

# Charakterystyka folii otrzymywanych z biopolimerów z dodatkiem olejków eterycznych

Ewelina Jamróz<sup>1)</sup>

DOI: [dx.doi.org/10.14314/polimery.2017.428](https://doi.org/10.14314/polimery.2017.428)

**Streszczenie:** Artykuł stanowi przegląd literatury dotyczącej wpływu olejków eterycznych na właściwości folii żelatynowych, chitozanowych oraz żelatynowo-chitozanowych. Folie biopolimerowe są tanie, biokompatybilne oraz funkcjonalne, a modyfikacja matrycy biopolimerowej olejkami eterycznymi o właściwościach przeciwbakteryjnych i przeciwutleniających umożliwia zastosowanie wytworzonych folii do produkcji materiałów opakowaniowych i zastąpienie nimi materiałów syntetycznych.

**Słowa kluczowe:** folie biopolimerowe, żelatyna, chitozan, olejki eteryczne.

## Characteristics of biopolymer films with essential oils

**Abstract:** This paper provides a review of the literature on the effect of essential oils on the properties of gelatin, chitosan, and gelatin-chitosan films. Biopolymer films are inexpensive, biocompatible and functional, while the modification of biopolymer matrix with antibacterial and antioxidant essential oils makes possible to use the produced films in food packaging instead of synthetic materials.

**Keywords:** biopolymer films, gelatin, chitosan, essential oils.

Wymagania konsumentów dotyczące ograniczenia szkodliwych, chemicznych dodatków do żywności, zmuszają badaczy i producentów do poszukiwania alternatywnych substancji naturalnych, działających przeciwbakteryjnie i przeciwutleniająco. Proces utleniania oraz namnażanie się mikroorganizmów to najważniejsze przyczyny psucia się żywności [1]. Obecne w pożywieniu mikroorganizmy mogą przyspieszać utlenianie lipidów, prowadzące do zmian właściwości organoleptycznych produktu. Proces utleniania, przebiegający w trakcie zarówno obróbki, jak i przechowywania produktów spożywczych, wpływa na ich właściwości sensoryczne i odżywcze. Utlenianie lipidów prowadzi do powstania związków potencjalnie toksycznych [2].

Folie wykazujące cechy przeciwdrobnoustrojowe/przeciwutleniające najczęściej zawierają trzy grupy substancji: biopolimery (polisacharydy, białka, tłuszcze), dodatki (plastyfikatory, emulgatory) oraz syntetyczne lub naturalne składniki AA (*antimicrobial/antioxidant agents*) – czynniki przeciwdrobnoustrojowe/przeciwutleniające. Coraz większe zainteresowanie budzą folie biodegradowalne otrzymywane z naturalnych, odnawialnych surowców, takich jak białka i polisacharydy, z dodatkiem olejków eterycznych działających niszcząco na drobnoustroje [3].

Żelatyna jest zbudowana z ułożonych w określonej sekwencji aminokwasów, duża zawartość glicyny, proliny

i hydroksyproliny decyduje o jej właściwościach żelujących [4]. Żelatynę wykorzystuje się jako składnik folii biopolimerowych, dzięki jej dużej biokompatybilności, plastyczności, podatności na biodegradację i niskiemu kosztowi otrzymywania [5]. Chitozan to nietoksyczny, polikationowy polimer polisacharydowy zbudowany z reszt D-glukozaminy połączonych wiązaniami  $\beta$ -1,4-glikozydowymi. Używany jest jako składnik jadalnych, biodegradowalnych folii opakowaniowych, gdzie wykorzystuje się jego aktywność przeciwdrobnoustrojową w celu zwiększenia trwałości produktów żywnościowych. Przeciwdrobnoustrojowe działanie chitozanu wynika z obecności w makrocząsteczce reaktywnych grup aminowych, których liczba jest uzależniona od kwasowości środowiska (wartości pH). Chitozan jest dobrym materiałem do otrzymywania folii polisacharydowo-białkowych, ponieważ silnie oddziałuje z białkami, dzięki interakcjom między dodatnio naładowanymi grupami obecnymi w cząsteczkach tego polisacharydu a ujemnie naładowanymi grupami zawartymi w makrołańcuchach białek [6].

Jest wiele znanych naturalnych substancji o działaniu przeciwutleniającym i przeciwdrobnoustrojowym, które mogą stanowić składnik folii jadalnych. Są to np. olejki eteryczne i ekstrakty owocowe. Olejki eteryczne można też aplikować bezpośrednio na powierzchnię produktu żywnościowego metodami: rozpylenia, zanurzenia lub pudrowania. Lotne i hydrofobowe substancje aktywne olejków eterycznych są związane przez składniki pożywienia, podczas gdy inne składniki są rozprowadzane

<sup>1)</sup> Uniwersytet Rolniczy, Instytut Chemii, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.

e-mail: [e.jamroz@ur.krakow.pl](mailto:e.jamroz@ur.krakow.pl)

w produkcji w zależności od stopnia ich powinowactwa do wody. W celu uniknięcia tego zjawiska olejki eteryczne można dodawać bezpośrednio do matrycy folii biopolimerowych [7].

Aktywność przeciwbakteryjna olejków eterycznych zależy od ich struktury oraz rodzaju obecnych w ich cząsteczkach grup funkcyjnych [8]. Generalnie najbardziej efektywne są związki zawierające fenolowe grupy funkcyjne. Najskuteczniejsze są: olejek goździkowy, tymiankowy, cynamonowy, rozmarynowy, waniliowy oraz szałwiowy [9]. Silne oddziaływania między cząsteczkami olejku eterycznego i polimeru matrycy mogą spowolnić uwalnianie się z folii związków przeciwbakteryjnych [10], zależne od wielu czynników m.in. od: oddziaływań elektrostatycznych między środkiem antybakteryjnym a łańcuchem polimeru, osmozy, zmian strukturalnych matrycy indukowanych przez obecność olejku oraz warunków środowiskowych [11].

Dzięki dużej zawartości związków terpenowych i fenolowych olejki eteryczne wykazują silne właściwości przeciwutleniające [12]. Zastosowanie dodatku olejków eterycznych do matrycy polimerowej jadalnych folii może nie tylko poprawić ich właściwości przeciwdrobnoustrojowe i przeciwutleniające, ale także zmniejszyć rozpuszczalność folii w wodzie, poprawić ich właściwości barierowe oraz spowolnić przemiany lipidów zawartych w żywności. W większości olejki eteryczne są uważane za bezpieczne dla zdrowia (grupa GRAS – *Generally Recognized as Safe*) [13]. Ich wadą jest intensywny zapach [10].

W niniejszym opracowaniu przedstawiono przegląd literatury dotyczącej wpływu dodatku olejków eterycznych do matrycy polimerowej folii żelatynowych, chitozanowych oraz żelatynowo-chitozanowych na ich właściwości.

## FOLIE ŻELATYNOWE

Dodatek olejku lawendowego do matrycy żelatynowej (> 2000 ppm) spowodował nieznaczne zmniejszenie przepuszczalności pary wodnej (WVP), natomiast do-

datek olejku z oregano polepszył właściwości przeciwbakteryjne i przeciwutleniające wytworzonych folii. Powłoki żelatynowe zawierające olejek z oregano lub olejek lawendowy (w stężeniu powyżej 2000 ppm) wykazywały aktywność przeciwbakteryjną wobec *E. coli* i *S. aureus*, przy czym silniejszymi właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi i przeciwutleniającymi charakteryzowały się folie żelatynowe z dodatkiem olejku z oregano. Folie takie mogą znaleźć szerokie zastosowanie w opakownictwie produktów żywnościowych [5].

Dodatek do matrycy żelatynowej olejków z bergamotki (BO) lub trawy cytrynowej (LO) wpłynął na zmniejszenie zarówno wytrzymałości wytworzonych folii na rozciąganie (TS), jak i wydłużenia przy zerwaniu (EAB). Wartości WVP folii żelatynowej z dodatkiem olejku z trawy cytrynowej były mniejsze niż folii z dodatkiem olejku z bergamotki. Folie żelatynowe zawierające olejek LO hamowały wzrost bakterii *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* i *S. typhimurium*, natomiast folie z dodatkiem olejku BO hamowały rozwój tylko *L. monocytogenes* i *S. aureus*. W wypadku obu rodzajów folii nie obserwowano zahamowania rozwoju *P. aeruginosa*. Na podstawie analizy termograficznej (TGA) stwierdzono, że w porównaniu z folią bez olejku eterycznego (kontrolną) folie żelatynowe z dodatkiem BO i LO były stabilniejsze termicznie [14].

Badano właściwości folii wytworzonej na bazie żelatyny ze skóry ryb z dodatkiem różnych olejków cytrusowych, w tym z bergamotki, limonki, cytryny oraz limonki kaffir (papeda *Citrus hystrix*), oraz 20 % lub 30 % mas. glicerolu [15]. Niezależnie od rodzaju dodanego olejku eterycznego folie z udziałem 20 % mas. glicerolu wykazywały większe wartości TS, ale mniejsze wartości EAB niż folie z udziałem 30 % mas. glicerolu. Folie zawierające olejki eteryczne, w szczególności olejek z limonki, charakteryzowały się mniejszą wytrzymałością na rozciąganie (TS), ale większym wydłużeniem przy zerwaniu (EAB) niż folie kontrolne (bez olejku eterycznego). Przepuszczalność pary wodnej folii z dodatkiem olejków eterycznych była mniejsza niż folii kontrolnej. Większy

**T a b e l a 1.** Wpływ dodatku olejków eterycznych na właściwości folii żelatynowych

**T a b l e 1.** Effect of addition of essential oils on the properties of gelatin films

Pochodzenie olejku	Plastyfikator	Właściwości folii żelatynowych					Literatura
		Grubość, mm	TS, MPa	EAB, %	EM, MPa	Rozpuszczalność w H <sub>2</sub> O, %	
Oregano	–	0,10–0,13	8,9–14,0	8,3–10,1	–	–	[5]
Lawenda	–	0,07–0,11	4,3–7,6	4,3–7,6	–	–	[5]
Bergamotka	Glicerol	0,045–0,048	23,75–36,34	3,06–8,76	–	89,82–93,37	[14]
Trawa cytrynowa	Glicerol	0,045–0,047	21,21–43,82	3,48–5,90	–	89,16–93,54	[14]
Bergamotka	Glicerol	0,047–0,048	36,52–42,42	15,29–19,96	–	–	[15]
Limonka kaffir	Glicerol	0,047–0,048	34,22–36,87	30,93–31,43	–	–	[15]
Cytryna	Glicerol	0,048	31,06–32,82	39,06–52,66	–	–	[15]
Limonka	Glicerol	0,047–0,049	25,87–27,32	52,21–69,97	–	–	[15]
<i>Zataria multiflora</i>	Glicerol	–	2,7–3,7	140–172	5,7–7,5	28–33	[16]

udział glicerolu (30 % mas.) wpłynął na zwiększenie wartości *EAB* oraz *WVP*, ale zmniejszenie wartości *TS* folii. Folie zawierające 20 % mas. glicerolu były stabilniejsze termicznie niż folie z udziałem 30 % mas. glicerolu. Folie żelatynowe z dodatkiem olejku cytrusowego charakteryzowały się dość silnymi właściwościami przeciwtleniającymi [15].

Wprowadzenie do matrycy żelatynowej olejku z *Zataria multiflora* (ZMO) spowodowała zwiększenie rozpuszczalności wytworzonych folii, przepuszczalności pary wodnej oraz zmniejszenie wartości *TS* i modułu Younga (*EM*). Kontrolne folie żelatynowe, bez dodatku olejku eterycznego ZMO, charakteryzowały się dużo słabszymi właściwościami przeciwtleniającymi niż folie z dodatkiem olejku. Folie zawierające olejek ZMO wykazały dużą aktywność przeciwbakteryjną, zarówno wobec bakterii gram-dodatnich, jak i gram-ujemnych [16].

W tabeli 1 przedstawiono właściwości folii żelatynowych zawierających dodatek olejków eterycznych i glicerolu.

Trwają badania nad zastosowaniem folii żelatynowych z olejkami eterycznymi do pakowania żywności. Przykładowo, folie żelatynowe z dodatkiem olejku z pomarańczy korzystnie wpływają na jakość przechowywanych krewetek. Na podstawie oceny sensorycznej stwierdzono, że powlekanie taką folią krewetek wydłuża czas ich przechowywania z 4 do 14 dni [17]. Folia z żelatyny z dodatkiem olejku z trawy cytrynowej spowalnia utlenianie lipidów oraz rozwój mikroorganizmów, skuteczniej niż kontrolna folia żelatynowa. Taka folia może być stosowana w celu utrzymania jakości i wydłużenia okresu trwałości płatów rybnych np. labraksów (bass morski) [18].

## FOLIE CHITOZANOWE

W tabeli 2 przedstawiono właściwości folii chitozanowych zawierających dodatek olejków eterycznych i glicerolu.

Dodatek do matrycy chitozanowej olejków: goździkowego, cynamonowego oraz tymiankowego zwiększał aktywność przeciwbakteryjną wytworzonych folii [19]. Folie chitozanowe z dodatkiem olejku tymiankowego ograniczały rozwój bakterii gram-dodatnich i gram-ujemnych skuteczniej niż folie chitozanowe zawierające olejek goździkowy lub cynamonowy. Udział w foliach chitozanowych olejku tymiankowego oraz goździkowego wpłynął na zawartość w nich wilgoci i ich rozpuszczalność w wodzie, zwiększenie wartości *WVP* i *EAB*, folie z udziałem olejku cynamonowego wykazywały natomiast zwiększenie wartości *TS*, ale też zmniejszenie zawartości wody i rozpuszczalności w wodzie [19].

Olejek cytronelowy oraz cedrowy, użyty w stężeniu większym niż 10 % m/m, powodował zmniejszenie wytrzymałości na rozciąganie folii chitozanowych, natomiast dodatek olejku cytronelowego lub cedrowego do matrycy chitozanowej, niezależnie od stężenia, powodował ograniczenie przepuszczalności pary wodnej [20].

Folie z olejkami eukaliptusowym (*Eucalyptus globulus*) wykazały *in vitro* bardzo dobrą aktywność przeciwdrobnoustrojową i przeciwtleniającą. Efektywność inhibicji w wypadku bakterii gram-ujemnych (*E. coli*, *P. aeruginosa*) była większa niż w wypadku bakterii gram-dodatnich (*S. aureus*, *C. albicans*) i *C. parapsilosis* [21]. Do chitozanowych folii jadalnych może też być dodawany ekstrakt z zielonej herbaty (GTE) [22]. Na podstawie analizy FT-IR

**T a b e l a 2.** Wpływ dodatku olejków eterycznych na właściwości folii chitozanowych

**T a b l e 2.** Effect of addition of essential oils on the properties of chitosan films

Pochodzenie olejku	Plastyfikator	Właściwości folii chitozanowych					Literatura
		Grubość, mm	<i>TS</i> , MPa	<i>EAB</i> , %	<i>EM</i> , MPa	Rozpuszczalność w H <sub>2</sub> O, %	
Eukaliptus	–	–	–	–	–	13,19–30,92	[21]
Trawa cytrynowa	Glicerol	0,062	25–28,35	54,76–60,73	–	–	[22]
Cynamon	Glicerol	0,098–0,107	13,35–29,23	3,58–16,57	–	10,4–21,6	[9]
<i>Zataria multiflora</i>	Glicerol	0,007–0,008	3–6	10–19	–	–	[23]
Pestki winogron	Glicerol	0,008	16	21	–	–	[23]
<i>Zataria multiflora</i> + pestki winogron	Glicerol	0,007–0,008	15–23	17–39	–	–	[23]
Bergamotka	–	0,032–0,056	22–65	1,7–7,0	1,7–7,0	–	[24]
Citronella	–	0,022–0,027	5,07–25,80	8,25–24,50	–	41,11–51,93	[20]
Drzewo cedrowe	–	0,022–0,027	22,29–36,54	17,12–33,00	–	38,78–50,04	[29]
Cytryna	–	0,097	ok. 47	ok. 21	–	28,95	[29]
Tymianek	–	0,101	ok. 38	ok. 34	–	42,96	[29]
Cynamon	–	0,099	ok. 39	ok. 29	–	39,02	[29]
Cytryna + tymianek	–	0,098	ok. 45	ok. 25	–	34,88	[29]
Cytryna + cynamon	–	0,094	ok. 48	ok. 21	–	25,32	[29]
Tymianek + cynamon	–	0,105	ok. 41	ok. 34	–	43,66	[29]

stwierdzono interakcję między grupami funkcjonalnymi chitozanu i związkami polifenolowymi zawartymi w GTE. Wykazano również pozytywny wpływ polifenoli, obecnych w ekstrakcie zielonej herbaty, na właściwości mechaniczne oraz barierowość wobec pary wodnej folii wytworzonych na bazie chitozanu. Dodatkowo udowodniono, że folia chitozanowa modyfikowana GTE znacznie skuteczniej ogranicza utlenianie lipidów niż folia niemodyfikowana, również wykazująca takie właściwości dzięki obecności chitozanu (dodatek 20 % mas. GTE poprawia właściwości przeciwutleniające w ok. 50 %). Potencjalnie, folie chitozanowe z udziałem ekstraktu z zielonej herbaty mogą pełnić funkcję aktywnego opakowania, jednak konieczne są dalsze badania aplikacyjne [22]. Dodatek olejku cynamonowego do matrycy chitozanowej wyraźnie poprawiał właściwości przeciwbakteryjne wytworzonych folii [16].

Właściwości modyfikowanych olejkami eterycznymi folii chitozanowych zależą głównie od rodzaju wprowadzanych związków fenolowych. Folie z udziałem kombinacji olejku z pestek winogron (GSE) (10 g/dm<sup>3</sup>) i olejku z rośliny *Zataria multiflora* (ZEO) (10 g/dm<sup>3</sup>), charakteryzowały się mniejszą wytrzymałością na rozciąganie i mniejszym wydłużeniem przy zerwaniu niż folie kontrolne. Dodatek tych olejków korzystnie wpłynął na właściwości przeciwutleniające chitozanowej folii, która zastosowana jako opakowanie produktów żywnościowych może stanowić skuteczną barierę dla drobnoustrojów oraz zanieczyszczeń chemicznych [23]. Do matrycy chitozanowej dodawano także olejek z bergamotki [24], który zwiększył aktywność wytworzonych folii przeciwko bakteriom *P. italicum*.

Olejki eteryczne są też dodawane do matrycy polimerowej w postaci mikroemulsji, tj. stabilnych termodynamicznie mieszanin wody, oleju oraz środków powierzchniowo czynnych. Dodatek mikroemulsji olejku z kory cynamonowej i olejku sojowego wpłynął na zwiększenie aktywności przeciwdrobnoustrojowej folii chitozanowej względem powszechnych patogenów pokarmowych [25]. Bonilla i współpr. [26] otrzymali folie chitozanowe zawierające olejki eteryczne z bazylii i tymianku metodą mikrofluidyzacji. W jej wyniku zmniejszył się wymiar kropli olejku oraz lepkość powłokotwórczego roztworu, ale matryca chitozanowa stała się delikatniejsza i bardziej rozciągliwa [26]. Folie chitozanowe z dodatkiem olejku cynamonowego wykazywały aktywność przeciwgrzybiczną wobec *A. niger*, *B. cinerea* i *R. stolonifer*. Zastosowany olejek wpłynął jednak także na pogorszenie WVP oraz właściwości mechanicznych wytworzonych folii [27].

Folie na bazie chitozanu z udziałem olejków eterycznych kaukaskich roślin z rodziny jasnowatych – *Ziziphora clinopodioides* oraz *Mentha spicata* (mięta zielona) – z dodatkiem cyprofloksacyny wykazywały dużą aktywność przeciwbakteryjną wobec powszechnych patogenów żywnościowych, takich jak: *S. aureus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium* i *E. coli* [28].

Zbadano wpływ dodatku mieszaniny olejków eterycznych z cytryny (L), tymianku (T) i cynamonu (C) na właściwości fizyczne i strukturalne folii chitozanowych [29]. Folie zawierające tylko olejek z cytryny charakteryzowały się mniejszą lepkością niż folie zawierające tylko olejek z tymianku lub z cynamonu. Dodanie równocześnie dwóch rodzajów olejków (LT, LC, TC) do matrycy chitozanowej spowodowało zmniejszenie wymiarów cząstek powłokotwórczego roztworu, a także ograniczenie przepuszczalności pary wodnej w porównaniu z przepuszczalnością wytworzonej folii zawierającej jeden rodzaj olejku eterycznego.

Badania nad zastosowaniem folii chitozanowych z udziałem olejków eterycznych prowadzono w warunkach *in vivo* i *in vitro*. Stwierdzono, że folie chitozanowe z olejkiem z bergamotki skutecznie chronią owoce winogron, hamując rozwój bakterii *P. italicum*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* [30]. Folie chitozanowe z dodatkiem olejku z cytryny pozwoliły na wydłużenie okresu przechowywania truskawek [31, 32], a z dodatkiem olejku z *Zataria multiflora* umożliwiły znaczne ustabilizowanie smaku soku z granatu podczas jego przechowywania [33]. Folie z dodatkiem olejku cynamonowego mogą być użyte do pakowania bardzo łatwo psujących się produktów, np. ryb i mięsa [9]. Folie chitozanowe z olejkiem z oregano pozwalają wydłużyć okres przechowywania mięsa, dzięki swej mikrobiologicznej aktywności względem bakterii gnilnych *L. monocytogenes*, *B. thermosphacta* i *Pseudomonas spp.* [34].

## FOLIE ŻELATYNOWO-CHITOZANOWE

Dodatek chitozanu otrzymanego z krewetek do matrycy żelatynowej uzyskanej z żelatyny rybnej wpłynął na zmniejszenie rozpuszczalności wytworzonych folii w wodzie oraz pogorszenie ich właściwości mechanicznych. Chitozan zwiększył aktywność przeciwbakteryjną folii, ale równocześnie pogorszył ich działanie przeciwutleniające [35]. Badano folie żelatynowo-chitozanowe o różnych stosunkach obu składników [36]. Stwierdzono, że zwiększenie stężenia chitozanu wpływało na znaczne zwiększenie wartości *TS*, ale też zmniejszenie wartości *EAB* i *WVP* folii. Z analizy widm FT-IR i DSC wynika, że między cząsteczkami żelatyny rybnej i chitozanu zachodzą wyraźne interakcje, korzystnie modyfikujące właściwości mechaniczne takich folii. Badano wpływ dodatku olejku z oregano na folie z żelatyny rybnej oraz chitozanu [37–39]. Wytrzymałość mechaniczna i barierowość folii wobec pary wodnej zmieniały się w zależności od stężenia olejku. Każdy z autorów otrzymał różne wyniki. Ze zwiększającym się udziałem olejku z oregano zmniejszała się wartość *TS* folii, ale obserwowano również wzrost wartości *EAB* [37, 39]. Pogorszenie właściwości mechanicznych odnotowano również w pracy [38]. Przepuszczalność pary wodnej zwiększała się [38, 39] lub zmniejszała [37]. Folie z dodatkiem olejku z oregano wykazywały właściwości przeciwbakteryjne lepsze

T a b e l a 3. Wpływ dodatku olejków eterycznych na właściwości folii żelatynowo-chitozanowych

T a b l e 3. Effect of addition of essential oils on the properties of gelatin-chitosan films

Pochodzenie olejku	Plastyfikator	Właściwości folii żelatynowo-chitozanowych					Literatura
		Grubość, mm	TS, MPa	EAB, %	EM, MPa	Rozpuszczalność w H <sub>2</sub> O, %	
Oregano	Glicerol	0,062–0,088	3,28–10,57	44,71–151,82	153,75–453,46	–	[37]
Oregano	Glicerol	0,027–0,029	30,69–45,91	22,41–52,00	–	–	[38]
Oregano	Glicerol	–	18,49–38,82	35,31–41,25	354,43–936,57	46,18–54,76	[39]

niż np. folie z udziałem olejku cytrynowego lub anyżowego.

W celu nadania foliom żelatynowo-chitozanowym właściwości przeciwbakteryjnych dodawano do matrycy polimerowej olejków z goździka, kopru włoskiego, cyprysu, lawendy, tymianku, werbeny, sosny i rozmarynu [40]. Z ośmiu testowanych olejków, najaktywniejsze działanie hamujące rozwój bakterii chorobotwórczych i gnilnych oraz naturalnej flory bakteryjnej ryb wykazywał olejek goździkowy [40].

W tabeli 3 przedstawiono dane literaturowe dotyczące wpływu dodatku olejków eterycznych na właściwości fizyczne folii żelatynowo-chitozanowych. Obserwowane zmiany fizyczne w strukturze matrycy polimerowej zależą od specyficznej interakcji między cząsteczkami polimeru i olejku eterycznego.

Badano przydatność folii żelatynowo-chitozanowych do zastosowań w opakowaniu szerokiej gamy produktów: mięsa, ryb, owoców, warzyw. Folie żelatynowe z dodatkiem chitozanu lub bez niego, wzbogacone olejkami z oregano lub rozmarynu, wykorzystano do powlekania sardynek. Uzyskano w ten sposób większą stabilność produktu, m.in. dzięki znacznemu ograniczeniu procesu utleniania tłuszczów [41]. Zastosowanie folii żelatynowo-chitozanowych z dodatkiem olejku z oregano pozwoliło na wydłużenie okresu przechowywania mięsa z karpia [38]. Kakaie i Shahbazi [42] oceniali właściwości folii żelatynowo-chitozanowych modyfikowanych dodatkiem mieszaniny ekstraktu z pestek z winogron oraz olejku z *Ziziphora clinopodioides*, w różnych proporcjach. Badane folie wpływały na przeżywalność *L. monocytogenes*, dzięki temu termin przydatności do spożycia filetów pstrąga wydłużył się do 11 dni [42]. Folia zawierająca olejek goździkowy korzystnie wydłużyła dopuszczalny czas przechowywania filetu z dorsza [6]. Przeciwbakteryjne działanie wykazywała folia żelatynowo-chitozanowa z udziałem olejku tymiankowego zastosowana do przechowywania czarnej rzodkwi. Największą aktywnością odznaczała się folia z dodatkiem 0,2 % mas. tego olejku [43].

#### PODSUMOWANIE

Jadalne opakowania żywności mogą poprawić jej jakość i wydłużyć dopuszczalny termin przydatności do spożycia. Modyfikacja folii biopolimerowych za pomocą olejków eterycznych poprawia stabilność mikrobiologiczną pakowanych w nie produktów spożywczych,

dzięki czemu umożliwia rozwój nowych systemów przechowywania żywności.

Publikacja była sfinansowana dzięki projektowi Badania Młodych nr 4710 Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

#### LITERATURA

- [1] Ateres L., Chiralt A.: *Trends in Food Science & Technology* **2016**, 48, 51.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.001>
- [2] Alves-Silva J., Dias dos Santos S.M., Pintado M.E. i in.: *Food Control* **2013**, 32 (2), 371.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.022>
- [3] Martín-Belloso O., Rojas-Graü M.A., Soliva-Fortuny R.: "Edible films and coatings for food applications" (red. Embuscado M.E., Huber K.C.), Springer, New York 2009, str. 295–313.
- [4] Gómez-Guillén M.C., Giménez B., López-Caballero M.E. i in.: *Food Hydrocolloids* **2011**, 25 (8), 1813.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>
- [5] Martucci J.F., Gende L.B., Neira L.M. i in.: *Industrial Crop and Products* **2015**, 71, 205.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.079>
- [6] Pereda M., Ponce A.G., Marcovich N.E. i in.: *Food Hydrocolloids* **2011**, 25 (5), 1372.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.01.001>
- [7] Cha D.S., Chinnan M.S.: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **2004**, 44, 223.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10408690490464276>
- [8] Holley R.A., Patel D.: *Food Microbiology* **2005**, 22, 273.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2004.08.006>
- [9] Ojagh S.M., Rezaei M., Razavi S.H. i in.: *Food Chemistry* **2010**, 122, 161.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.033>
- [10] Ruiz-Navajas Y., Viuda-Martos M., Sendra E. i in.: *Food Control* **2013**, 30, 386.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.07.052>
- [11] Avila-Sosa R., Palou E., Jimenez-Munguia M.T. i in.: *International Journal of Food Microbiology* **2012**, 153, 66.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.017>
- [12] Burt S.: *International Journal of Food Microbiology* **2004**, 94, 223.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- [13] Burdock G.A., Carabin I.G.: *Toxicology Letter* **2004**, 150, 3.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.07.004>

- [14] Ahmad M., Benjakul S., Prodpran T. i in.: *Food Hydrocolloids* **2012**, 28, 189.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.003>
- [15] Tongnuanchan P., Benjakul S., Prodpran T.: *Food Chemistry* **2012**, 134 (3), 1571.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.094>
- [16] Kavooosi G., Rahmatollahi A., Dadfar S.M.M. i in.: *LWT – Food Science and Technology* **2014**, 57, 556.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.008>
- [17] Alparslan Y., Yapıcı H., Metin C. i in.: *LWT – Food Science and Technology* **2016**, 72, 457.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.066>
- [18] Ahmad M., Benjakul S., Sumpavapol P. i in.: *International Journal of Food Microbiology* **2012**, 155, 171.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.027>
- [19] Hosseini M.H., Razavi S.H., Moussavi M.A.: *Journal of Food Processing and Preservation* **2009**, 33, 727.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00307.x>
- [20] Shen Z., Kamdem D.P.: *International Journal of Biological Macromolecules* **2015**, 74, 289.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.11.046>
- [21] Hafsa J., Smach M., Khedher M. i in.: *LWT – Food Science and Technology* **2016**, 68, 356.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.050>
- [22] Siripatrawan U., Harte B.R.: *Food Hydrocolloids* **2010**, 24 (8), 770.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.003>
- [23] Moradi M., Tajik H., Rohani S.M.R.: *LWT – Food Science and Technology* **2012**, 46, 477.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.020>
- [24] Sánchez-González L., Cháfer M., Chiralt A. i in.: *Carbohydrate Polymers* **2010**, 82, 277.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.04.047>
- [25] Ma Q., Zhang Y., Critzer F. i in.: *Food Hydrocolloids* **2016**, 52, 533.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.036>
- [26] Bonilla J., Atarés L., Vargas M. i in.: *Food Hydrocolloids* **2012**, 26, 9.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.03.015>
- [27] Perdonés A., Vargas M., Atarés L. i in.: *Food Hydrocolloids* **2014**, 36, 256.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.003>
- [28] Shahbazi Y., Shavisi N.: *LWT – Food Science and Technology* **2016**, 71, 364.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.011>
- [29] Peng Y., Li Y.: *Food Hydrocolloids* **2014**, 36, 287.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.013>
- [30] Sánchez-González L., Pastor C., Vargas M. i in.: *Postharvest Biology and Technology* **2011**, 60, 57.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.11.004>
- [31] Perdonés A., Sánchez-González L., Chiralt A. i in.: *Postharvest Biology and Technology* **2012**, 70, 32.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.002>
- [32] Perdonés A., Escriche I., Chiralt A. i in.: *Food Chemistry* **2016**, 197, 979.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.054>
- [33] Bazargani-Gilani B., Aliakbarlu J., Tajik H.: *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **2015**, 29, 280.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.007>
- [34] Paparella A., Mazzarrino G., Chaves-López C. i in.: *Food Microbiology* **2016**, 59, 23.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2016.05.007>
- [35] Jridi M., Hajji S., Ben Ayed H. i in.: *International Journal of Biological Macromolecules* **2014**, 67, 373.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.03.054>
- [36] Hosseini S.F., Rezaei M., Zandi M. i in.: *Food Chemistry* **2013**, 136, 1490.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.081>
- [37] Hosseini S.F., Rezaei M., Zandi M. i in.: *Food Chemistry* **2016**, 194, 1266.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.004>
- [38] Wu J., Ge S., Liu H. i in.: *Foodpacking and Shelf Life* **2014**, 2, 7.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.04.004>
- [39] Hosseini S.F., Rezaei M., Zandi M. i in.: *Industrial Crops and Products* **2015**, 67, 403.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.062>
- [40] Gómez-Estaca J., López de Lacey A., López-Caballero M.E. i in.: *Food Microbiology* **2010**, 27, 889.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.012>
- [41] Gómez-Estaca J., Montero P., Gimenez B. i in.: *Food Chemistry* **2007**, 105, 511.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.006>
- [42] Kakaei S., Shahbazi Y.: *LWT – Food Science and Technology* **2016**, 72, 432.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.021>
- [43] Jovanović G.D., Klaus A.S., Nikšić M.P.: *Revista Argentina de Microbiología* **2016**, 48 (2), 128.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2016.02.003>

Otrzymano 29 VII 2016 r.