacji skóry rąk. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*. 2018;978(6):239-252.
10. Łukić M, Jaksic I, Krstonosic V, et al. A combined approach in characterisation of an effective w/o hand cream: the influence of emollient on textural, sensorial and in vivo skin performance. *Int J Cosmet Sci*. 2012;34(2):140-149. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2011.00693.x>
11. ISO 11136:2014. Sensory analysis – Methodology – General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area. Geneva: International Organization for Standardization; 2014
12. Plocica J, Tal-Figiel B, Figiel W. Znaczenie analizy sensorycznej i pomiarów reologicznych w ocenie preparatów kosmetycznych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*. 2015;54(2):54-56.
13. Lodén M. Role of topical emollients and moisturizers in the treatment of dry skin barrier disorders. *Am J Clin Dermatol*. 2003;4(11):771-788. <https://doi.org/10.2165/00128071-200304110-00005>
14. Savic S, Savic M, Tamburic S, Vuleta G. Surfactant-based liquid crystals as drug delivery systems. In: Fanun M, ed. *Microemulsions: Properties and Applications*. Boca Raton: CRC Press; 2008:411-448.