

MARIOLA KOZŁOWSKA, MAŁGORZATA ZIARNO,
MAGDALENA RUDZIŃSKA, KATARZYNA TARNOWSKA, EWA MAJEWSKA,
DOROTA KOWALSKA

SKŁAD CHEMICZNY OLEJKU ETERYCZNEGO Z KOLENDRY I JEGO WPLYW NA WZROST WYBRANYCH SZCZEPÓW BAKTERII KWASU MLEKOWEGO

Streszczenie

Celem pracy było oznaczenie związków lotnych metodą GC/MS w olejkach eterycznych wyekstrahowanych z nasion kolendry dwiema metodami oraz określenie wpływu tych olejków na wzrost wybranych szczepów bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus*. Olejki eteryczne otrzymano metodą destylacji z parą wodną przy użyciu zestawu do destylacji prostej oraz w aparacie Derynga. W olejku eterycznym wyodrębnionym pierwszą metodą zidentyfikowano 31 związków, a w olejku z aparatu Derynga – 25 związków. Olejek eteryczny otrzymany podczas destylacji prostej zawierał takie związki, jak: linalol (31,80 %), kamfora (11,88 %), octan geranylu (8,29 %), geraniol (7,28 %), limonen (7,81 %) oraz γ -terpinen (6,45 %), a wyekstrahowany przy użyciu aparatu Derynga charakteryzował się największym udziałem linalolu (48,89 %), kamfory (10,50 %), octanu geranylu (9,69 %) oraz p-cymenu (6,60 %). Do oceny aktywności tych olejków wobec szczepów bakterii fermentacji mlekowej zastosowano metodę dyfuzji studzienkowej. Stwierdzono, że wielkość stref zahamowania wzrostu badanych szczepów bakterii zależała od stężenia zastosowanych olejków. Wielkości tych stref zawierały się w przedziale 0,1 ÷ 5,8 mm. Olejki eteryczne z kolendry użyte w stężeniu powyżej 50 % hamowały wzrost wszystkich badanych szczepów bakterii kwasu mlekowego. Użyte natomiast w stężeniu poniżej 50 % działały tylko na wybrane szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*.

Słowa kluczowe: *Coriandrum sativum* L., olejek eteryczny, metoda GC/MS, bakterie kwasu mlekowego (*Lactobacillus* spp.)

Dr M. Kozłowska, dr inż. K. Tarnowska, dr E. Majewska, dr D. Kowalska, Katedra Chemii, dr hab. M. Ziarno, prof. nadzw., Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, dr hab. inż. M. Rudzińska, prof. nadzw., Zakład Chemii Żywności i Analizy Instrumentalnej, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań. Kontakt: mariola_kozlowska@sggw.pl

Wprowadzenie

Olejki eteryczne są wieloskładnikowymi mieszaninami związków chemicznych wydzielanych z roślin lub ich części, należących głównie do mono- i seskwiterpenowych węglowodorów oraz ich tlenowych pochodnych. Zawartość poszczególnych związków obecnych w olejku jest zmienna i zależy od gatunku, odmiany i części rośliny, z której został on pozyskany, a także od warunków środowiskowych jej wzrostu i rozwoju oraz metody izolacji [14]. Najczęściej olejki eteryczne otrzymuje się metodą destylacji z parą wodną (m.in. z użyciem aparatu Derynga) oraz ekstrakcji rozpuszczalnikami (np. z wykorzystaniem aparatu Soxhleta). Coraz częściej stosuje się także ekstrakcję ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym, w której kluczową rolę odgrywa odpowiednie dobranie parametrów temperatury, ciśnienia i czasu ekstrakcji [28]. Każda z tych metod ma swoje wady i zalety. Olejki eteryczne wykazują szerokie spektrum właściwości biologicznych, w tym przeciwbakteryjnych, przeciwgrzybowych, przeciwutleniających, farmakologicznych, repelentnych oraz biopestycydowych. Są one stosowane do konserwowania oraz polepszania walorów smakowych i zapachowych żywności [5], w kosmetologii [1], przemyśle farmaceutycznym lub medycynie niekonwencjonalnej [8].

Jedną z aromatycznych roślin zielnych uprawianych ze względu na świeże zielone liście wykazujące w okresie wegetacji intensywny aromat oraz owoce bogate w olejek eteryczny, związki kumarynowe, flawonoidy, fitosterole i związki białkowe jest kolendra siewna (*Coriandrum sativum* L.) [11, 18]. Olejek eteryczny izolowany z owoców kolendry jest cieczą o łagodnym, słodkim i korzennym zapachu. Jego skład chemiczny zależy od stopnia dojrzałości owoców, od użytej odmiany kolendry, formy i miejsca jej uprawy. Olejek ten jest produkowany głównie w Europie Wschodniej, a wiodącym producentem jest Rosja. Przechowywany w ciemności przez rok nie zmienia smaku ani zapachu. Jego cechy sensoryczne ulegają zmianie, jeżeli jest ekspozowany na światło. Olejek z kolendry został zatwierdzony do stosowania w żywności przez FDA (*Food and Drug Administration*), FEMA (*Flavour and Extract Manufacturers' Association*) i Radę Europy [4]. W przemyśle spożywczym jest on głównie używany jako środek zapachowy i smakowy. W tym celu jest dodawany do napojów alkoholowych i bezalkoholowych, słodczy, tytoniu oraz wyrobów ciastkarskich. Może on być także stosowany jako środek przedłużający trwałość żywności oraz chroniący przed rozwojem niepożądanych drobnoustrojów saprofitycznych i patogennych. Wykazano jego aktywność wobec *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus haemolyticus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* oraz *Proteus vulgaris* [2, 21, 24]. Obserwowano jego hamujący wpływ na wzrost bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz pleśni po dodaniu do mięsa mielonego cielęcego przechowywanego w warunkach chłodniczych [15]. Zastosowanie kolendry w formie olejku jest atrakcyjniejsze, ponieważ jako przyprawa należy ona do najbardziej zanieczyszczonych mi-

krobiologicznie. Olejek eteryczny z kolendry mógłby być także dodawany do produktów mięsnych podlegających fermentacji z udziałem bakterii mlekowych oraz do przetworów mlecznych. Istotne wydaje się określenie wrażliwości tych bakterii w odniesieniu do użytego olejku.

Celem pracy było oznaczenie składu chemicznego olejków eterycznych wyekstrahowanych z nasion kolendry dwiema metodami oraz określenie wpływu tych olejków na wzrost wybranych szczepów bakterii kwasu mlekowego.

Material i metody badań

Materiał do badań stanowiły nasiona kolendry (McCormick, Polska S.A) zakupione w jednym z lokalnych sklepów w Warszawie. Izolację olejków eterycznych prowadzono metodą destylacji z parą wodną w zestawie do destylacji prostej (DP) oraz metodą destylacji z parą wodną w aparacie Derynga (WPL Gliwice; DPD). W obu przypadkach rozdrobnione w młynku elektrycznym nasiona kolendry (30 g) zalewano wodą destylowaną (400 ml) i prowadzono destylację przez 4 h. Destylat otrzymywany przy użyciu zestawu do destylacji prostej chłodzono do temp. 20 ± 2 °C, przenoszono do rozdzielacza i ekstrahowano dichlorometanem. Wydzieloną warstwę organiczną zawierającą wyekstrahowane związki suszono bezwodnym siarczanem magnezu, sączono przez sączek do kolbki, z której następnie odparowywano rozpuszczalnik za pomocą wyparki obrotowej z regulowanym ciśnieniem (Büchi, Szwajcaria) i otrzymywano oleistą substancję o charakterystycznym zapachu. Po zakończeniu procesu destylacji w aparacie Derynga zgromadzony na powierzchni wody w odbieralniku olejek umieszczano w wyskalowanej części odbieralnika i odczytywano jego objętość.

Analizę jakościową i ilościową olejków eterycznych wykonywano metodą GC/MS przy użyciu chromatografu gazowego Agilent Technologies GC 7890A sprzężonego z detektorem mas Agilent Technologies 5975C VL (Triple-Axis Detector – Agilent Technologies, Inc., USA). Rozdział związków przebiegał w kolumnie kapilarnej DB-5MS o długości 25 m, średnicy 0,2 mm i grubości filmu fazy stacjonarnej 0,33 μm . Jako gazu nośnego używano helu z przepływem 0,6 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Stosowano programowaną temperaturę kolumny: 3 min w temp. 40 °C, wzrost o 4 °C $\cdot\text{min}^{-1}$ do 160 °C, następnie wzrost o 10 °C $\cdot\text{min}^{-1}$ do 280 °C. Widma masowe rejestrowano z zastosowaniem jonizacji elektronowej (70 eV), a powstałe jony skanowano w zakresie 33 ÷ 333 Da. Analizę jakościową prowadzono na podstawie widm MS, porównując je z widmami z biblioteki NIST. Tożsamość związków potwierdzano także indeksami retencji na podstawie danych literaturowych. Indeksy retencji każdego związku obliczano przy użyciu serii homologicznych n-alkanów C7-C24 [25].

Oznaczano aktywność olejków eterycznych z kolendry wobec 23 szczepów bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus* pochodzących z kolekcji czystych kultur Zakładu Biotechnologii Mleka WNoŻ SGGW. Użyto po 7 szczepów z gatunku

Lb. acidophilus (*Lb. acidophilus* AD 200, *Lb. acidophilus* DDS-1, *Lb. acidophilus* DSM 24737, *Lb. acidophilus* La-14, *Lb. acidophilus* La3, *Lb. acidophilus* La-5, *Lb. acidophilus* ATCC 700396) i *Lb. casei* (*Lb. casei* 01, *Lb. casei* ATCC 393, *Lb. casei* DN-114001, *Lb. casei* PB121, *Lb. casei* ATCC 334, *Lb. casei* subsp. *paracasei* LCP, *Lb. casei* subsp. *rhamnosus* LCR) oraz po 3 szczepy z gatunku *Lb. rhamnosus* (*Lb. rhamnosus* 573, *Lb. rhamnosus* ATCC 53103, *Lb. rhamnosus* Lcr35), *Lb. delbrueckii* (*Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* DSM 24734, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 4797) i *Lb. plantarum* (*Lb. plantarum* DSM 9843, *Lb. plantarum* ATCC 8014, *Lb. plantarum* NCAIM B.01834). Stosowano metodę dyfuzji studzienkowej. Zawiesinę bakteryjną o gęstości 10^7 jtk \cdot cm $^{-3}$ uzyskaną poprzez roztworzenie wyhodowanej biomasy komórkowej w jałowym płynie Ringera posiewano wgłębnie na podłoże MRS agar (średnica płytek Petriego 90 mm), a następnie wycinano w nim studzienki o średnicy 5 mm, do których наносono po 20 μ l olejku w zakresie stężeń od 1 do 100 %. Olejek został rozpuszczony w mieszaninie trzech rozpuszczalników organicznych w stosunku objętościowym 4 : 1 : 1 (chloroform : metanol : DMSO). Mieszanina tych rozpuszczalników stanowiła także próbę kontrolną. Po inkubacji w cieplarni w temp. 37 °C, prowadzonej w warunkach beztlenowych przez 72 h, mierzono strefę zahamowania wzrostu bakterii (bez średnicy studzienki).

Uzyskane wyniki analizowano przy wykorzystaniu pakietu Statgraphics XVII Centurion. Obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe. Przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji, wykorzystując test HSD Tukeya przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Analiza GC/MS umożliwiła zidentyfikowanie ponad 99 % związków występujących w olejku eterycznym z nasion kolendry otrzymanym zarówno metodą destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej (DP), jak i metodą destylacji z parą wodną w aparacie Derynga (DPD). W próbce olejku DP stwierdzono obecność 31 związków, a w próbce olejku otrzymanego w aparacie Derynga – 25 związków (tab. 1). Różnice pod względem liczby zidentyfikowanych związków mogą wynikać z rozpuszczalności wyekstrahowanych substancji w rozpuszczalniku (dichlorometanie) zastosowanym po destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej. Sourgmahi i wsp. [23] wyodrębnili 32 związki w olejku z nasion kolendry, ale przy użyciu aparatu Clevengera. Natomiast Politeo i wsp. [20] scharakteryzowali 8 związków, wśród których dominował linalol (92 %). Większość zidentyfikowanych w badanych olejkach eterycznych związków należała do grupy monoterpenów i ich tlenowych pochodnych. Pod względem ilościowym w obu olejkach dominowały linalol, octan geranylu, kamfora i geraniol. Olejek eteryczny z kolendry otrzymany w aparacie De-

rynga charakteryzował się jednak większym udziałem linalolu (48,89 %) i octanu geranylu (9,69 %) niż olejek DP, w którym linalol stanowił 31,8 %, a octan geranylu – 8,29 %. Zawartość linalolu jako głównego składnika olejku eterycznego kolendry może się zmieniać wraz ze stopniem dojrzałości owoców. Niedojrzałe owoce zawierają 8 razy mniej linalolu (10,96 %) niż owoce w pełni dojrzałe (87,54 %) [17]. Zwykle też odmiana drobnoowocowa kolendry charakteryzuje się większą zawartością linalolu w olejku w porównaniu z odmianą gruboowocową. Olejek z nasion kolendry uprawianej w Bangladeszu charakteryzuje się mniejszą zawartością linalolu (37,65 %) [3] niż ten pochodzący z Algierii (73,11 %) [16]. Olejek eteryczny otrzymany metodą destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej (DP) zawierał także limonen (7,81 %), γ -terpinen (6,45 %), α -pinen (3,90 %), β -myrcen (2,53 %), terpinen-4-ol (2,31 %), kamfen (1,65 %), anetol (1,15 %), sabinen (0,65 %) oraz kwasy tłuszczowe, które zwykle są składnikami oleju uzyskiwanego z nasion kolendry. W składzie olejku wyodrębnionego z użyciem aparatu Derynga nie zidentyfikowano α -tujenu, sabinenu, limonenu, propionianu geranylu, estrów kwasu ftalowego czy też kwasu laurynowego oraz linolowego. Natomiast w niewielkich ilościach występował tlenek linalolu, cytonelol, dodekanal, 2-dodecanal oraz kariofilen należący do seskwiterpenów. Wymienione związki nie były obecne w olejku DP. Wyłącznie w składzie olejku eterycznego otrzymanego w aparacie Derynga stwierdzono obecność p-cymenu (6,60 %) występującego także w nasionach czarnuszki siewnej. Stosując ekstrakcję ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym można otrzymać olejek z kolendry bogatszy w linalol, γ -terpinen, limonen, α -pinen i kamforę niż wyodrębniając go metodą hydrodestylacji [28]. Coelho i wsp. [6] nie obserwowali istotnych różnic w składzie chemicznym olejków z kolendry otrzymanych tymi dwoma metodami. Jak zauważyli Grosso i wsp. [10], większość zidentyfikowanych związków w tych olejkach należała do grupy tlenowych pochodnych monoterenów. Stwierdzili oni także w olejkach otrzymanych metodą ekstrakcji ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym mniejszą zawartość monoterenowych węglowodorów w porównaniu z metodą hydrodestylacji. Najlepsze warunki ekstrakcji nadkrytycznej obu rodzajów tych komponentów osiągnęli przy zastosowaniu ciśnienia 90 barów, temp. 40 °C oraz szybkości przepływu ditlenku węgla – 1,10 kg/h.

Po przeanalizowaniu wartości średnich stref zahamowania wzrostu badanych szczepów bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus* stwierdzono, że zmieniły się one w zależności od rodzaju i stężenia zastosowanego olejku oraz od użytego szczepu bakteryjnego. Wraz ze wzrostem stężenia dodawanych olejków eterycznych z kolendry obserwowano większą strefę zahamowania wzrostu testowanych bakterii kwasu mlekowego (tab. 2, 3, 4 i 5). Wielkość tych stref nie była jednak duża i tylko w przypadku 4 szczepów (*Lb. acidophilus* DDS-1, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Tabela 1. Skład olejku eterycznego z nasion kolendry, otrzymanego metodą destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej (DP) oraz aparatu Derynga (DPD)

Table 1. Composition of essential oil from coriander seeds, produced by steam distillation using a straight distillation set (DP) and Deryng apparatus (DPD)

Lp No.	Związek Compound	Indeks retencji Retention Index (RI)	Zawartość / Content [%]	
			DP	DPD
1.	Heptanal / Heptanal	896	0,31	0,20
2.	α -tujen / α -thujene	926	0,20	-
3.	α -pinen / α -pinene	927	3,90	3,69
4.	Kamfen / Camphene	945	1,65	1,02
5.	Sabinen / Sabinene	968	0,65	-
6.	β -myrcen / β -myrcene	992	2,53	1,76
7.	Octanal / Octanal	984	0,05	0,12
8.	p-cymen / p-cymene	1015	-	6,60
9.	Limonen / Limonene	1021	7,81	-
10.	γ -terpinen / γ -terpinene	1058	6,45	3,97
11.	Tlenek linalolu / Oxide linalool	1068	-	0,42
12.	2-karen / 2-carene	1078	1,57	0,94
13.	Linalol / Linalool	1088	31,80	48,89
14.	Kamfora / Camphor	1140	11,88	10,50
15.	Terpinen-4-ol / Terpinen-4-ol	1180	2,31	1,16
16.	α -terpineol / α -terpineol	1186	2,37	1,50
17.	2-pinen-4-on / 2-pinen-4-on	1190	1,20	0,13
18.	Cytronelol / Citronellol	1235	-	0,36
19.	Geraniol / Geraniol	1262	7,28	6,33
20.	Anetol / Anethole	1280	1,15	0,56
21.	Octan myrtenyłu / Myrtenyl acetate	1326	0,81	0,51
22.	Propionian geranyłu / Geranyl propionate	1477	0,39	-
23.	Octan geranyłu / Geranyl acetate	1382	8,29	9,69
24.	Dodecanal / Dodecanal	1409	-	0,10
25.	Kwas 2-decenowy / 2-decenoic acid	1417	1,35	-
26.	Kariofilen / Caryophyllene	1422	-	0,09
27.	2-dodecenal / 2-dodecenal	1462	-	0,48
28.	2-decenal / 2-decenal	1645	0,86	-
29.	Tetradecanal / Tetradecanal	1615	0,15	-
30.	Kwas laurynowy / Dodecanoic acid	2101	0,39	-
31.	Eikozen / Eicosene	2110	0,28	-
32.	7-tetradecene / 7-tetradecene	1615	0,22	-
33.	Kwas mirystynowy / Tetradecanoic acid	1775	0,51	0,20
34.	Ester butylotetradecylowy kwasu ftalowego Phthalic acid butyl tetradecyl ester	1886	0,19	-
35.	Kwas palmitynowy / Hexadecanoic acid	1975	1,43	0,50
36.	Kwas linolowy / Octadecadienoic acid	2135	1,17	-
37.	Kwas oleinowy / Oleic acid	2148	-	0,10
38.	Ester ditridecylowy kwasu 1,2-dibenzenodikarboksylowego 1,2-dibenzenedicarboxylic acid ditridecyl ester	2550	0,31	-
Suma związków / Total compounds		-	99,46	99,78

ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* DSM 24734, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* ATCC 4797) przekroczyła wartość 5 mm. Użycie olejku eterycznego z kolendry otrzymanego w aparacie Derynga, zastosowanego w stężeniu 5 %, spowodowało niewielkie zahamowanie wzrostu tylko dwóch szczepów bakteryjnych z gatunku *Lb. acidophilus* (*Lb. acidophilus* AD 200, *Lb. acidophilus* DDS-1), w stężeniu 12,5 % wrażliwość wykazały dwa kolejne szczepy (*Lb. acidophilus* La3, *Lb. acidophilus* ATCC 700396), a w stężeniu 25 % były to już wszystkie badane szczepy bakteryjne tego gatunku (tab. 2). Z kolei drugi olejek eteryczny wyodrębniony z kolendry, użyty w stężeniu 2 %, wykazał słabe działanie hamujące wobec *Lb. acidophilus* La-5, w stężeniu 5 i 12,5 % wrażliwy na jego działanie okazał się także *Lb. acidophilus* La-3, a w wyższych stężeniach pozostałe szczepy tego gatunku.

W grupie szczepów bakteryjnych z gatunku *Lb. casei* wrażliwy na działanie olejku eterycznego otrzymanego przy użyciu aparatu Derynga, zastosowanego we wszystkich stężeniach, był *Lb. casei* ATCC 393 oraz *Lb. casei* DN-114001 (tab. 3). W przypadku pozostałych szczepów tego gatunku oraz szczepów bakteryjnych gatunku *Lb. rhamnosus* strefy zahamowania wzrostu obserwowano, kiedy olejek ten został dodany do podłoża w stężeniu 12,5 % oraz wyższych. Wielkość stref powstałych po zastosowaniu tego olejku eterycznego w stężeniu 85 % i 100 % była porównywalna i nie przekroczyła 4 mm. Natomiast aktywność drugiego olejku w odniesieniu do szczepów bakteryjnych z gatunku *Lb. casei* była widoczna przy stężeniu 5 %, a wobec szczepów *Lb. rhamnosus* prawie w każdym zastosowanym stężeniu. Testowane szczepy wykazały nieznacznie większą wrażliwość wobec olejku eterycznego z aparatu Derynga niż olejku otrzymanego drugim sposobem. Wyższą aktywność w odniesieniu do szczepów bakterii kwasu mlekowego należących do gatunku *Lb. delbrueckii* (tab. 4) oraz *Lb. plantarum* (tab. 5) zaobserwowano także w przypadku olejku eterycznego z kolendry wyodrębnionego w aparacie Derynga. Największą wrażliwość na działanie tego olejku wykazały szczepy: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* DSM 24734, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* ATCC 4797 oraz *Lb. plantarum* DSM 9843. Wielkość stref zahamowania wzrostu tych pałeczek zawierała się w przedziale 5,0 ÷ 5,8 mm (olejek użyty w najwyższym stężeniu). Większa wrażliwość badanych szczepów bakterii kwasu mlekowego na działanie olejku z aparatu Derynga w porównaniu z drugim użytym olekiem eterycznym może wynikać z różnic w ich składzie chemicznym. Olejek eteryczny z kolendry wyizolowany przy użyciu aparatu Derynga charakteryzował się większą zawartością linalolu oraz octanu geranylu i tylko w jego składzie stwierdzono obecność p-cymenu. Niektóre dane wskazują, że linalol jako jeden ze składników olejku wykazuje aktywność przeciwbakteryjną wobec różnych drobnoustrojów [16, 23] oraz aktywność przeciwgrzybową [22]. Duarte i wsp. [7] stwierdzili, że zarówno linalol, jak i olejek eteryczny z kolendry hamowały wzrost

Tabela 2. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. acidophilus* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
 Table 2. Size of inhibition zones of *Lb. acidophilus* species growth as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]										
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	85	100
	Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]										
	Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)										
<i>Lb. acidophilus</i> AD 200	-	-	*	0,4 ^a ± 0,25	0,6 ^a ± 0,17	0,4 ^a ± 0,10	1,3 ^{ab} ± 0,29	1,6 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25	1,8 ^{b,c} ± 0,24	1,9 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> DDS-1	-	-	-	0,4 ^a ± 0,24	0,9 ^a ± 0,25	1,8 ^b ± 0,29	4,5 ^c ± 0,58	4,8 ^c ± 0,65	5,1 ^c ± 0,48	5,8 ^f ± 0,29	5,8 ^f ± 0,50
<i>Lb. acidophilus</i> DSM 24737	-	-	-	-	-	0,6 ^a ± 0,48	3,0 ^d ± 0,41	3,3 ^d ± 0,29	3,5 ^d ± 0,41	3,8 ^{d,e} ± 0,29	3,9 ^{d,e} ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> La-14	-	-	-	-	-	0,6 ^a ± 0,48	3,3 ^d ± 0,29	3,3 ^d ± 0,24	3,6 ^d ± 0,25	3,8 ^{d,e} ± 0,29	3,8 ^{d,e} ± 0,29
<i>Lb. acidophilus</i> La3	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,22	0,8 ^{ab} ± 0,29	2,1 ^c ± 0,20	2,1 ^c ± 0,25	2,3 ^c ± 0,24	2,3 ^c ± 0,29	2,4 ^c ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> La-5	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,24	1,4 ^b ± 0,15	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^{b,c} ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> ATCC 700396	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,21	0,6 ^a ± 0,14	3,6 ^{d,e} ± 0,48	3,9 ^{d,e} ± 0,48	4,1 ^e ± 0,25	4,3 ^e ± 0,29	4,5 ^e ± 0,58
	Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)										
<i>Lb. acidophilus</i> AD 200	-	-	-	-	-	0,5 ^a ± 0,41	1,5 ^{b,c} ± 0,41	1,8 ^{b,c} ± 0,29	2,0 ^c ± 0,41	2,1 ^c ± 0,43	2,3 ^c ± 0,29
<i>Lb. acidophilus</i> DDS-1	-	-	-	-	-	-	1,1 ^{ab} ± 0,30	1,3 ^b ± 0,24	1,6 ^b ± 0,15	2,0 ^c ± 0,16	2,1 ^c ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> DSM 24737	-	-	-	-	-	0,5 ^a ± 0,41	2,1 ^c ± 0,30	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^d ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29	2,9 ^{c,d} ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> La-14	-	-	-	-	-	-	2,8 ^{c,d} ± 0,24	3,3 ^d ± 0,29	3,4 ^d ± 0,25	3,8 ^d ± 0,24	4,2 ^e ± 0,26
<i>Lb. acidophilus</i> La3	-	-	-	0,4 ^a ± 0,24	0,4 ^a ± 0,12	0,6 ^a ± 0,30	1,9 ^{b,c} ± 0,27	2,3 ^c ± 0,29	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^c ± 0,30	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. acidophilus</i> La-5	-	0,3 ^{ab} ± 0,24	0,4 ^a ± 0,10	0,8 ^a ± 0,24	0,9 ^{ab} ± 0,15	1,2 ^b ± 0,22	1,1 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,33	1,6 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> ATCC 700396	-	-	-	-	-	0,2 ^a ± 0,40	4,0 ^e ± 0,41	4,3 ^e ± 0,29	4,4 ^e ± 0,25	4,6 ^e ± 0,25	4,8 ^{e,f} ± 0,50

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – brak hamowania wzrostu / no growth inhibition. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 4; a - f – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie (p < 0,05) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly (p < 0.05).

Tabela 3. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. casei* i *Lb. rhamnosus* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
 Table 3. Size of inhibition zones of growth of *Lb. casei* and *Lb. rhamnosus* species as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szepetu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]										
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	85	100
Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]											
Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)											
<i>Lb. casei</i> 01	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,8 ^b ± 0,24	1,1 ± 0,29	1,3 ^b ± 0,29	1,6 ^c ± 0,15	1,6 ^c ± 0,25
<i>Lb. casei</i> ATCC 393	-	0,3 ^a ± 0,29	0,4 ^{a,b} ± 0,27	0,4 ^{a,b} ± 0,25	0,6 ^b ± 0,15	0,9 ^b ± 0,10	1,9 ^c ± 0,25	2,3 ± 0,29	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> DN-114001	-	0,2 ^a ± 0,26	0,3 ^a ± 0,24	0,4 ^{a,b} ± 0,24	0,6 ^b ± 0,17	0,8 ^{a,b} ± 0,24	1,8 ^{b,c} ± 0,24	2,1 ^c ± 0,25	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> PB121	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,22	2,1 ^c ± 0,25	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^c ± 0,25	2,9 ^{c,d} ± 0,25	2,9 ^{c,d} ± 0,25
<i>Lb. casei</i> ATCC 334	-	-	-	-	-	-	1,3 ^b ± 0,29	1,3 ^{b,c} ± 0,56	1,9 ^{b,c} ± 0,25	2,1 ^{b,c} ± 0,25	2,3 ^c ± 0,29
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>paracasei</i> LCP	-	-	-	-	0,1 ^a ± 0,25	0,6 ^{a,b} ± 0,25	0,8 ^b ± 0,29	0,9 ^b ± 0,25	1,1 ^b ± 0,25	1,3 ^b ± 0,29	1,3 ^b ± 0,29
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> LCR	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,9 ^b ± 0,63	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^c ± 0,25	2,8 ^c ± 0,29	3,1 ^d ± 0,25	3,1 ^d ± 0,25
<i>Lb. rhamnosus</i> 573	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	1,3 ^b ± 0,29	2,0 ^c ± 0,41	2,3 ^c ± 0,29	3,6 ^d ± 1,03	3,5 ^d ± 0,41	3,1 ^d ± 0,25
<i>Lb. rhamnosus</i> ATCC 53103	-	-	-	-	-	1,1 ^a ± 0,85	3,1 ^d ± 0,25	3,2 ^d ± 0,24	3,5 ^d ± 0,41	3,9 ^d ± 0,25	3,9 ^d ± 0,25
<i>Lb. rhamnosus</i> Lcr35	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	1,1 ^a ± 0,71	2,1 ^c ± 0,25	2,6 ^{c,d} ± 0,27	3,2 ^d ± 0,24	3,8 ^d ± 0,29	3,9 ± 0,25
Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)											
<i>Lb. casei</i> 01	-	-	-	-	-	-	1,1 ^{b,c} ± 0,25	1,4 ^{b,c} ± 0,25	1,4 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25	1,8 ^{b,c} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> ATCC 393	-	-	-	0,4 ^a ± 0,24	0,6 ^b ± 0,10	0,7 ^b ± 0,13	0,9 ^b ± 0,12	1,1 ^b ± 0,12	1,6 ^b ± 0,25	2,0 ^{b,c} ± 0,41	2,0 ^c ± 0,41
<i>Lb. casei</i> DN-114001	-	-	-	0,2 ^a ± 0,26	0,4 ^a ± 0,25	0,4 ^a ± 0,10	1,1 ^{b,c} ± 0,25	1,3 ^b ± 0,21	1,6 ^b ± 0,25	1,8 ^b ± 0,29	1,8 ^{b,c} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> PB121	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,24	0,9 ^b ± 0,19	1,3 ^b ± 0,29	1,2 ^b ± 0,24	1,6 ^b ± 0,48	1,6 ^b ± 0,48	1,8 ^{b,c} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> ATCC 334	-	-	-	-	-	-	0,8 ^b ± 0,24	1,2 ^b ± 0,24	1,3 ^b ± 0,24	1,7 ^b ± 0,24	2,0 ^c ± 0,42
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>paracasei</i> LCP	-	-	-	-	-	0,1 ^a ± 0,25	1,1 ^b ± 0,25	1,3 ^b ± 0,24	1,6 ^{b,c} ± 0,25	2,0 ^c ± 0,10	1,9 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> LCR	-	0,3 ^a ± 0,24	0,4 ^{a,b} ± 0,48	0,8 ^b ± 0,29	0,8 ^b ± 0,29	1,2 ^{b,c} ± 0,36	1,7 ^c ± 0,17	1,9 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25
<i>Lb. rhamnosus</i> 573	-	0,3 ^a ± 0,29	0,6 ^{a,b} ± 0,30	0,8 ^b ± 0,24	0,9 ^b ± 0,25	1,3 ^{b,c} ± 0,24	1,6 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,15	2,5 ^c ± 0,41	3,0 ^d ± 0,41	3,3 ^d ± 0,65
<i>Lb. rhamnosus</i> ATCC 53103	-	-	0,3 ^a ± 0,24	0,7 ^b ± 0,24	0,8 ^b ± 0,29	1,0 ^b ± 0,10	2,0 ^c ± 0,10	2,1 ^c ± 0,25	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29	2,9 ^{c,d} ± 0,25
<i>Lb. rhamnosus</i> Lcr35	-	0,2 ^a ± 0,24	0,5 ^{a,b} ± 0,41	0,6 ^{a,b} ± 0,48	0,8 ^b ± 0,29	1,3 ^{b,c} ± 0,29	1,7 ^c ± 0,35	2,1 ^c ± 0,25	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29	2,8 ^{c,d} ± 0,29

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Tabela 4. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. delbrueckii* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
 Table 4. Size of inhibition zones of growth of *Lb. delbrueckii* species as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]										
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	85	100
Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]											
Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)											
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ATCC 11842	-	-	-	-	0,6 ^a ± 0,43	1,5 ^{ab} ± 0,41	4,8 ^d ± 0,50	5,2 ^d ± 0,46	5,1 ^d ± 0,48	5,6 ^e ± 0,48	5,8 ^{de} ± 0,50
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> DSM 24734	-	-	-	0,1 ^a ± 0,15	0,3 ^a ± 0,24	1,5 ^{ab} ± 0,41	3,8 ^e ± 0,50	4,2 ^d ± 0,36	4,8 ^d ± 0,29	5,3 ^{de} ± 0,29	5,8 ^{de} ± 0,50
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 4797	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,7 ^a ± 0,24	2,3 ^b ± 0,22	4,8 ^d ± 0,50	5,1 ^d ± 0,57	5,0 ^d ± 0,41	5,3 ^{de} ± 0,29	5,5 ^{de} ± 0,58
Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)											
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ATCC 11842	-	-	-	-	-	-	1,1 ^b ± 0,25	1,4 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^b ± 0,25	1,9 ^b ± 0,25
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> DSM 24734	-	-	-	0,7 ^a ± 0,31	0,9 ^a ± 0,12	1,7 ^b ± 0,24	3,3 ^c ± 0,50	4,0 ^d ± 0,41	4,5 ^d ± 0,41	5,1 ^{de} ± 0,48	5,8 ^{de} ± 0,50
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 4797	-	-	-	-	-	-	1,1 ^b ± 0,25	1,4 ^b ± 0,14	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^b ± 0,25	1,9 ^b ± 0,25

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Tabela 5. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. plantarum* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
 Table 5. Size of inhibition zones of growth of *Lb. plantarum* species as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]										
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	85	100
	Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]										
	Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)										
<i>Lb. plantarum</i> DSM 9843	-	-	-	-	0,1 ^a ± 0,25	1,5 ^b ± 0,41	4,4 ^d ± 0,48	4,5 ^d ± 0,41	4,6 ^d ± 0,48	4,8 ^d ± 0,29	5,0 ^d ± 0,41
<i>Lb. plantarum</i> ATCC 8014	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	1,6 ^b ± 0,43	3,1 ^c ± 0,25	3,4 ^c ± 0,25	3,8 ^{c,d} ± 0,29	4,1 ^c ± 0,25	4,3 ^d ± 0,29
<i>Lb. plantarum</i> NCAIM B.01834	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,5 ^{a,b} ± 0,33	2,1 ^c ± 0,06	2,5 ^c ± 0,41	2,8 ^c ± 0,29	2,9 ^c ± 0,25	3,0 ^c ± 0,41
	Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)										
<i>Lb. plantarum</i> DSM 9843	-	-	-	-	-	-	1,3 ^b ± 0,29	1,3 ^{b,c} ± 0,29	1,7 ^{b,c} ± 0,40	3,3 ^c ± 1,53	1,9 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. plantarum</i> ATCC 8014	-	-	-	0,6 ^a ± 0,43	1,0 ^b ± 0,24	1,0 ^b ± 0,10	2,8 ^c ± 0,24	3,1 ^c ± 0,25	3,3 ^c ± 0,29	3,6 ^c ± 0,25	3,9 ^c ± 0,25
<i>Lb. plantarum</i> NCAIM B.01834	-	0,1 ^a ± 0,25	0,8 ^{a,b} ± 0,24	1,0 ^b ± 0,13	1,3 ^b ± 0,29	1,4 ^b ± 0,48	1,7 ^{b,c} ± 0,24	1,8 ^{b,c} ± 0,29	2,1 ^{b,c} ± 0,25	2,1 ^{b,c} ± 0,25	2,2 ^{b,c} ± 0,24

Objasnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

bakterii *Campylobacter jejuni* i *Campylobacter coli* odpowiedzialnych za zatrucia pokarmowe wśród mieszkańców Unii Europejskiej w 2013 roku oraz zmniejszały biomasę biofilmów wytwarzanych przez te szczepy. Zengin i Baysal [27] wykazali natomiast addytywny efekt linalolu w połączeniu z eukaliptołem wobec wszystkich badanych drobnoustrojów. We wcześniejszych badaniach Kozłowska i wsp. [13] również wykazały wrażliwość badanych bakterii kwasu mlekowego wobec handlowego olejku eterycznego z kolendry, gdy został on dodany do podłoża w zakresie stężeń 50 ÷ 100 %. Olejek ten zastosowany w stężeniu poniżej 50 % działał tylko na wybrane szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, osiągając wielkość stref zahamowania ich wzrostu w przedziale 0,1 ÷ 2,3 mm. Kozłowska i wsp. [12] nie zaobserwowali także wpływu ekstraktów z roślin przyprawowych na wzrost większości badanych bakterii fermentacji mlekowej z wyjątkiem ekstraktu z rozmarynu, który był aktywny wobec szczepów *Lb. acidophilus* i *Lb. delbrueckii*. W badaniach Piaseckiej-Józwiak i wsp. [19] wykazano możliwość stosowania olejków eterycznych w odpowiednich stężeniach, jako komponentów preparatów probiotycznych przeznaczonych dla zwierząt. Dodatek takiego olejku mógłby poprawić walory zapachowe preparatów, a tym samym wpłynąć na jego większe pobieranie przez zwierzęta hodowlane. Elgayyar i wsp. [9] również badali wpływ olejku z kolendry na jeden szczep z gatunku *Lb. plantarum* i wykazali wielkość strefy zahamowania wzrostu tego szczepu w granicach 11 mm. Otrzymana wartość nie zawierała średnicy krążka, która wynosiła 6 mm. Badacze przyjęli, że strefa zahamowania wzrostu poniżej 6 mm wskazuje na brak wrażliwości ze strony badanych drobnoustrojów. W odniesieniu do tego założenia można wysnuć przypuszczenie, że szczepy bakterii *Lactobacillus* testowane w niniejszej pracy były odporne na zastosowane stężenia obu olejków. Świadczą o tym otrzymane wielkości stref zahamowania wzrostu badanych szczepów bakteryjnych, które nie przekroczyły 6 mm.

Wnioski

1. Przy zastosowaniu analizy GC/MS w olejku eterycznym z nasion kolendry otrzymanym metodą destylacji z parą wodną w zestawie prostym zidentyfikowano 31 związków, a w olejku otrzymanym z użyciem aparatu Derynga – 25 związków.
2. W obu olejkach z kolendry dominującym ilościowo związkiem był linalol. Jego zawartość w olejku wyodrębnionym przy użyciu aparatu Derynga była większa niż w olejku otrzymanym z użyciem zestawu do destylacji prostej i stanowiła ok. 49 %.
3. Wszystkie badane szczepy bakterii kwasu mlekowego były wrażliwe na działanie obu olejków eterycznych dodanych do podłoża w zakresie stężeń 50 ÷ 100 %, przy czym średnica stref zahamowania wzrostu tych bakterii nie przekroczyła 5,8 mm.
4. Olejki eteryczne z kolendry użyte w stężeniu poniżej 50 % działały tylko na wybrane szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, osiągając wielkość stref zahamo-

wania ich wzrostu w przedziale 0,1 ÷ 1,8 mm. Może to sprzyjać zastosowaniu tych olejków do produkcji wyrobów z udziałem pałeczek kwasu mlekowego.

Literatura

- [1] Adaszyńska M., Swarczewicz M.: Olejki eteryczne jako substancje aktywne lub konserwanty w kosmetykach. *Wiad. Chem.*, 2012, 66 (1-2), 139-158.
- [2] Adaszyńska M., Swarczewicz M., Markowska-Szczupak A., Jadczyk D.: Skład chemiczny i właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejku eterycznego i ekstraktu z mięty pieprzowej odmiany 'Asia'. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 2 (87), 116-125.
- [3] Bhuiyan M.N.I., Begum J., Sultana M.: Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh J. Pharmacol.*, 2009, 4 (2), 150-153.
- [4] Burdock G.A., Carabin I.G.: Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a food ingredient. *Food Chem. Toxicol.*, 2009, 47, 22-34.
- [5] Burt S.: Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 2004, 94, 223-253.
- [6] Coelho J.P., Cristino A.F., Matos P.G., Rauter A.P., Nobre B.P., Mendes R.L., Barroso J.G., Mainar A., Urieta J.S., Fareleira J.M.N.A., Sovová H., Palavra A.F.: Extraction of volatile oil from aromatic plants with supercritical carbon dioxide: Experiments and modeling. *Molecules*, 2012, 17, 10550-10573.
- [7] Duarte A., Luís Â., Oleastro M., Domingues F.C.: Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential control *Campylobacter* spp. *Food Control*, 2016, 61, 115-122.
- [8] Edris A.E.: Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review. *Phytother. Res.*, 2007, 21 (4), 308-323.
- [9] Elgayyar M., Draughon F.A., Golden D.A., Mount J.R.: Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *J. Food Prot.*, 2001, 64 (7), 1019-1024.
- [10] Grosso C., Ferraro V., Figueiredo A.C., Barosso J.G., Coelho J.A., Palavra A.M.: Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds. *Food Chem.*, 2008, 111, 197-203.
- [11] Kozłowska M., Ziarno M.: Kolendra – skład i zastosowanie. *Post. Fitoter.*, 2012, 13 (2), 108-112.
- [12] Kozłowska M., Ścibisz I., Zaręba D., Ziarno M.: Antioxidant properties and effect on lactic acid bacteria growth of spice extracts. *CyTA J. Food*, 2015, 13 (4), 573-577.
- [13] Kozłowska M., Ziarno M., Gruczyńska E., Kowalska D., Tarnowska K.: Wpływ olejku eterycznego z kolendry na wzrost bakterii kwasu mlekowego. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2016, 49 (3), 341-345.
- [14] Król S.K., Skalicka-Woźniak K., Kandefer-Szerszeń M., Stepulak A.: Aktywność biologiczna i farmakologiczna olejków eterycznych w leczeniu i profilaktyce chorób infekcyjnych. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2013, 67, 1000-1007.
- [15] Macura R., Michalczyk M., Banaś J.: Wpływ olejków eterycznych kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.) i melisy (*Melissa officinalis* L.) na jakość przechowywanego mielonego mięsa cielęcego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 4 (77), 127-137.
- [16] Mandal S., Mandal A.: Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 2015, 5 (6), 421-428.
- [17] Msaada K., Hosni K., Taarit M.B., Chahed T., Kchouk M.E., Marzouk B.: Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity. *Food Chem.*, 2007, 102 (4), 1131-1134.

- [18] Nurzyńska-Wierdak R., Rożek E., Kuźniewska H.: Plon i skład chemiczny ziela kolendry siewnej w uprawie szklarniowej. *Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska Sect. EEE.*, 2012, 22 (1), 31-38.
- [19] Piasecka-Jóźwiak K., Chabłowska B., Olczak M., Kliszcz M., Szkudzińska-Rzeszowiak E.: Possibility of enrichment probiotics for ruminants in plant oils for improving their activity against harmful bacteria. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2014, 59 (4), 56-61.
- [20] Politeo O., Jukić M., Miloš M.: Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of twelve spice plants. *Croat. Chem. Acta*, 2006, 79 (4), 545-552.
- [21] Singh G., Kapoor I.P., Pandey S.K., Singh U.K., Singh R.K.: Studies on essential oils. Part 10. Antibacterial activity of volatile oils of some spices. *Phyther. Res.*, 2002, 26, 680-682.
- [22] Singh G., Maurya S., de Lampasona M.P., Catalan C.A.N.: Studies on essential oils. Part 41. Chemical composition, antifungal, antioxidant and sprout suppressant activities of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil and its oleoresin. *Flav. Frag. J.*, 2006, 21 (3), 472-479.
- [23] Sourmaghi M.H.S., Kiaee G., Golfakhrabadi F., Jamalifar H., Khanavi M.: Comparison of essential oil composition and antimicrobial activity of *Coriandrum sativum* L. extracted by hydrodistillation and microwave-assisted hydrodistillation. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, 52 (4), 2452-2457.
- [24] Tajkarimi M.M., Ibrahim S.A., Cliver D.O.: Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 2010, 21, 1199-1218.
- [25] Van den Dool H., Kratz P.D.: A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J. Chromatogr.*, 1963, 11, 463-471.
- [26] Zeković Z., Adamović D., Četković G., Radojković M., Vidović S.: Essential oil and extract of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *APTEFF*, 2011, 42, 1-288.
- [27] Zengin H., Baysal A.H.: Antibacterial and antioxidant activity of essential oil terpenes against pathogenic and spoilage-forming bacteria and cell structure-activity relationships evaluated by SEM microscopy. *Molecules*, 2014, 19, 17773-17798.
- [28] Zorca M., Găinar I., Bala D.: Supercritical CO₂ extraction of essential oil from coriander fruits. *An. Univ. Bucuresti – Chimie*, 2006, XV (II), 79-83.


CHEMICAL COMPOSITION OF CORIANDER ESSENTIAL OIL AND ITS EFFECT ON GROWTH OF SELECTED LACTIC ACID BACTERIA

S u m m a r y


The objective of the study was to determine, using a GC/MS method, the volatile compounds in the coriander essential oils extracted from coriander seeds by two methods, and to determine their effect on the growth of selected bacteria strains of the *Lactobacillus* genus. The essential oils were produced by a steam distillation method with the use of a straight distillation set and in a Deryng apparatus. 31 compounds were identified in the essential oil extracted by the first method and 25 compounds in the oil from the Deryng apparatus. The essential oil obtained by the straight distillation contained such compounds as: linalool (31.80 %), camphor (11.88 %), geranyl acetate (8.29 %), geraniol (7.28 %), limonene (7.81 %), and γ -terpinene (6.45 %). The oil extracted using the Deryng apparatus was characterized by the highest percent content of linalool (48.89 %), camphor (10.50 %), geranyl acetate (9.69 %), and p-cymene (6.60 %). A well diffusion method was applied to assess the activity of those oils against the strains of lactic acid bacteria. It was found that the size of the zones of the growth inhibition of tested bacterial strains depended on the concentration of the essential oils used. The sizes of those zones ranged between 0.1 ÷ 5.8 mm. The coriander essential oils used at the concentrations above 50 % inhibited the growth of all the tested strains of lactic acid bacteria. When the concentrations of coriander essential oils used were below 50 %, the oils affected only some selected bacterial strains of the *Lactobacillus* genus.

Key words: *Coriandrum sativum* L. essential oil, GC/MS method, lactic acid bacteria (*Lactobacillus* spp.)





Polskie Towarzystwo
Technologów Żywności
Oddział Wielkopolski



Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytetu Przyrodniczego
w Poznaniu

zapraszają na

II Konferencję Naukową z cyklu „Nauka o zbożach”

nt. "Nowa jakość dla świadomego Konsumenta"

pod patronatem

**Dziekana Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu**

Poznań, 6 -7 września 2018 r.

Informacje: www.up.poznan.pl/noz
Kontakt: Sekretarz – mgr inż. Maria Różańska
e-mail: noz@up.poznan.pl; tel. 450 000 586;