

## **Wpływ procesów przetwórczych na jakość sensoryczną ziela kopru ogrodowego (*Anethum graveolens* L.)**

### **The influence of processing on the sensory quality of dill herb (*Anethum graveolens* L.)**

Anna Wrzodak

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Owoców i Warzyw, Instytut Ogrodnictwa  
– Państwowy Instytut Badawczy, ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice  
e-mail: [anna.wrzodak@inhort.pl](mailto:anna.wrzodak@inhort.pl)

---

**Słowa kluczowe:** koper ogrodowy, analiza sensoryczna, metoda profilowa, procesy przetwórcze  
**Key words:** garden dill, sensory analysis, profile method, processing

---

### **Streszczenie**

Celem niniejszych badań była ocena wpływu różnych procesów przetwórczych – suszenia, mrożenia oraz przechowywania – na jakość sensoryczną ziela kopru ogrodowego (*Anethum graveolens* L.) pięciu odmian: ‘Ambrozja’, ‘Lukullus’, ‘Smaragd’, ‘Herkules’ i ‘Turkus’. Analizę sensoryczną przeprowadzono metodą ilościowej analizy opisowej (QDA – Quantitative Descriptive Analysis), natomiast wyniki opracowano za pomocą analizy składowych głównych (PCA – Principal Component Analysis). Badania wykazały, że koper świeży, niezależnie od odmiany, uzyskał najwyższe oceny sensoryczne, ze szczególnym uwzględnieniem zapachu i smaku typowego dla kopru oraz smaku ostrego. Odmiany ‘Smaragd’ i ‘Ambrozja’ wyróżniały się najwyższą jakością ogólną. Przechowywanie ziela, szczególnie odmian ‘Ambrozja’ i ‘Herkules’, nie wpłynęło istotnie na pogorszenie jego cech sensorycznych. Procesy suszenia i mrożenia obniżyły jakość sensoryczną kopru, powodując osłabienie intensywności zapachu i smaku oraz pojawienie się nut obcych, takich jak „sianowaty” i „przechowalniczy”. Wnioski wskazują, że koper świeży oraz odpowiednio przechowywany zachowuje wysoką jakość sensoryczną, natomiast procesy przetwórcze (suszenie, mrożenie) wymagają dalszej optymalizacji w celu minimalizacji strat sensorycznych. Wyniki mają istotne znaczenie dla przemysłu przetwórczego, wskazując na potrzebę stosowania nowoczesnych technologii utrwalania ziół, które pozwolą zachować ich walory smakowo-zapachowe oraz właściwości zdrowotne.

### **Summary**

The aim of this study was to evaluate the impact of different processing methods – drying, freezing, and storage – on the sensory quality of dill herb (*Anethum graveolens* L.) from five cultivars: ‘Ambrozja’, ‘Lukullus’, ‘Smaragd’, ‘Herkules’, and ‘Turkus’. Sensory analysis was

carried out by Quantitative Descriptive Analysis (QDA), while the results were processed by Principal Component Analysis (PCA). Sensory evaluation results were subjected to analysis of variance (ANOVA) and PCA. The study demonstrated that fresh dill, regardless of cultivar, received the highest sensory scores, particularly for typical dill aroma and flavor, as well as pungency. The cultivars 'Smaragd' and 'Ambrozja' stood out with the highest overall quality. Storage of the herb, especially for the 'Ambrozja' and 'Herkules' cultivars, did not significantly deteriorate its sensory attributes. However, drying and freezing processes reduced the sensory quality of dill, causing a decrease in aroma and flavor intensity and the emergence of off-notes such as "hay-like" and "storage-related" odors. The findings indicate that fresh and properly stored dill maintains high sensory quality, whereas processing methods (drying, freezing) require further optimization to minimize sensory losses. These results are significant for the processing industry, highlighting the need for advanced herb preservation technologies that can retain flavor–aroma characteristics and health-promoting properties.

### Wstęp

Koper ogrodowy (*Anethum graveolens* L.) jest jednoroczną rośliną aromatyczną z rodziny selerowatych (*Apiaceae*, syn. *Umbelliferae*) i pochodzi z południowo-zachodniej oraz środkowej Azji [1]. Obecnie jest uprawiany w wielu częściach świata, w tym w południowo-wschodniej Europie, Indiach, Chinach, Pakistanie, Turcji, USA i Iranie. W Polsce jest to popularny surowiec zielarski o charakterze olejkowym, który znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym oraz jako przyprawa [2–3].

Ziele kopru znajduje szereg zastosowań kulinarnych, a konsumenci doceniają jego delikatny, korzenny smak i niezwykle, intensywny aromat kojarzony z tradycyjną wsią i domem rodzinnym. Koper doskonale komponuje się z warzywami, białymi serami, jajkami, zupami oraz mięsem. Świeże ziele jest znanym dodatkiem smakowym do młodych ziemniaków, natomiast świeże i podsuszone łodygi oraz kwiatostany znajdują zastosowanie w fermentacji, podkreślając smak kiszonych warzyw – głównie ogórków. Suszone ziele kopru jest wykorzystywane w sektorze żywności instant jako aromatyzujący składnik zup, sosów i bulionów [4].

Koper jest sezonowym, nietrwałym surowcem zielarskim, charakteryzującym się wysoką zawartością wody oraz wrażliwością na zmiany mikrobiologiczne i termiczne. Aby przedłużyć jego trwałość oraz zachować wartość odżywczą i właściwości sensoryczne, stosuje się głównie suszenie oraz zamrażanie. Suszenie jest jedną z najstarszych i najczęściej stosowanych metod konserwacji ziół, umożliwiającą ich długoterminowe przechowywanie i dystrybucję. Proces suszenia wymaga zastosowania optymalnych parametrów technologicznych – zwłaszcza odpowiedniej temperatury i wilgotności powietrza oraz wykorzystania odpowiednich urządzeń.

Badania wykazały, że zbyt wysokie temperatury podczas suszenia mogą prowadzić do rozkładu cennych składników, w tym olejków eterycznych, które odpowiadają za aromat i właściwości prozdrowotne kopru. Dlatego właściwy dobór parametrów suszenia jest niezbędny do zachowania jakości, także sensorycznej, oraz funkcjonalności przetwarzanego surowca [5–14].

Proces mrożenia pozwala zachować większą ilość składników odżywczych i zapachowych w porównaniu z suszeniem, jednak może wpływać na zmianę tekstury rośliny, co oddziałuje na percepcję smaku i aromatu. Reakcja tkanek roślinnych na proces mrożenia zależy zarówno od szybkości mrożenia, jak i od zawartości wody w komórkach. Szybkie mrożenie sprzyja powstawaniu drobnych kryształków lodu, co minimalizuje uszkodzenia strukturalne, natomiast wolne mrożenie prowadzi do formowania się większych kryształów lodu, które mogą uszkadzać ściany komórkowe. Wysoka zawartość wody zwiększa ryzyko takich uszkodzeń, co może negatywnie wpływać na cechy sensoryczne, takie jak tekstura, smak czy wygląd produktu po rozmrożeniu. Mrożone ziele kopru, jak każdy surowiec roślinny, jest podatne na zmiany jakościowe, takie jak utrata koloru, tekstury, smaku oraz aromatu, co może wynikać z uszkodzeń tkanek roślinnych podczas procesów przetwórczych [15–18].

Przechowywanie świeżego kopru jest najprostszą metodą zachowania jego aromatu i smaku, jednak w dłuższym okresie może prowadzić do utraty intensywności tych cech, zwłaszcza w wyniku utleniania składników aktywnych oraz ich degradacji pod wpływem światła i temperatury. Ponadto procesy metaboliczne zachodzące w tkankach roślinnych po zbiorze, takie jak oddychanie i aktywność enzymatyczna, przyczyniają się do szybkiego pogorszenia jakości sensorycznej i wartości odżywczej kopru ogrodowego. Wysoka wilgotność i niewłaściwe warunki przechowywania mogą również sprzyjać rozwojowi mikroorganizmów, co dodatkowo skraca trwałość świeżego surowca. Dlatego kluczowe jest stosowanie odpowiednich metod przechowywania, takich jak chłodzenie w temperaturze około 2–4°C, ograniczenie dostępu światła oraz zabezpieczenie przed nadmierną wilgocią. Nowoczesne technologie, takie jak pakowanie w atmosferze modyfikowanej czy zastosowanie naturalnych antyoksydantów, wykazują duży potencjał w zakresie przedłużania świeżości i zachowaniu właściwości aromatycznych koperku [16, 19].

Jakość sensoryczna kopru, obejmująca zapach, smak, teksturę i cechy wizualne, jest kluczowa dla jego akceptacji przez konsumentów. Zioła suszone, mrożone czy przechowywane mogą różnić się od świeżych zarówno pod względem intensywności zapachu, jak i smaku. W literaturze podkreśla się, że mimo iż procesy takie jak suszenie i mrożenie mogą zmieniać charakterystykę sensoryczną to odpowiednio przeprowadzone mogą w dużej mierze zachować walory świeżego kopru [20–22].

Współczesny rynek produktów spożywczych kładzie coraz większy nacisk na jakość sensoryczną, która – obok wartości odżywczej – odgrywa kluczową rolę w decyzjach zakupowych konsumentów. W odpowiedzi na rosnące oczekiwania dotyczące walorów smakowych, zapachowych czy wizualnych produktów analiza sensoryczna staje się istotnym narzędziem oceny ich jakości. Jedną z najbardziej precyzyjnych metod w tym zakresie jest ilościowa analiza opisowa (Quantitative Descriptive Analysis, QDA), pozwalająca na szczegółową charakterystykę cech sensorycznych, takich jak smak, zapach, barwa oraz tekstura. W połączeniu z analizą składowych głównych (PCA) umożliwia ona nie tylko identyfikację różnic pomiędzy próbkami, ale także wskazanie czynników mających największy wpływ na postrzeganie produktu.

Praktycznym uzasadnieniem podjęcia tego typu badań była potrzeba wyboru najbardziej efektywnej metody utrwalania i przechowywania kopru, umożliwiającej zachowanie jego intensywnego smaku, aromatu oraz wartości odżywczych przez dłuższy czas, co przekłada się na lepszą jakość przygotowywanych potraw i ograniczenie strat surowca. Ponadto badanie wpływu metod konserwacji surowca zielarskiego na cechy sensoryczne umożliwia dostosowanie technologii do indywidualnych potrzeb i warunków domowych, co zwiększa wygodę i ekonomię gospodarstwa domowego.

Głównym celem badawczym przeprowadzonych badań była ocena jakości sensorycznej kilku odmian ziela kopru ogrodowego (*Anethum graveolens* L.) analizowanych bezpośrednio po zbiorze, po 10-dniowym przechowywaniu, a także po ich utrwaleniu poprzez proces suszenia (w temp. 38° C) i zamrażania (w temp. –20°C). Analiza sensoryczna została przeprowadzona z wykorzystaniem klasycznych metod sensorycznych oraz wspomagana nowoczesnymi narzędziami analitycznymi, co pozwoliło na kompleksową ocenę badanego surowca.

## **Materiał i metody**

Obiektem analizy sensorycznej było pięć odmian kopru ogrodowego: ‘Ambrozja’ (Polan Plantico), ‘Lukullus’ (PNOS), ‘Smaragd’ (Plantico), ‘Herkules’ (W. Legutko) i ‘Turkus’ (PNOS). Dobór odmian był podyktowany ich predyspozycjami do procesów przetwórczych. Materiał roślinny pochodził z uprawy polowej prowadzonej w warunkach standardowej agrotechniki w Instytucie Ogrodnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Skierniewicach. Zbioru dokonano w fazie pełnej dojrzałości użytkowej, w godzinach porannych, w celu ograniczenia strat związków lotnych. Doświadczenie przeprowadzono w trzech niezależnych partiach surowca (trzech zbiorach), traktowanych jako powtórzenia biologiczne. Świeże ziele kopru ogrodowego myto, czyszczono i cięto na fragmenty o długości około 1 cm. Tak przygo-

towany surowiec dzielono na porcje o masie  $50 \pm 1$  g i umieszczano w pojemnikach – każda kombinacja (odmiana  $\times$  metoda utrwalania) obejmowała trzy niezależne próbki (pojemniki), co stanowiło powtórzenia technologiczne. Tak przygotowany surowiec był oceniany sensorycznie bezpośrednio po zbiorze oraz po dziesięciodniowym okresie przechowywania (w odpowiednim opakowaniu). Ziele suszonego kopru oceniano po upływie trzech miesięcy, natomiast koper mrożony był oceniany po upływie dwóch miesięcy.

Do przechowywania próbek ziela kopru ogrodowego użyto przezroczystych pudełek polietylenowych, przeznaczonych do produktów spożywczych, o wymiarach  $154 \text{ mm} \times 98 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$  (dł.  $\times$  szer.  $\times$  wys.). Pojemność wynosiła 1,0 l (GUILLIN W1/059C). Po zapakowaniu pudełka zostały przykryte pokrywkami (GUILLIN W2/001), które miały 77 otworów umożliwiających wymianę powietrza. Wszystkie próbki przechowywano w temperaturze  $0^\circ\text{C}$ , przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej 95–98%, przez 10 dni.

Pokrojony świeży koper utrwalano poprzez suszenie w piecu konwekcyjnym z wymuszonym obiegiem powietrza w temperaturze  $38^\circ\text{C}$  przez około 5 godzin. Grubość warstwy suszonego surowca wynosiła około 1 cm. Po wysuszeniu materiał przechowywano w szczelnych papierowych torebkach, w ciemności, w temperaturze  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej wynoszącej około 60%.

Proces mrożenia prowadzono metodą szybkiego zamrażania. Przygotowany surowiec (50 g) umieszczano w woreczkach polietylenowych o grubości  $50 \mu\text{m}$ , przeznaczonych do kontaktu z żywnością, i rozkładano w warstwie nieprzekraczającej 2 cm. Zamrażanie prowadzono w zamrażarce szokowej w temperaturze  $-30^\circ\text{C}$  przez 2 godziny, co umożliwiło osiągnięcie temperatury  $-18^\circ\text{C}$  w centrum próbki. Następnie próbki przechowywano w temperaturze  $-20 \pm 1^\circ\text{C}$  przez 2 miesiące. Rozmrażanie prowadzono w warunkach chłodniczych ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) przez 12 godzin, w zamkniętych opakowaniach, w celu ograniczenia strat wody i aromatu. Do oceny sensorycznej próbki podawano bezpośrednio po rozmrożeniu, bez dodatkowej obróbki.

Ocenę sensoryczną świeżego ziela, przechowywanego, suszonego oraz mrożonego przeprowadził 10-osobowy zespół, który był przeszkolony w zakresie opracowania wyróżników jakości i ich określeń brzegowych oraz wykonywania ocen. Do oceny wykorzystano metodę analizy opisowej (Quantitative Descriptive Analysis, QDA), czyli profilowania sensorycznego, zgodnie z procedurą ujętą w normie ISO [23]. Intensywność każdego wyróżnika oceniano na ciągłej skali graficznej o długości od 0 do 10 cm, oznaczonej odpowiednimi określeniami brzegowymi. Wszystkie oceny wykonano w dwóch niezależnych powtórzeniach. Opracowana przez oceniających lista wyróżników dotycząca świeżego kopru oraz przetworzonego ziela zawierała wyróżniki zapachu, barwy i smaku. Próbki podawano w loso-

wej kolejności, w jednakowej ilości (ok. 5 g na próbkę), w szczelnych pojemnikach o pojemności 125 ml, które zakodowano trzycyfrowym kodem. Oceny prowadzono w laboratorium sensorycznym spełniającym standaryzowane warunki oceny (temperatura pomieszczenia  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , neutralne oświetlenie dzienne, brak zakłóceń zapachowych). Jako neutralizator smaku pomiędzy próbkami stosowano wodę niegazowaną oraz niesolone suchary.

W ocenie wykonanej metodą analizy profilowej uwzględniono osiem wyróżników jakości, wybranych na podstawie przeprowadzonych badań wstępnych. Definicje wyróżników i ich oznaczenia brzegowe:

- **zapach kopru** – intensywność zapachu typowego dla kopru (mało intensywny – bardzo intensywny);
- **zapach obcy** – intensywność zapachu nietypowego dla kopru (mało intensywny – bardzo intensywny);
- **barwa** – wzrokowa ocena barwy kopru (jasna, lekko żółknąca – ciemnozielona, szmaragdowa);
- **smak kopru** – intensywność smaku charakterystycznego dla ziela kopru (mało intensywny – bardzo intensywny);
- **smak ostry** – intensywność smaku charakterystycznego dla roślin olejkowych (mało intensywny – bardzo intensywny);
- **smak gorzki** – intensywność smaku podstawowego (mało intensywny – bardzo intensywny);
- **smak obcy** – intensywność smaku nietypowego dla kopru (mało intensywny – bardzo intensywny);
- **ocena ogólna jakości** – ogólne wrażenie sensoryczne odbierane podczas oceny próbki, obejmujące całokształt ocenianych wyróżników (zła – bardzo dobra).

## Metody obliczeń statystycznych

Wyniki analizy sensorycznej opracowane w programie ANALSENS poddano analizie statystycznej. Przeprowadzono analizę wariancji odpowiednią do przyjętych układów doświadczeń, z wykorzystaniem programu STATISTICA. Do obliczeń istotności różnic pomiędzy średnimi użyto testu HSD Tukeya przy prawdopodobieństwie  $P = 0,05$ ; średnie nieróżniące się pomiędzy sobą oznaczono w tabeli takimi samymi literami. Wykres projekcji PCA wykonano również w programie STATISTICA.

## Wyniki i ich omówienie

Wyniki oceny jakości sensorycznej odmian kopru ogrodowego z ziela świeżego, przechowywanego oraz przetworzonego uzyskano metodą QDA, następnie poddając je analizie składowych głównych (Principal Component Analysis – PCA) na podstawie macierzy korelacji. Na wykresie osypiska (rys. 1) pokazano osiem czynników, w tym dwa najbardziej istotne – PC1 i PC2 – odpowiadające za ponad 79% zmienności jakości sensorycznej badanych próbek.

Analizowane sensorycznie kombinacje kopru rozmieszczone są we wszystkich czterech ćwiartkach wykresu PCA, co świadczy o dużych różnicach w ich jakości sensorycznej. Największe zróżnicowanie pomiędzy badanymi próbkami zanotowano w intensywności zapachu i smaku ziela kopru oraz zapachu i smaku obcego (najdłuższe wektory). Silnie różnicowały obiekty również smak ostry i smak gorzki. Wyróżniki zapachu kopru i smaku ostrego oraz ocena ogólna jakości były ściśle ze sobą powiązane (wektory biegnące w tym samym kierunku).

Najwyższą jakością sensoryczną charakteryzował się koper świeży (wszystkich odmian), a także odmiany ‘Ambrozja’ i ‘Herkules’ po przechowaniu, w porównaniu z zielem suszonym i mrożonym (odmiany ziela świeżego były zlokalizowane w najbliższym otoczeniu wektora oceny ogólnej jakości oraz zapachu i smaku kopru, a także smaku ostrego). Świeże rośliny odmian ‘Ambrozja’ i ‘Smaragd’ znajdowały się najbliżej wektora oceny ogólnej jakości i zostały najwyżej ocenione w porównaniu z pozostałymi odmianami kopru świeżego, przechowywanego oraz przetworzonego. Wymienione obiekty charakteryzowały się również najwyższą intensywnością zapachu i smaku typowego dla ziela kopru oraz smaku ostrego. Uzyskane wyniki są zgodne z obserwacjami [6, 24, 25], które podkreślają, że świeże ziele zachowuje najpełniejszy profil aromatyczny i smakowy, natomiast suszenie i mrożenie – mimo że pozwalają na przedłużenie trwałości – mogą powodować pewne zmiany w intensywności zapachu i smaku. Również Kalalagh [9] wskazuje, że suszenie w wyższych temperaturach może powodować degradację związków aromatycznych w *Anethum graveolens*, co przekłada się na obniżenie walorów sensorycznych.

Zupełnie odmienną jakością sensoryczną charakteryzował się koper odmian ‘Turkus’, ‘Lukullus’ i ‘Herkules’ (mrożony i suszony), położony po przeciwnej stronie wyróżnika oceny ogólnej jakości, natomiast w pobliżu wyróżnika zapachu obcego. W analizie opisowej paneliści identyfikowali w tych próbkach nuty określone jako „sianowate” (głównie w próbkach suszonych) oraz „przechowalnicze” (w próbkach przechowywanych i mrożonych). Należy jednak podkreślić, że mimo wyraźnej percepcji tych nut przez oceniających, ich intensywność była niska (wartości bliskie dolnym zakresom skali) i nie wykazano istotnych statystycznie różnic ( $p > 0,05$ ) pomiędzy badanymi czynnikami doświadczenia w zakresie zapachu i smaku obcego (tab. 1).

**Tabela 1.** Wyniki sensorycznej analizy profilowej kopru świeżego, suszonego, mrożonego i przechowywanego; wartości średnie z ocen jednostkowych i sesji (skala od 0 do 10, jednostka umowna)  
**Table 1.** Results of sensory profile analysis of fresh, dried, frozen and stored dill; mean values from unit and session evaluations (scale from 0 to 10)

Wyszczególnienie		zapach		barwa	smak				Ocena ogólna jakości
		kopru	obcy		kopru	ostry	gorzki	obcy	
Średnio dla odmiany	'Ambrozja'	6,7 b	0,1 a	7,0 a	7,1 b	0,4 a	0,6 a	0 a	7,2 a
	'Herkules'	6,0 ab	0,2 a	6,9 a	6,7 a	2,3 b	0,6 a	0 a	6,7 a
	'Smaragd'	6,6 b	0,2 a	7,5 b	6,8 a	0,5 a	0,6 a	0 a	7,6 b
	'Lukullus'	5,9 a	0,3 a	6,5 a	6,8 a	0,4 a	0,8 a	0 a	6,8 a
	'Turkus'	5,7 a	0,3 a	7,8 b	6,9 a	0,3 a	0,8 a	0,1 a	6,1 a
Średnio dla procesu przetwórczego	ziele świeże	7,9 b	0 a	7,7 b	8,4 c	0,7 a	0,4 a	0 a	8,0 b
	przechowywane	6,0 a	0,2 a	7,4 b	7,8 b	0,4 a	1,1 b	0,1 a	7,5 b
	suszone	5,8 a	0,3 a	6,8 a	6,1 a	0,3 a	1,0 b	0,1 a	6,1 a
	mrożone	4,8 a	0,4 a	6,8 a	6,1 a	0,2 a	0,5 a	0,1 a	6,6 a

Średnie nieróżniące się między sobą według testu HSD Tukey'a przy  $P=0,05$  oznaczono takimi samymi literami, odpowiednio dla odmiany i zastosowanego procesu przetwórczego.

Źródło: badania własne.

Oznacza to, że obecność nut obcych miała charakter jakościowy (opisowy), a nie ilościowy (istotnie różnicujący próbki). Największą intensywność zapachu obcego (choć nadal na niskim poziomie) odnotowano w próbkach suszonych odmian 'Smaragd', 'Lukullus' i 'Turkus', co jest zgodne z obserwacjami literaturowymi dotyczącymi zmian zapachowych związanych z degradacją związków aromatycznych [25–27]. Z kolei w próbkach przechowywanych odnotowano nieznaczny wzrost intensywności smaku gorzkiego i nut określanych jako „przechowalnicze”, jednak również bez istotności statystycznej.

Zjawisko to ma kluczowe znaczenie przy ocenie przydatności suszonego kopru jako przyprawy i powinno być uwzględniane przy doborze metod utrwalania. Zbliżoną sensorycznie grupę stanowiły obiekty kopru przechowywanego odmian 'Smaragd', 'Lukullus' i 'Turkus', które również charakteryzowały się większą intensywnością smaku gorzkiego (zwłaszcza odmiana 'Turkus') i smaku obcego określanego jako „przechowalniczy”. Najbliżej wyróżnika barwy znajdowały się próbki kopru przechowywanego odmian 'Herkules' i 'Ambrozja', których ziele było najbardziej intensywnie zielone.

Analiza wyników ilościowych (tab. 1) potwierdziła, że intensywność zapachu i smaku typowego dla kopru była istotnie zależna od zastosowanego procesu przetwórczego. Ziele świeże uzyskało najwyższe wartości tych wyróżników, natomiast suszenie i mrożenie powodowały ich obniżenie.

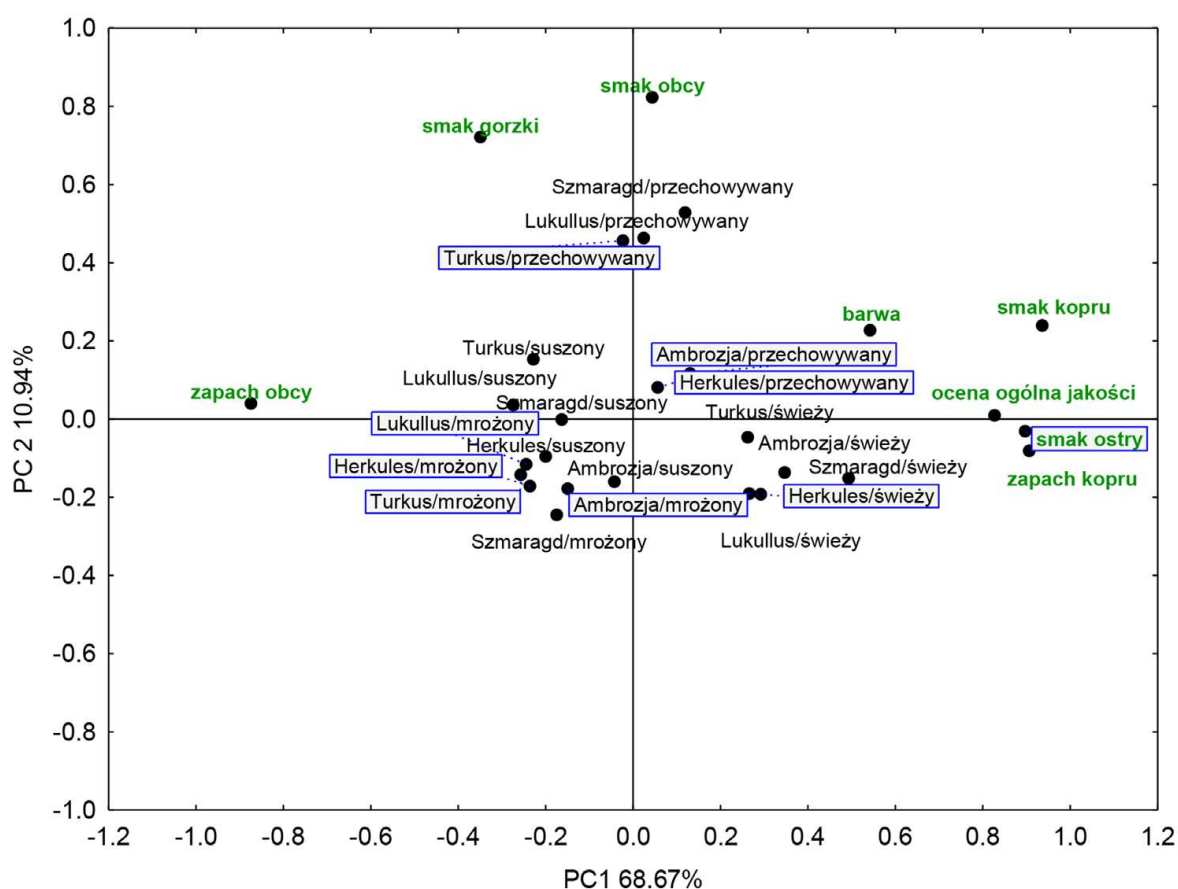
Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic pomiędzy próbkami suszonymi a mrożonymi, co wskazuje na porównywalny wpływ obu procesów na degradację cech sensorycznych.

Szczegółowa analiza wyników z tabeli 1 wykazała, że ziele kopru suszonego i mrożonego miało nieco większe nasilenie zapachu i smaku obcego w porównaniu z ziele ocenianym bezpośrednio po zbiorze, jednak różnice te mieściły się w granicach błędu. Zaobserwowano istotne statystycznie różnice pomiędzy odmianami w intensywności smaku typowego dla ziela kopru, na korzyść odmiany 'Ambrozja'. Nie zaznaczyły się istotne różnice w intensywności odczuwania smaku kopru pomiędzy próbkami suszonymi i mrożonymi, natomiast istotnie różniły się one w stosunku do ziela świeżego. Należy jednak zaznaczyć, że zespół oceniających przyznał wyższe noty intensywności smaku kopru w próbach przechowywanych, w porównaniu z obiektami suszonymi i mrożonymi. Smak gorzki występował w statystycznie nieistotnym nasileniu w ziele wszystkich odmian kopru, przy czym w próbkach przechowywanych intensywność ta była najwyższa. Wyniki dotyczące intensywności smaku gorzkiego, który był najwyższy w ziele przechowywanym, choć nieistotny statystycznie, są zbieżne z obserwacjami [27], które wykazały, że przechowywanie mrożonych warzyw przyprawowych może wpływać na wzrost intensywności gorzkich nut smakowych.

Ponadto brak istotnych różnic w intensywności smaku kopru pomiędzy próbkami suszonymi a mrożonymi, ale istotne różnice w porównaniu ze świeżym ziele, potwierdzają wyniki badań [6, 11], które podkreślają, że oba procesy utrwalania prowadzą do zmian w profilach sensorycznych, choć ich charakter i intensywność mogą się różnić.

Wyniki oceny ogólnej, uwzględniającej całokształt wrażenia sensorycznego, zależały istotnie od analizowanej odmiany i zastosowanego procesu przetwórczego. Ocena ogólnej jakości, najwyższa dla odmiany 'Smaragd' (7,6 pkt.) i najniższa dla 'Turkus' (6,1 pkt.), oraz wyższe noty dla ziela świeżego w porównaniu z suszonym i mrożonym są zgodne z wynikami badań [25] oraz Wrzodaka i Woszczyka [26], które potwierdzają, że świeże zioła cechują się lepszymi właściwościami sensorycznymi w porównaniu do prób suszonych i mrożonych. W przypadku obiektów przechowywanych noty oceny ogólnej jakości były tylko nieznacznie niższe w porównaniu z obiektami ocenianymi bezpośrednio po zbiorze (odpowiednio 7,5 pkt. i 8,0 pkt.), co może wskazywać na stosunkowo dobrą stabilność sensoryczną ziela kopru w krótkim czasie przechowywania.

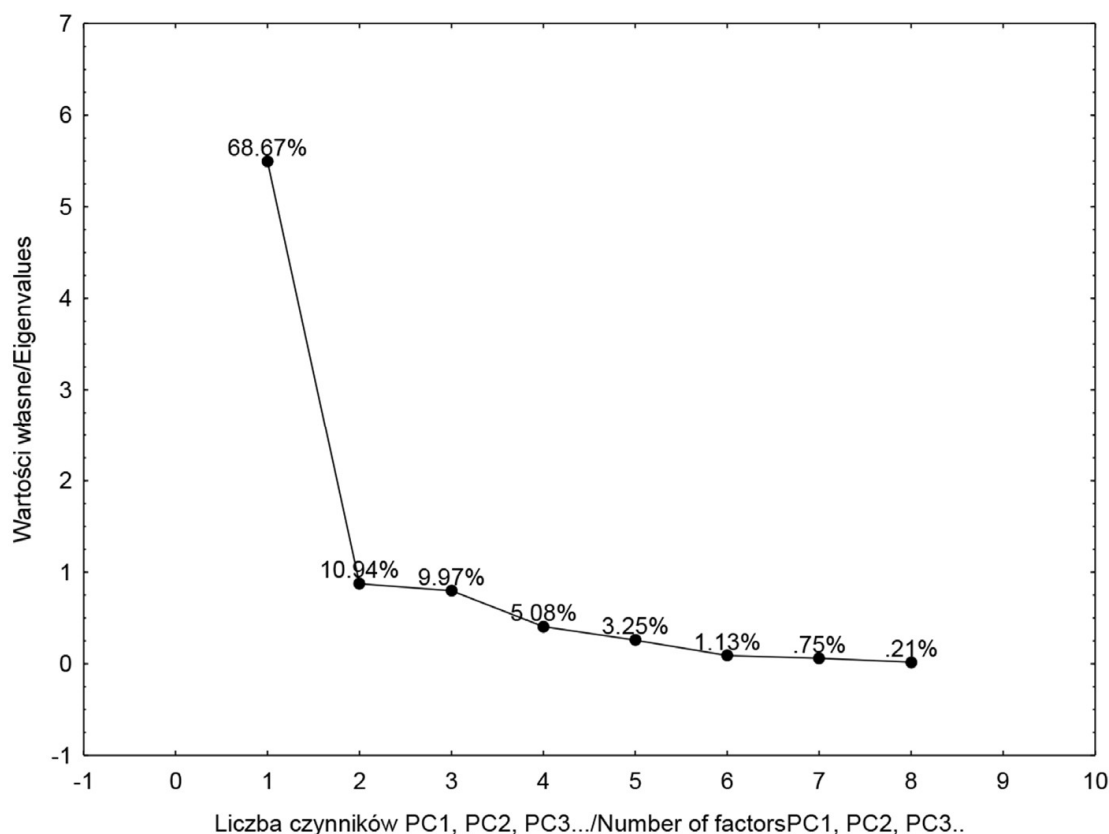
Podsumowując, wyniki badań wskazują, że chociaż procesy przetwórcze (suszenie i mrożenie) prowadzą do obniżenia intensywności cech pożądaných oraz pojawienia się nut obcych w ujęciu jakościowym, to ich natężenie pozostaje na niskim poziomie i nie stanowi istotnego statystycznie czynnika różnicującego próbki, co jest zgodne z literaturą [26–27]. Kluczowe znaczenie dla oceny jakości sensorycznej ma zatem przede wszystkim spadek intensywności zapachu i smaku typowego dla kopru, a nie wzrost intensywności cech niepożądanych. Optymalizacja warunków suszenia i przechowywania, np. poprzez kontrolę temperatury i czasu, może zatem przyczynić się do zachowania wysokiej jakości sensorycznej kopru, co potwierdzają także badania [9, 12].



**Rysunek 1.** Biplot PCA podobieństw i różnic w profilach sensorycznych świeżego, przechowywanego i przetworzonego ziela kopru

**Figure 1.** PCA biplot of similarities and differences in sensory profiles of fresh, stored and processed dill herb

Źródło: badania własne.



**Rysunek 2.** Wykres ospiska utworzony na podstawie uzyskanych wyników oceny sensorycznej kopru świeżego, przechowywanego i przetworzonego  
**Figure 2.** Screen diagram formed based on results of sensory evaluation of fresh, stored and processed dill herb

Źródło: badania własne.

## Wnioski

1. Świeże ziele kopru ogrodowego (*Anethum graveolens* L.) wykazuje najwyższą jakość sensoryczną, niezależnie od odmiany, szczególnie pod względem intensywności zapachu i smaku typowego dla kopru oraz smaku ostrego.
2. Odmiany 'Ambrozja' oraz 'Smaragd' charakteryzują się istotnie wyższą oceną ogólną jakości sensorycznej w porównaniu z pozostałymi badanymi odmianami, co sugeruje odmianowe zróżnicowanie profilu aromatyczno-smakowego oraz potencjał użytkowy tych genotypów w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym.
3. Przechowywanie świeżego ziele kopru w warunkach chłodniczych nie powoduje istotnego pogorszenia cech sensorycznych, zwłaszcza w odmianach 'Ambrozja' i 'Herkules', co wskazuje na efektywność tej metody w krótkoterminowym zachowaniu jakości surowca.
4. Proces suszenia konwekcyjnego oraz mrożenia prowadzą do istotnego obniżenia intensywności zapachu i smaku kopru, a także do pojawienia się niepożądanych nut zapachowych i smakowych, takich jak „sianowaty” i „prze-

- chwalniczy”, co podkreśla konieczność dalszej optymalizacji parametrów technologicznych tych procesów w celu minimalizacji strat sensorycznych.
5. Znaczący wpływ na jakość sensoryczną kopru wykazują odmiana, jak i zastosowany proces przetwórczy, co wskazuje na potrzebę indywidualnego dostosowania metod utrwalania do specyfiki poszczególnych genotypów, aby zachować ich unikalne walory sensoryczne.
  6. Przedstawione wyniki wypełniają istotną lukę w literaturze naukowej, dostarczając kompleksowej oceny wpływu różnych procesów przetwórczych na jakość sensoryczną kopru ogrodowego, co ma bezpośrednie zastosowanie praktyczne dla producentów i przetwórców ziół, wspierając rozwój technologii utrwalania i podnoszenie jakości produktów końcowych.

## Literatura

- [1] Jana S., Shekhawat G. S., *Anethum graveolens*: An Indian traditional medicinal herb and spice, *Pharmacognosy Review*, 2010, 4(8), s. 179–184.
- [2] Food info, Koper (*Anethum graveolens*), <https://www.food-info.net/uk/products/spices/dill.htm>.
- [3] Biesiada A., Kędra K., Godlewska K., Szumny A., Nawirska-Olszańska A., Nutritional value of garden dill (*Anethum graveolens* L.), depending on genotype, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2019, 47, (3), s. 784–791.
- [4] Mujović M., Šojić B., Peulić T., Kocić-Tanackov S., Ikonić P., Božović D., Teslić N., Županjac M., Novaković S., Jokanović M., Effects of dill (*Anethum graveolens*) essential oil and lipid extracts as novel antioxidants and antimicrobial agents on the quality of beef burger, *Foods*, 2024, 13, s. 896.
- [5] Bhatt S., Tewari G., Bisht M., Pande A., CH., Kanyal B., Akansha Rani A., Optimization of different drying methods and its impact on antioxidant potential of *Ocimum basilicum* L., *Discover Applied Sciences*, 2024, 6, s. 248.
- [6] Naidu M. M., Vedashree M., Satapathy P., Khanum H., Ramsamy R., Hebbar H. U., Effect of drying methods on the quality characteristics of dill (*Anethum graveolens*) greens, *Food Chemistry*, 2016, 1(192), s. 849–856.
- [7] Tezcan D., Sabanci S., Cevik M., Cokgezme O. F., Icier F., Infrared drying of dill leaves: Drying characteristics, temperature distributions, performance analyses and colour changes, *Food Science and Technology International*, 2021, 27(1), s. 32–45.
- [8] Kwaśniewska-Karolak I., Wpływ metody suszenia na zawartość polifenoli ogółem, chlorofili i witaminy C w kolendrze siewnej (*Coriandrum sativum* L.), *Przemysł Spożywczy*, 2023, 77(1), s. 15–18.
- [9] Kalalagh F., Mohebodini M., Fattahi R., Beyraghdar Kashkooli A., Davarpanah Dizaj S., Salehifar F., Mokhtari A. M., Drying temperatures affect the qualitative – quantitative variation of aromatic profiling in *Anethum graveolens* L. ecotypes as an industrial – medicinal – vegetable plant, *Frontiers in Plant Science*, 2024, 14, 1137840.

- [10] Thamkaew G., Sjöholm I., Galindo F. G., A review of drying methods for improving the quality of dried herbs, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, 61(11), s. 1763–1786.
- [11] Orphanides A., Goulas V., Gekas V., Drying technologies: Vehicle to high-quality herbs, *food engineering reviews*, 2016, 8(2), s. 164–180.
- [12] Nurhaslina C. R., Bacho S. A., Mustapa A. N., Review on drying methods for herbal plants, *Materials Today: Proceedings* 202, 63, S122–S139.
- [13] Tan U., Gören H. K., Influence of various drying methods on the antioxidant and essential oil content of *Salvia fruticosa* plant, *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2025, 12(2), s. 390–396.
- [14] Nowosad K., Sujka M., Wpływ metody suszenia na właściwości przeciwutleniające ziele bazylii, mięty oraz pietruszki, *Żywność Technologia Jakość*, 2021, 8, 4(129), s. 57–68.
- [15] Słupski J., Lisiewska Z., Kmiecik W., Effect of usable parts of dill and of preliminary processing on the quality of frozen products depending on the time and temperature of storage, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2004, 3(2), s. 65–75.
- [16] Santos J. M., Herrero J. A., Mendiola M. T., Oliva-Teles C., Ibanez E., Delerue-Matos C., Oliveira M. B. P. P., Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life, *Food Science and Technology*, 2014, 59, s. 101–107.
- [17] Grover Y., Negi P. S., Recent developments in freezing of fruits and vegetables: Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates, *Journal Food Science*, 2023 88, s. 4799–4826.
- [18] Giannakouro M., Taoukis P., Changes during food freezing and frozen storage, *Foods*, 2021, 10, 2525.
- [19] Adamicki F., Czerko Z., Przechowalnictwo warzyw i ziemniaka, PWRiL, Poznań 2002.
- [20] Singh K., Bala N., Verma A., An approach to assimilate and assess the organoleptic attributes along with shelf life of herbal brew, *International Journal of Multidisciplinary Educational Research*, 2020, 11(10), s. 52–58.
- [21] Witrowa-Rajchert D., Hankus E., Pawlak M., Wpływ metody suszenia na zawartość chlorofilu i barwę oregano oraz bazylii, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2009a, 1(48), s. 70–71.
- [22] Witrowa-Rajchert D., Rząca M., Piekut A., Wpływ metod suszenia na jakość ziół, *Inżynieria Rolnicza*, 2009b, 13(2), s. 287–295.
- [23] International Organization for Standardization (ISO), ISO 13299:2016, Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile, 2016, <https://www.iso.org/standard/58042.html>.
- [24] Bienia B., Baran J., Porównanie jakości sensorycznej świeżych oraz suszonych roślin przyprawowych, *Herbalism* 2021, 1(7), s. 45–56.
- [25] Hoffman M., Jakość sensoryczna wybranych warzyw przyprawowych liofilizowanych i suszonych konwencjonalnie, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 2(51), s. 91–97.

- [26] Wrzodak A., Woszczyk K., Wpływ odmiany na jakość sensoryczną świeżego i suszonego ziela kopru ogrodowego (*Anethum graveolens* L.), *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa*, 2014, 13(3), s. 21–30.
- [27] Diaz-Maroto M. C., Perze-Coello M. S., Sánchez-Palomo E., González Viñas M. A., Impact of drying and storage time on sensory characteristics of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.), *Journal of Sensory Studies*, 2007, 22(1), s. 34–48.
- [28] Prusinowska R., Śmigielski K., Losses of essential oils and antioxidant during the drying of herbs and spices: A review, *Engineering Sciences and Technologies*, 2015, 2(17), s. 51–62.