

Katarzyna Seidler-Łożykowska¹, Dominika Król¹, Jan Bocianowski²

¹ Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Zawartość olejku eterycznego i jego skład w owocach pochodzących z kolekcji kminku zwyczajnego (*Carum carvi* L.)*

Content of essential oil and its composition in fruit originated from caraway (*Carum carvi* L.) collection

Słowa kluczowe: kminek zwyczajny, kolekcja, olejek eteryczny, karwon, limonen, karweol, dihydrokarwon, dihydrokarweol, α -tujon, α -pinen, β -pinen

W latach 2007–2009 oceniano kolekcję kminku składającą się z 22 obiektów, które stanowiły: populacje z europejskich ogrodów botanicznych (18 — obiekty te oznaczono nazwami miejscowości w których znajdują się ogrody botaniczne), odmiana Kończewicki oraz trzy rody pochodzące z własnej hodowli. W owocach kminku oznaczano metodą GC zawartość olejku oraz jego składników: karwonu, limonenu, karweolu, dihydrokarwonu, dihydrokarweolu, α -tujonu, α -pinenu i β -pinenu. Uzyskane wyniki wskazują na duże zróżnicowanie w zawartości zarówno olejku jak i jego składników. Średnia zawartość olejku w owocach kminku wahała się od 3,2 (Poznań) do 5,2% w owocach odmiany Kończewicki. Zawartość karwonu wynosiła od 55,4 (Ulm) do 71,6% (ród 60/8), a zawartość limonenu od 25,0 (ród 60/8) do 40,3% (Ulm) i była odwrotnie proporcjonalna do zawartości karwonu. Mieszanina karwonu i limonenu stanowiła od 93,3 do 98,1% składu olejku. Zawartość dihydrokarwonu wynosiła od 0,01 (Jena) do 0,11% (Reykiawik), karweolu od 0,06 (Zurich) do 0,25% (Getynga), dihydrokarweolu od 0,01 (Kraków, ród 60/8) do 0,06% (Zurich), α -pinenu od 0,01 (Praga, Poznań, Bayreuth) do 0,06% (Zurich), a zawartość α -tujonu i β -pinenu była śladowa.

Key words: caraway, collection, essential oil, carvone, limonene, dihydrocarvone, dihydrocarveol, carveol, α -thujone, α -pinene, β -pinene

In 2007–2009, the caraway collection consisted of 22 objects (18 populations from European botanical gardens — named according to localizations of gardens, cultivar: Kończewicki and three strains from our own breeding program) were evaluated. The content of carvone, limonene, dihydrocarvone, dihydrocarveol, carveol, α -thujone, α -pinene and β -pinene in essential oil was estimated with GC. The obtained results showed that the objects in caraway collection varied in terms of essential oil content and its composition. Mean content of essential oil ranged from 3.2 (Poznań) to 5.2% (Kończewicki). The content of carvone varied from 55.4 (Ulm) to 71.6% (strain 60/8), and limonene content from 25.0 (strain 60/8) to 40.3% (Ulm). The contents of carvone and limonene were inversely proportional to each other. Carvone and limonene mixture made 93.3–98.1% of all oil

* Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego jako grant nr N310 029 32/1557.

compositions. Carveol content varied from 0.06 (Zürich) to 0.25% (Göttingen), dihydrocarvone from 0.01 (Jena) to 0.11% (Reykjavik), dihydrocarveol from 0.01 (Kraków, strain 60/8) to 0.06% (Zurich), α -pinene from 0.01 (Prague, Poznań, Bayreuth) to 0.06% (Zürich), and there were traces of α -tujone and β -pinene content.

Wstęp

Kminek zwyczajny (*Carum carvi* L.) jest jedną z ważniejszych roślin zielarskich (Farmakopea Polska 2002a) uprawianych w Polsce na obszarze około 8 tys. ha. Surowcem są owoce kminku (*Carvi Fructus*), które korzystnie działają na układ pokarmowy poprawiając trawienie, wzbudzają apetyt, działają spazmolitycznie i wiatropędnie (Sadowska i Obidowska 1998). Owoce kminku zawierają od 1 do 7% olejku, a głównymi jego składnikami są związki monoterpenowe: karwon (40–80%) i limonen (40–50%) (Seidler-Łożykowska 2008). Według Farmakopei Polskiej VI (2002a) owoce kminku powinny zawierać nie mniej niż 3,7% olejku eterycznego.

Celem badań była ocena zawartości olejku i jego składu w owocach kolekcji kminku jako podstawa do wyboru odpowiednich materiałów do dalszych prac hodowlanych.

Material i metody

W latach 2007–2009 oceniano kolekcję kminku składającą się z 22 obiektów: 18 obiektów pochodzących z kolekcji europejskich ogrodów botanicznych (badane obiekty nazwano umownie od miejscowości, w której znajduje się dany ogród botaniczny: Bayreuth, Berlin, Bonn, Cluj, Getynga, Jena, Kraków, Lozanna, Nantes, Poznań, Praga, Reykiawik, Ryga, Salzburg, Ulm, Warszawa, Wrocław, Zurich), odmiana Kończewicki oraz trzy rody pochodzące z własnej hodowli (9/1, 9/10, 60/8).

W latach 2007 i 2008 poletka obserwacyjne założono na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego w Ogrodzie Hodowli w Plewiskach koło Poznania do 2008 r. Instytutu Roślin i Przetworów Zielarskich, a od 2009 r. Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich. Na poletkach zastosowano nawożenie mineralne zalecane w uprawie kminku w siewie czystym w następujących dawkach: N — 60 kg/ha, P₂O₅ — 70 kg/ha, K₂O — 100 kg/ha. Azot zastosowano w dawce dzielonej: I — przed siewem, II — po wschodach roślin, a w drugim roku I — po ruszeniu vegetacji, II — 2–3 tygodnie później. Nasiona kolekcji kminku wysiewano w szklarni w kwietniu każdego roku. Rozsadę roślin o 5–10 liściach wysadzono na początku maja do gruntu w rozstawie 45 × 45 cm. Kolekcje zostały założone na poletkach bez powtórzeń. Liczba roślin dla poszczególnych obiektów kolekcji wahała się od 20 do 100. Owoce poszczególnych obiektów kolekcji zbierano w drugim roku vegetacji (2008, 2009) w fazie pełnej dojrzałości zbiorczej. Zebrany surowiec dosuszano w pomieszczeniu, w tempera-

turze pokojowej, a następnie czyszczono na sitach. W owocach oznaczono procentową zawartość olejku eterycznego oraz następujących jego składników: karwonu, limonenu, karweolu, dihydrokarwonu, dihydrokarweolu, α -tujonu, α -pinenu i β -pinenu.

Oznaczenia zawartości olejku eterycznego w owocach dokonano zgodnie z metodyką zawartą w Farmakopei Polskiej VI t. V (2002b), w aparacie Derynga. Polegało ono na destylacji próbki surowca z parą wodną w obiegu zamkniętym.

W Zakładzie Badania Jakości Produktów Leczniczych i Suplementów Diety Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich analizowano skład ilościowy i jakościowy otrzymanego olejku eterycznego przy użyciu chromatografii gazowej (GC), metodą normalizacji wewnętrznej, na kolumnie kapilarnej z zastosowaniem detektorów FID (Farmakopea Polska VIII, 2008).

Warunki analizy chromatografii gazowej były następujące:

Przygotowanie próby: próbki olejku eterycznego rozcieńczono heksanem w proporcji 1:10, zamknięto we fiolkach,

a następnie analizowano przy użyciu chromatografii gazowej na aparacie Perkin Elmer (FID) w następujących warunkach:

Kolumna: Elite 1 (30 m \times 0,32 mm \times 0,25 μ m), objętość nastrzyku: 1 μ l, temperatura injector: 200°C, gaz nośny: hel, przepływ gazu: 1 ml/min., temperatura detektora: 220°C.

Czas retencji składników: karwon: 45,17 min., limonen: 15,69 min., α -pinen: 9,16 min., β -pinen: 11,83 min., dihydrokarwon: 38,04 min., dihydrokarweol: 45,50 min., karweol: 49,91 min., α -tujon: 25,25 min.

Do analizy użyto następujących wzorców: karwon, limonen, α -pinen, α -tujon (Fluka) oraz dihydrokarwon, dihydrokarweol, karweol, β -pinen (Sigma Aldrich).

Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji w celu weryfikacji hipotezy o braku różnic pomiędzy obiektami pod względem zawartości olejku oraz jego składu (karwon, limonen, dihydrokarwon, dihydrokarweol, karweol, α -tujon, α -pinen, β -pinen). Dla poszczególnych cech obliczono najmniejsze istotne różnice (NIR) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wartości NIR posłużyły do utworzenia grup jednorodnych analizowanych cech. Współzależność pomiędzy obserwowanymi cechami oceniano na podstawie współczynników korelacji obliczonych na średnich obiektowych. Uzyskane wyniki analizowano również za pomocą metod wielowymiarowych (Caliński i Kaczmarek 1973, Rencher 1992). Wielowymiarowe zróżnicowanie obiektów kolekcji określano na podstawie odległości Mahalanobisa (Mahalanobis 1936). W celu przedstawienia wielocechowej oceny podobieństwa badanych obiektów w mniejszej liczbie wymiarów z jak najmniejszą stratą informacji zastosowano analizę zmiennych kanonicznych (Rencher 1992). Umożliwia ona zobrazowanie zróżnicowania obiektów pod względem dziewięciu cech w formie graficznej. Wszystkie analizy przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego GenStat v. 7.1 (Payne i in. 2003).

Wyniki

Wyniki przeprowadzonej analizy wariancji wykazują, że badane obiekty kolekcji były zróżnicowane pod względem zawartości dihydrokarwonu, dihydrokarweolu, karweolu, α -tujonu, α -pinenu, β -pinenu w olejku, natomiast nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy obiektami ze względu na zawartość olejku w owocach kminku oraz zawartość karwonu i limonenu w olejku (tab. 1). Średnia zawartość olejku w owocach kminku wahała się od 3,2 (Poznań) do 5,2% (Kończewicki), zawartość karwonu wynosiła od 55,4 (Ulm) do 71,6% (ród 60/8), a zawartość limonenu od 25,0 (ród 60/8) do 40,3% (Ulm). Zawartość limonenu była odwrotnie proporcjonalna do zawartości karwonu. Mieszanina karwonu i limonenu stanowiła od 93,3 do 98,1% składu olejku (tab. 2).

Tabela 1
Średnie kwadraty z analizy wariancji zawartości olejku i jego składników w owocach kminku zwyczajnego — *Mean squares from analysis of variation of essential oil content and its composition in caraway fruit*

Źródło zmienności <i>Source of variation</i>	Obiekty <i>Objects</i>	Błąd <i>Residual</i>
Liczba stopni swobody — <i>Degrees of freedom</i>	20	21
Zawartość olejku — <i>Essential oil content</i>	0,501	0,674
Zawartość karwonu — <i>Carvone content</i>	45,01	85,34
Zawartość limonenu — <i>Limonene content</i>	44,33	76,49
Zawartość dihydrokarwonu — <i>Dihydrocarvone content</i>	0,0017***	0,0004
Zawartość dihydrokarweolu — <i>Dihydrocarveol content</i>	0,00044***	0,00007
Zawartość karweolu — <i>Carveol content</i>	0,0048***	0,0003
Zawartość α -tujonu — <i>α-thujone content</i>	0,000033***	0,000007
Zawartość α -pinenu — <i>α-pinene content</i>	0,0004*	0,0002
Zawartość β -pinenu — <i>β-pinene content</i>	0,00011*	0,00005

* istotne na poziomie 0,05 — *significant at 0.05 level*

*** istotne na poziomie 0,001 — *significant at 0.001 level*

Inne składniki stanowiły od 1,9 do 2,7% całkowitej zawartości olejku. Zawartość dihydrokarwonu wynosiła od 0,01 (Jena) do 0,11% (Reykjavik), karweolu od 0,06 (Zurich) do 0,25% (Getynga), dihydrokarweolu od 0,01 (Kraków, ród 60/8) do 0,06% (Zurich), α -pinenu od 0,01 (Praga, Poznań, Bayreuth) do 0,06% (Zurich), a zawartość α -tujonu i β -pinenu była śladowa (tab. 2).

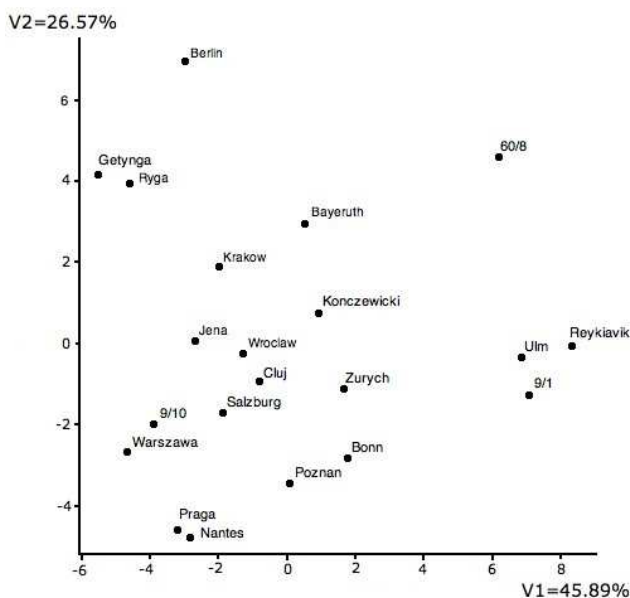
Tabela 2

Średnie zawartości (\pm odchylenia standardowe) olejku i jego składników w owocach obiektów kolekcji kminku zwyczajnego
Average content (\pm standard deviations) of essential oil and its components in fruit of caraway collection

Obiekt <i>Object</i>	Olejek <i>Ess. oil</i> [%]	Karwon <i>Carvone</i> [%]	Limonen <i>Limonene</i> [%]	Dihydro- karwon <i>Dihydro- carvone</i> [%]	Dihydro- karweol <i>Dihydro- carveol</i> [%]	Karweol <i>Carveol</i> [%]	α -tujjon <i>α-thujone</i> [%]	α -pinen <i>α-pinene</i> [%]	β -pinen <i>β-pinene</i> [%]
Bayreuth	4,10 \pm 0,28	67,8 \pm 7,3	30,3 \pm 6,5	0,05 \pm 0,014	0,005 \pm 0,007	0,07 \pm 0,014	0 \pm 0,00	0,010 \pm 0,00	0,005 \pm 0,007
Berlin	4,25 \pm 1,06	60,8 \pm 7,4	35,1 \pm 6,9	0,05 \pm 0,000	0,040 \pm 0,014	0,13 \pm 0,028	0,01 \pm 0,00	0,035 \pm 0,02	0,015 \pm 0,007
Bonn	3,85 \pm 0,35	55,6 \pm 5,1	39,8 \pm 3,9	0,04 \pm 0,007	0,030 \pm 0,014	0,15 \pm 0,014	0,01 \pm 0,00	0,035 \pm 0,02	0,015 \pm 0,007
Cluj	4,35 \pm 0,64	56,0 \pm 9,4	39,6 \pm 8,3	0,10 \pm 0,007	0,055 \pm 0,007	0,23 \pm 0,021	0,01 \pm 0,00	0,040 \pm 0,01	0,015 \pm 0,007
Getynga	4,75 \pm 0,35	57,3 \pm 7,6	37,0 \pm 9,2	0,11 \pm 0,007	0,055 \pm 0,007	0,26 \pm 0,007	0,01 \pm 0,00	0,055 \pm 0,01	0,005 \pm 0,007
Jena	4,10 \pm 0,14	56,6 \pm 6,3	40,4 \pm 6,5	0,02 \pm 0,007	0,030 \pm 0,000	0,13 \pm 0,014	0,01 \pm 0,00	0,020 \pm 0,00	0,005 \pm 0,007
Kraków	4,35 \pm 0,50	59,4 \pm 3,6	38,6 \pm 3,7	0,10 \pm 0,007	0,015 \pm 0,007	0,07 \pm 0,007	0 \pm 0,00	0,020 \pm 0,00	0,000 \pm 0,000
Nantes	4,00 \pm 1,56	64,5 \pm 18,0	32,9 \pm 14,8	0,07 \pm 0,014	0,035 \pm 0,007	0,19 \pm 0,007	0,01 \pm 0,00	0,035 \pm 0,01	0,015 \pm 0,007
Poznań	3,20 \pm 1,27	66,1 \pm 3,6	28,4 \pm 5,2	0,03 \pm 0,028	0,055 \pm 0,007	0,21 \pm 0,050	0 \pm 0,00	0,015 \pm 0,01	0,000 \pm 0,000
Praga	4,60 \pm 0,57	65,2 \pm 2,9	28,7 \pm 8,1	0,06 \pm 0,021	0,025 \pm 0,007	0,12 \pm 0,014	0,01 \pm 0,00	0,015 \pm 0,01	0,000 \pm 0,000
Reykjaviik	4,05 \pm 0,21	61,1 \pm 10,9	33,6 \pm 10,7	0,12 \pm 0,007	0,035 \pm 0,007	0,14 \pm 0,007	0,01 \pm 0,00	0,015 \pm 0,01	0,000 \pm 0,000
Ryga	3,55 \pm 0,78	70,6 \pm 9,2	25,1 \pm 6,2	0,03 \pm 0,014	0,035 \pm 0,007	0,09 \pm 0,007	0,01 \pm 0,00	0,015 \pm 0,01	0,005 \pm 0,007
Salzburg	4,30 \pm 1,56	60,0 \pm 7,8	36,4 \pm 6,8	0,04 \pm 0,035	0,020 \pm 0,000	0,14 \pm 0,028	0,005 \pm 0,01	0,030 \pm 0,03	0,020 \pm 0,014
Ulm	3,85 \pm 0,21	55,4 \pm 6,8	40,3 \pm 5,0	0,08 \pm 0,042	0,040 \pm 0,000	0,13 \pm 0,014	0,01 \pm 0,00	0,035 \pm 0,02	0,025 \pm 0,007
Warszawa	4,75 \pm 0,35	60,9 \pm 3,9	36,7 \pm 3,3	0,03 \pm 0,014	0,040 \pm 0,014	0,10 \pm 0,014	0,005 \pm 0,01	0,025 \pm 0,01	0,010 \pm 0,014
Wrocław	4,60 \pm 1,98	60,9 \pm 17,4	34,5 \pm 16,8	0,04 \pm 0,007	0,045 \pm 0,007	0,20 \pm 0,007	0,01 \pm 0,00	0,045 \pm 0,01	0,010 \pm 0,000
Zurich	4,20 \pm 0,00	59,4 \pm 15,2	33,9 \pm 13,9	0,07 \pm 0,028	0,065 \pm 0,007	0,18 \pm 0,014	0,005 \pm 0,01	0,060 \pm 0,01	0,015 \pm 0,007
Konczewicki	5,15 \pm 0,07	65,5 \pm 9,0	31,3 \pm 9,1	0,04 \pm 0,007	0,040 \pm 0,014	0,16 \pm 0,021	0,01 \pm 0,00	0,045 \pm 0,01	0,015 \pm 0,007
9/1	4,85 \pm 0,50	64,1 \pm 11,3	32,1 \pm 12,0	0,03 \pm 0,021	0,035 \pm 0,007	0,14 \pm 0,021	0,01 \pm 0,00	0,025 \pm 0,01	0,000 \pm 0,000
9/10	5,05 \pm 0,35	59,2 \pm 5,4	37,1 \pm 5,0	0,06 \pm 0,028	0,045 \pm 0,007	0,16 \pm 0,007	0,01 \pm 0,00	0,025 \pm 0,01	0,000 \pm 0,000
60/8	4,95 \pm 0,35	71,6 \pm 3,5	25,0 \pm 4,0	0,04 \pm 0,007	0,015 \pm 0,007	0,11 \pm 0,007	0 \pm 0,00	0,025 \pm 0,01	0,010 \pm 0,000
NIR — <i>LSD</i> _{0,05}	3,135	35,28	33,4	0,073	0,032	0,07	0,006	0,025	0,014

Wyniki przeprowadzonej analizy korelacji wskazują na istotne statystycznie ujemne korelacje zawartości karwonu z zawartością limonenu i α -pinenu (odpowiednio, $r = -0,961$ i $r = -0,443$). Natomiast istotna dodatnia współzależność została zaobserwowana pomiędzy zawartością dihydrokarweolu i zawartością karweolu ($r = 0,773$), dihydrokarweolu i α -pinenu ($r = 0,63$), karweolu i α -pinenu ($r = 0,664$) oraz α -pinenu i β -pinenu ($r = 0,562$) (tab. 3).

Analiza wielowymiarowa umożliwiła porównanie badanych obiektów pod względem dziewięciu cech dotyczących zawartości olejku eterycznego i jego składu łącznie (rys. 1). Całkowita zmienność wyjaśniana przez pierwszą zmienną kanoniczną wynosiła 45,89%, a przez drugą zmienną kanoniczną — 26,57%.



Rys. 1. Porównanie 22 obiektów kminku zwyczajnego pod względem zawartości olejku eterycznego i jego składu w układzie zmiennych kanonicznych V_1 i V_2 — *Comparison of 22 caraway objects regarding content of essential oil and its composition in the space of canonical variables V_1 and V_2*

Największym zróżnicowaniem charakteryzował się olejek otrzymany z owoców pochodzących z Reykiawiku w stosunku do olejku z owoców pochodzących z Getyngi — odległość Mahalanobisa wynosiła 14,53. Podobne odległości Mahalanobisa znaleziono dla olejków z owoców pochodzących z Rygi i rodzaju 9/1 (13,78) oraz dla olejków z owoców pochodzących z Reykiawiku i z Berlina (13,64). Wskazuje to na zróżnicowanie tych obiektów pod względem składu chemicznego olejku. Natomiast największe podobieństwo wykazywały olejki pochodzące z owoców rodzaju 9/10 i z Warszawy (odległość Mahalanobisa wynosiła 2,66), z Reykiawiku i z Ulm (2,72), z Nantes i Pragi (2,74) oraz z Wrocławia i Cluj (2,76) (tab. 4).

Tabela 3

Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością oleju i jego składników w owocach kminku zwyczajnego
Correlation coefficients between essential oil content and its compounds in caraway fruit

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Olejek — <i>Ess. oil</i>	1								
2 Karwon — <i>Carvone</i>	0,011	1							
3 Limonen — <i>Limonene</i>	0,042	-0,961***	1						
4 Dihydrokarwon <i>Dihydrocarvone</i>	-0,004	-0,38	0,313	1					
5 Dihydrokarweol <i>Dihydrocarveol</i>	-0,06	-0,372	0,199	0,212	1				
6 Karweol — <i>Carveol</i>	0,021	-0,381	0,229	0,272	0,773***	1			
7 α -tujon — <i>α-thujone</i>	0,14	-0,392	0,309	0,1	0,384	0,359	1		
8 α -pinen — <i>α-pinene</i>	0,294	-0,443*	0,347	0,235	0,63**	0,664***	0,324	1	
9 β -pinen — <i>β-pinene</i>	-0,074	-0,317	0,332	-0,024	0,135	0,169	0,178	0,562**	1

* istotne na poziomie 0,05 — *significant at 0.05 level*

** istotne na poziomie 0,01 — *significant at 0.01 level*

*** istotne na poziomie 0,001 — *significant at 0.001 level*

Tabela 4

Odległości Mahalanobisa pomiędzy badanymi obiektami kminku zwyczajnego — *Mahalanobis's distance among caraway objects*

Obiekt — <i>Object</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1 Ryga	0																					
2 Praga	9,22	0																				
3 Poznań	10,05	4,02	0																			
4 Getynga	3,88	9,15	9,71	0																		
5 Wrocław	6,42	5,42	5,19	6,85	0																	
6 Cluj	7,44	6,08	6,28	7,98	2,76	0																
7 Ulm	12,64	11,05	7,94	13,20	8,23	8,23	0															
8 Reykiavik	13,80	12,42	9,30	14,53	9,90	9,99	2,72	0														
9 Nantes	9,70	2,74	4,80	9,32	5,35	4,97	10,70	12,43	0													
10 Salzburg	6,66	5,26	6,44	8,41	3,61	4,09	9,62	11,02	5,69	0												
11 Berlin	7,32	12,01	10,93	5,04	8,86	10,40	12,67	13,64	12,28	11,31	0											
12 Zurich	8,69	6,78	5,32	9,33	3,83	3,50	5,47	7,16	6,33	4,84	10,64	0										
13 9\1	13,78	11,43	8,31	13,99	10,06	10,21	5,35	5,65	11,29	11,52	13,43	8,17	0									
14 9\10	8,04	3,96	4,93	7,07	5,05	6,32	11,27	12,56	5,04	6,63	9,51	7,32	11,80	0								
15 Kończewicki	10,77	8,85	6,05	9,21	7,20	8,66	8,53	9,47	9,25	10,16	7,99	7,71	9,11	6,52	0							
16 Warszawa	8,74	3,81	5,52	7,68	5,44	6,86	12,19	13,63	4,80	6,88	10,28	8,11	12,48	2,66	7,68	0						
17 Kraków	4,83	8,42	8,90	6,45	4,54	3,88	9,94	11,56	7,76	4,87	9,33	5,69	12,00	8,13	10,44	8,83	0					
18 Bayreuth	7,29	9,38	8,11	7,52	4,11	4,84	7,53	9,29	8,86	6,84	7,83	5,15	10,33	8,15	7,49	8,81	4,93	0				
19 Jena	5,58	5,14	5,37	5,70	3,04	4,90	9,84	11,50	5,49	4,43	8,15	5,85	10,66	5,10	7,87	5,08	5,38	5,94	0			
20 Bonn	9,40	6,08	5,28	10,61	4,62	4,08	6,36	7,71	5,89	4,20	12,41	2,84	8,15	7,68	9,23	8,23	6,56	6,98	6,23	0		
21 60\8	11,20	13,39	10,99	12,38	9,11	9,87	6,35	6,35	13,50	10,68	10,90	8,36	8,17	12,77	10,07	13,47	9,93	7,17	10,32	9,09	0	

Olejki z owoców rodów siostrzanych 9/1 i 9/10 nie wykazały podobieństwa i były oddalone od siebie (odległość Mahalanobisa wynosiła 11,8). Olejek z owoców rodu 9/1 był najbardziej zbliżony do olejku z owoców z Ulm i z Reykiawiku, a olejek z owoców rodu 9/10 do olejku z owoców pochodzących z Warszawy (2,66) i z Pragi (3,96).

Dyskusja

Uzyskane wyniki wykazały, że zawartość olejku w owocach kminku oraz zawartość głównych jego składników, karwonu i limonenu, nie różniły się istotnie.

Według Okoniewskiej (1974) zawartość olejku w owocach ocenianej przez nią kolekcji była wysoka i wynosiła od 4,75 do 7,15%. Natomiast analiza kolekcji kminku dokonana przez Puschmann i in. (1992) wykazała zawartość olejku w owocach w granicach od 4,97 do 5,78%. Badania przeprowadzone przez Petraityté i in. (2001) wykazały stabilność cechy zawartości olejku w owocach kolekcji uprawianej *in situ* i *ex situ* na poziomie 4,8–5,3%. Badania Heine (1998), w których porównywano odmiany kminku wykazały, że największą zawartością olejku charakteryzowały się owoce odmiany Niederdeutscher (4,7%), a najmniejszą odmiany Bleija — 3,2%. Dachler (1992) w swoich badaniach nad odmianami kminku uzyskał zawartość olejku od 3,5 (Sylvia) do 5,9% (Mansholts). Bouwmeester (1998) wśród czynników mogących mieć wpływ na zawartość olejku w owocach kminku wymienia warunki środowiskowe (temperatura, wiatr, intensywność światła), czynniki agrotechniczne (gleba i nawożenie, zagęszczenie roślin, termin zbioru) oraz genetyczne. Autor uważa, że najważniejszym czynnikiem jest intensywność światła, która przyczynia się do zwiększonej produkcji asymilatów, co warunkuje powstawanie olejku i jego składników. Mniejszą wagę autor ten przywiązuje do znaczenia genotypu, chociaż obserwuje zróżnicowaną zawartość olejku w owocach różnych form i odmian kminku. Uzyskane wyniki pokazują, że zróżnicowanie zawartości olejku, chociaż nieistotne statystycznie, wynikało ze zmienności genetycznej badanych materiałów, ponieważ zarówno warunki atmosferyczne, jak i agrotechniczne dla wszystkich obiektów były takie same.

W naszych badaniach zawartość karwonu w oleju wynosiła od 55,4 (Ulm) do 71,6% (ród 60/8). Natomiast zawartość limonenu była odwrotnie proporcjonalna do zawartości karwonu i wynosiła od 25,0 (ród 60/8) do 40,3% (Ulm). Mniejsze zawartości podają Puschmann i in. (1992), którzy badając kolekcję kminku uzyskali zawartość karwonu w granicach od 46,5 do 53,7% oraz limonenu od 44,9 do 51,7%. W badaniach tych zawartość karwonu do limonenu również wykazywała zależność odwrotnie proporcjonalną. Podobne wyniki uzyskali Inđrąk i Dušek (1988) oraz Arganosa i in. (1998). Natomiast Embong i in. (1977) podkreślają, że zawartość karwonu i limonenu zależała od dojrzałości owoców —

w niedojrzałych wynosiła 38,6% (karwon) i 48,8% (limonen). Również według Bouwmeestera i Kuijpers (1993) zawartość karwonu w olejku wzrasta przez cały okres dojrzwania owoców, gdy zawartość limonenu obniża się. Natomiast według Sedlákovéj i in. (2001) stosunek zawartości limonenu do karwonu był stały (25 : 75) w każdej fazie dojrzałości owoców. Autorzy ci również podkreślają wpływ genotypu na zawartość olejku i jego głównych składników. W badanym przez Cabizzę i in. (2001) surowcu kminku zawartość karwonu wynosiła 60,5, a limonenu — 36,7%.

Wiele dostępnych publikacji dotyczy porównania różnych odmian kminku pod względem składu olejku eterycznego. Odmiany badane przez Heinego (1998) w olejku zawierały od 55 (Kończewicki) do 63% (Bleija) karwonu. Karwon (51,5–55,4%) i limonen (41,4–44,4%) były również głównymi składnikami olejku kminkowego odmian badanych przez Venskutonisa i in. (1999), a najwięcej karwonu zawierał olejek uzyskany z owoców czeskiej odmiany Rekord. Röhricht i in. (2001) nie stwierdzili wpływu genotypu na skład olejku kminkowego, a zawartość karwonu i limonenu w badanych przez nich odmianach (Bleija, Rekord, Artener) nie różniła się i wynosiła odpowiednio, od 52 do 55% i od 42 do 45%.

W naszych badaniach zawartość innych składników olejku wynosiła:

- dihydrokarwon — od 0,01 (Jena) do 0,11% (Reykiawik). Inni autorzy podają następującą zawartość dihydrokarwonu w olejku kminkowym: 0,08–0,21% (Bailer i in. 2001), 0,08–0,29% (Puschmann i in. 1992), 0,16–0,7% (Putievsky i in. 1994), 0,4% (Cabizza i in. 2001) oraz 0,7% (Ruszkowska 1998);
- karweol — od 0,06 (Zurich) do 0,25% (Getynga). Podobne wyniki uzyskali: Bailer i in. (2001), Cabizza i in. (2001), Bouwmeester i in. (1995) oraz Ruszkowska (1998). Natomiast Putievsky i in. (1994) podają wyższe zawartości karweolu od 0,20 do 0,66%;
- dihydrokarweol — od 0,01 (Kraków, ród 60/8) do 0,06% (Zurich). Cabizza i in. (2001) uzyskali tylko śladowe ilości tego związku. Putievsky i in. (1994) podają zakres od 0,21 do 0,23%, natomiast Puschmann i in. (1992) uzyskali 0,27–1,12% zawartości dihydrokarweolu w olejku badanej kolekcji. Kluszczyńska (2002) podaje, że dihydrokarweol może stanowić nawet do 1,5% olejku kminkowego;
- α -pinen — od 0,01 (Praga, Poznań, Bayreuth) do 0,06% (Zurich), a zawartość α -tujonu i β -pinenu była śladowa. Podobne wyniki cytują Embong i in. (1977), natomiast mniejsze zawartości podają Putievsky i in. (1994) oraz Cabizza i in. (2001). Embong i in. (1977) uzyskali więcej β -pinenu (0,3%) od tych uzyskanych przez Cabizzę i in. (2001) — 0,1%. Putievsky i in. (1994) zakres zawartości β -pinenu podają od śladowej do 0,03%. Embong i in. (1977) podają, że zawartość α -tujonu w olejku kminkowym badanym przez nich wynosiła 0,8%.

Przedstawiona charakterystyka wielo cechowa badanych obiektów kminku zwyczajnego jest ich przekonującą ilustracją oraz potwierdzeniem jej efektywności w układzie współrzędnych dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Zmienne te wyjaśniają 72,46% całkowitej zmienności. Ocena ta znajduje szerokie zastosowanie w badaniach prowadzonych przez genetyków i hodowców (Camussi i in. 1985, Shamsuddin 1985, Górczyński i Mądry 1988, Humpreys 1991, Daoyu i Lawes 2000, Vaylay i van Santen 2002, Adugna i Labuschagne 2003, Cook i in. 2003, Adamska i in. 2004, Yeates i in. 2004, Kaczmarek i in. 2005, Bocianowski i Rybiński 2008, Bocianowski i Skomra 2008, Bocianowski i in. 2009, Rybiński i in. 2009).

Niektóre obiekty uwzględnione w badaniach, charakteryzujące się największym zróżnicowaniem wielowymiarowym oszacowanym na podstawie odległości Mahalanobisa, mogą stanowić interesujący materiał wyjściowy do prac hodowlanych nad kminkiem zwyczajnym. Szczególnie cenne mogą być obiekty najbardziej zróżnicowane pod względem zawartości olejku eterycznego i jego składu w owocach rozważanych łącznie (Reykiawik, Getynga, Ryga, 9/1, Berlin).

Wnioski

1. Zawartość olejku eterycznego i jego głównych składników, karwonu i limonenu, w owocach pochodzących z obiektów kolekcji kminku nie różniła się istotnie.
2. Mieszanina karwonu i limonenu stanowiła około 98% składu olejku w owocach kminku pochodzących ze wszystkich obiektów kolekcji.
3. Zawartość karwonu była odwrotnie proporcjonalna do zawartości limonenu.
4. Analiza wielowymiarowa umożliwiła porównanie badanych obiektów kolekcji pod względem 9 cech dotyczących zawartości olejku eterycznego i jego składu. Stwierdzono duże zróżnicowanie odległości Mahalanobisa pomiędzy różnymi obiektami. Ułatwi to dobór obiektów do krzyżowania i ulepszania kminku poprzez hodowlę rekombinacyjną.
5. Istotne różnice pomiędzy badanymi obiektami dotyczyły składników występujących w olejkach eterycznych w niewielkich ilościach < 2% (dihydrokarwon, dihydrokarweol, karweol, α -tujon, α -pinen i β -pinen). Badane obiekty nie różniły się istotnie pod względem głównych składników olejków eterycznych, tj. karwonu i limonenu, jak również zawartości olejku w owocach.

Literatura

- Adamska E., Cegielska-Taras T., Kaczmarek Z., Szała L. 2004. Multivariate approach to evaluating the fatty acid composition of seed oil in a doubled haploid population of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Appl. Genet.*, 45 (4): 419-425.
- Adujna W., Labuschagne M.T. 2003. Cluster and canonical variate analyses in multilocation trials of linseed. *J. Agric. Sci.*, 140: 297-304.
- Arganosa G.C., Sosulski F.W., Slinkard A.E. 1998. Seed yields and essential oils of annual and biennial caraway (*Carum carvi* L.) grown in western Canada. *J. Herbs Spices Med. Plants*, 6 (1): 9-17.
- Bailer J., Aichinger T., Hackl G., de Hueber K., Dachler M. 2001. Essential oil content and composition in commercially available dill cultivars in comparison to caraway. *Ind. Crops Prod.*, 14: 229-239.
- Bocianowski J., Liersch A., Bartkowiak-Broda I. 2009. Badanie zmienności fenotypowej mieszańców F₁ CMS *ogura* rzepaku ozimego i ich form rodzicielskich za pomocą statystycznych metod wielowymiarowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXX (2): 161-184.
- Bocianowski J., Rybiński W. 2008. Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielo cechowej charakterystyki dwurzędowych i wielorzędowych linii DH jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Annales UMCS Sectio E: Agricultura*, LXIII (3): 53-61.
- Bocianowski J., Skomra U. 2008. Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielo cechowej charakterystyki odmian chmielu zwyczajnego (*Humulus lupulus* L.). *Pamiętnik Puławski*, 148: 107-118.
- Bouwmeester H.J., Kuijpers A.M. 1993. Relationship between assimilate supply and essential oil accumulation in annual and biennial caraway (*Carum carvi* L.). *J. Essent. Oil Res.*, 5: 143-152.
- Bouwmeester H.J., Smid H.G., Loman E. 1995. Seed Yield in Caraway (*Carum carvi* L.). 2. Role of assimilate availability. *J. Agric. Sci.* 124: 245-251.
- Bouwmeester H.J. 1998. Regulation of essential oil formation in caraway. In: *Caraway. The genus Carum*. Red. E. Németh. Harwood Academic Publishers, London: 83-104.
- Cabizza M., Cherchi G., Marongiu B., Procceda S. 2001. Isolation of a volatile concentrate of caraway seed. *J. Essent. Oil Res.*, 13: 371-375.
- Caliński T., Kaczmarek Z. 1973. Metody kompleksowej analizy doświadczenia wielo cechowego. *Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii*, PAN i PTB, Warszawa, 3: 258-320.
- Camussi A., Ottaviano E., Caliński T., Kaczmarek Z. 1985. Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics*, 111: 945-962.
- Cook S.M., Awmack C.S., Murray D.A., Williams I.H. 2003. Are honey bees foraging preferences affected by pollen amino acid composition? *Ecological Entomology*, 28: 622-627.
- Dachler M. 1992. Varieties and nitrogen requirements of some medicinal and spice plants grown for seed (*Papaver somniferum* L., *Linum usitatissimum* L., *Carum carvi* L. and *Sinapis alba* L.). *Acta Hort.*, 306: 88-99.
- Daoyu Z., Lawes G.S. 2000. Manova and discriminant analysis of phenotypic data as a guide for parent selection in kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) breeding. *Euphytica*, 114: 151-157.
- Embong M.B., Hadziyev D., Molnar S. 1977. Essential oils from spices grown in Alberta. Caraway oil (*Carum carvi*). *Can. J. Plant Sci.* 57: 543-549.
- Farmakopea Polska VI 2002a. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa. Owoc kminku *Carvi Fructus*: 402-403.

- Farmakopea Polska VI 2002b. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa. Oznaczenie zawartości olejku: 58-59.
- Farmakopea Polska VIII 2008. Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, Warszawa : 1219-1222.
- Górczyński J., Mądry W. 1988. A study of genetic divergence of plants by multivariate methods. *Genetica Polonica*, 29: 341-352.
- Heine H. 1998. Sortenprüfungen mit zweijährigem Kümmel (*Carum carvi* L.). *Zeitschr. Arzn. Gew. Pfl.*, 2: 67-69.
- Humphreys M.O. 1991. A genetic approach to the multivariate differentiation of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars. *Heredity*, 66: 437-443.
- Indrák P., Dušek K. 1988. Netradicni možnost získání kmínové silice. *Zahradnictví*, 2 (15): 107-111.
- Kaczmarek Z., Adamska E., Cegielska-Taras T., Szała L. 2005. Multivariate statistical methods used for evaluation of DH lines of winter oilseed rape on account of various fatty acid compositions. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI (2): 325-334.
- Kluszczyńska D. 2002. Kminek w lecznictwie i gospodarstwie domowym. *Wiad. Ziel.*, 4: 13-15.
- Mahalanobis P.C. 1936. On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Science of India*, 12: 49-55.
- Okoniewska J. 1974. Ocena kolekcji kminku zwyczajnego – *Carum carvi* L. *Herba Pol.*, 20: 138-141.
- Payne R., Murrey D., Harding S., Baird D., Soutou D., Lane P. 2003. *GenStat for Windows* (7th edition) – Introduction. VSN International, Oxford, England.
- Petraitytė N., Šliesaravičius A., Dastikaitė A. 2001. Genetic stability of the Lithuanian fodder legume genera *Vicia*, *Lathyrus*, soyabean and caraway. 3. Common caraway (*Carum carvi* L.): accumulation of the gene fund and study of the stability of morphobiochemical characteristics. *Biologija*, 4: 69-72.
- Puschmann G., Stephani V., Fritz D. 1992. Untersuchungen zur Variabilität von Kümmel (*Carum carvi* L.). *Gartenbauwissenschaft*, 57 (6): 275-277.
- Putievsky E., Ravid U., Dudai N., Katzir I. 1994. A new cultivar of caraway (*Carum carvi* L.) and its essential oil. *J. Herbs Spices Med. Plants*, 2(2): 81-84.
- Rencher A.C. 1992. Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variates, and principal components. *Am. Stat.*, 46: 217-225.
- Röhricht C., Mänicke S., Danneberg H., Xyländer E. 2001. Anbautechnische Untersuchungen zu Kümmel (*Carum carvi* L.) im Freistaat Sachsen. *Zeitschr. Arzn. Gew. Pfl.*, 6: 149-153.
- Ruszkowska J. 1998. Main chemical constituents of *Carum*. In: *Caraway. The genus Carum*. Red. E. Németh. Wyd. Harwood Academic Publishers, London: 35-54.
- Rybiński W., Szot B., Rusinek R., Bocianowski J. 2009. Estimation of geometric and mechanical properties of seeds of Polish cultivars and lines representing selected species of pulse crops. *International Agrophysics*, 23: 257-267.
- Sadowska A., Obidowska G. 1998. Pharmacological uses and toxicology of caraway. In: *Caraway. The genus Carum*. Red. E. Németh. Harwood Academic Publishers, London: 165-174.
- Sedláková J., Kocourková B., Kubáň V. 2001. Determination of essential oil content and composition in caraway (*Carum carvi* L.). *Czech J. Food Sci.*, 19: 31-36.
- Seidler-Łożykowska K. 2008. Zmienność morfologiczna, genetyczna oraz użytkowa wybranych genotypów kminku zwyczajnego (*Carum carvi* L.). *Akademia Rolnicza w Poznaniu, Rozprawy i monografie*, 390: 1-81.

- Shamsuddin A.K.M. 1985. Genetic diversity in relation to heterosis and combining ability in spring wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 70: 306-308.
- Vaylay R., van Santen E. 2002. Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Sci.*, 42: 534-539.
- Venskutonis R., Kvitkauskaitė D., Bylaitė E., Šiuliauskas A. 1999: Charakterization of caraway (*Carum carvi* L.) cultivated in Lithuania. *Sodininkyste ir Darzininkyste*, 18: 85-93.
- Yeates K.M., Bollero G.A., Bullock D.G., Rayburn A.L., Rodriguez-Zas S. 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. *Crop Sci.*, 44: 185-189.