ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 2 (131), 22 – 33

DOI: 10.15193/zntj/2022/131/413

MARTA CHABEREK, MAŁGORZATA GNIEWOSZ, KATARZYNA POBIEGA, KATARZYNA RYBAK

CHARAKTERYSTYKA PAPIERU POWLECZONEGO OLEJKIEM ETERYCZNYM I OCENA JEGO ZASTOSOWANIA W PAKOWANIU MIĘSA WOŁOWEGO

S t r e s z c z e n i e

Wprowadzenie. Opakowanie aktywne poprawia bezpieczeństwo mikrobiologiczne i właściwości sensoryczne żywności, przez co wydłuża okres przydatności produktu do spożycia. Do żywności podatnej na zanieczyszczenie mikrobiologiczne należy surowe mięso wołowe. *Listeria monocytogenes* i *Escherichia coli* to patogeny powszechnie występujące w surowym mięsie, które są przyczyną zatruć pokarmowych konsumentów na całym świecie. Papier celulozowy jest powszechnie stosowany do pakowania surowego mięsa. Aktywny papier można uzyskać przez powleczenie papieru substancjami przeciwdrobnoustrojowymi. Rolę naturalnych konserwantów mogą pełnić roślinne olejki eteryczne. Celem badań była charakterystyka papieru powleczonego olejkiem eterycznym z kory cynamonowej, olejkiem z liści cynamonowych lub olejkiem goździkowym i ocena jego zastosowania w pakowaniu surowego mięsa wołowego.

Wyniki i wnioski. Powleczenie papieru olejkiem eterycznym z kory cynamonowej lub olejkiem goździkowym zmieniło barwę papieru na żółto-białą w stosunku do niebiesko-białej barwy papieru kontrolnego i z dodatkiem olejku z liści cynamonowych. Powleczenie papieru wpłynęło na jego strukturę. Olejki eteryczne wniknęły w puste przestrzenie w papierze i wypełniły pory. Zapakowanie surowego mięsa wołowego powleczonym papierem ograniczyło wzrost *Listeria innocua* i *E. coli* podczas chłodniczego przechowywania. Barwa mięsa nie uległa zmianie przez 72 godziny. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość zastosowania papieru powleczonego olejkami eterycznymi jako aktywnego opakowania do surowego mięsa wołowego.

Słowa kluczowe: opakowanie aktywne, papier, olejki eteryczne, surowe mięso wołowe

Inż. M. Chaberek, prof. dr hab. M. Gniewosz, ORCID: 0000-0003-2282-8231, dr inż. K. Pobiega, ORCID: 0000-0003-3532-8666, Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, mgr inż. K. Rybak, ORCID: 0000-0003-3595-0818, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 150c, 02-776 Warszawa; Kontakt: malgorzata_gniewosz@sggw.edu.pl

Wprowadzenie

Ochrona żywności przed oddziaływaniem czynników zewnętrznych to podstawowa funkcja opakowania żywności. Wzrost popytu na żywność bezpieczniejszą i zdrowszą przyczynił się do rozwoju nowej koncepcji w utrwalaniu żywności zwanej opakowaniem aktywnym [30]. Jest to system, w których produkt, opakowanie i środowisko oddziałują pozytywnie, poprawiając bezpieczeństwo i właściwości sensoryczne oraz utrzymując jakość produktu, co wydłuża okres przydatności do spożycia [3, 30]. W tym nurcie mieszczą się badania nad użyciem aktywnego, przeciwbakteryjnego materiału opakowaniowego do zwiększenia ochrony żywności przed rozwojem mikroorganizmów, w tym patogenów [19, 29]. Do żywności podatnej na zanieczyszczenie mikrobiologiczne należy świeże mięso. *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* i *Salmonella* to patogeny powszechnie występujące w świeżym i przetworzonym mięsie, które są przyczyną zatruć pokarmowych konsumentów na całym świecie [4].

Najszerzej stosowanymi materiałami w opakowaniach żywności są różnego rodzaju papiery i kartony [27]. Papier celulozowy wyróżnia się lekkością, niskim kosztem, dobrą biodegradowalnością i jest powszechnie akceptowany przez konsumentów [11, 15, 21]. Obiecującą metodą do uzyskania aktywnego papieru jest powlekanie substancjami o charakterze przeciwdrobnoustrojowym. W literaturze przedstawiono już badania papieru powleczonego chitosanem [10], nanocząsteczkami srebra [8], czy też eugenolem [14].

Olejki eteryczne roślin przyprawowych są od wielu lat badane pod względem przydatności do poprawy jakości i bezpieczeństwa żywności [25]. Szczególne znaczenie mają olejki eteryczne o aktywności przeciwdrobnoustrojowej ze względu na możliwość użycia ich jako naturalnych konserwantów [28]. Olejek eteryczny goździkowy pozyskiwany jest z pąków drzew *Syzygium aromaticum*. W składzie chemicznym olejku goździkowego występuje wiele aktywnych składników, takich jak eugenol, fenylopropanoid, ester monoterpenowy i β-kariofilen, które są bezpieczne, nietoksyczne i dobrze znane ze swoich właściwości przeciwbakteryjnych oraz przeciwutleniających. Olejek goździkowy ma udokumentowane działanie bakteriobójcze na niektóre z najważniejszych patogenów przenoszonych przez żywność, w tym *E. coli*, *L. monocytogenes* i *Salmonella* Typhimurium [1]. Olejek cynamonowy pozyskuje się m.in. z kory lub liści cynamonowca (*Cinnamomum verum*). Olejki eteryczne z kory cynamonowca zawierają wiele związków fenolowych, takich jak aldehyd trans-cynamonowy, limonen, eugenol i aldehyd benzoesowy, które mają dobre działanie przeciwbakteryjne i przeciwutleniające [12]. Wykazano, że olejek z kory cynamonowej jest skuteczny zarówno przeciwko bakteriom Gram-ujemnym, jak i Gram-dodatnim, w tym między innymi *L. monocytogenes* i *E. coli* O157:H7 [5, 22]. Olejek eteryczny z kory cynamonowej zazwyczaj zawiera bardzo wysokie stężenie aldehydu cynamonowego i małe stężenie eugenolu. Odwrotnie, w składzie olejku z liści cynamonowych jest zazwyczaj

wysokie stężenie eugenolu, nawet do 60 ÷ 77 % i mniejsze – aldehydu cynamonowego. Udowodniono, że aldehyd cynamonowy ma najsilniejsze działanie przeciwbakteryjne w porównaniu z innymi składnikami olejków eterycznych, np. eugenolem [18, 20].

Celem niniejszych badań była charakterystyka papieru powleczonego olejkiem eterycznym z kory cynamonowej, olejkiem z liści cynamonowych lub olejkiem goździkowym pod względem wyglądu i barwy. Następnie oceniono jego zastosowanie w pakowaniu surowego mięsa wołowego. Badano hamowanie wzrostu *L. innocua* i *E. coli* na świeżym surowym mięsie wołowym zapakowanym w papier powleczony olejkami eterycznymi i przechowywanym w warunkach chłodniczych przez 72 godziny. Niepatogenna *L. innocua* została wybrana jako bakteria zastępcza dla chorobotwórczej bakterii *L. monocytogenes* w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy badaczom i wyeliminowania ekspozycji na ten patogen. Oba gatunki są genetycznie i fenotypowo podobne i dlatego w wielu badaniach naukowych bakterię *L. monocytogenes* zastępuje się bakterią *L. innocua* [13, 16]. Podczas przechowywania badano także wpływ pakowania mięsa wołowego w powleczony papier na barwę mięsa.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były: papier półpergaminowy (PolPak, Polska), trzy olejki eteryczne (OE) – z liści cynamonowych, kory cynamonowca i goździkowy (Sigma-Aldrich, Polska) oraz świeże surowe mięso wołowe z karku zakupione w handlu detalicznym.

Materiałem biologicznym były dwa szczepy referencyjnych bakterii *Listeria innocua* ATCC 33090 i *Escherichia coli* ATCC 13076 pochodzące z muzeum czystych kultur Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności SGGW w Warszawie. Szczepy przechowywano w stanie głębokiego zamrożenia w 25-procentowym glicerolu w temperaturze -80 °C. Przed każdym doświadczeniem szczepy uaktywniano w podłożu TSA (agar tryptonowo-sojowy, Biomaxima, Polska) w temperaturze 37 °C przez 18 ÷ 24 godziny. Następnie przy użyciu densimatu (BioMérieux, Francja) w soli fizjologicznej przygotowywano zawiesinę wyjściową szczepów o gęstości 0,5 stopnia w skali Mc Farlanda, co odpowiada około 1×10^8 komórek/cm^3, którą stosowano do dalszych badań.

Papier powlekano każdym olejkiem eterycznym oddzielnie, uzyskując trzy doświadczalne próbki; papier powleczony olejkiem z liści cynamonowych (P+OECL), olejkiem z kory cynamonowej (P+OECK) i olejkiem goździkowym (P+OEG). Próbką kontrolną był papier niepowleczony (P). Powlekanie arkuszy papieru wykonywano przy użyciu automatycznego aplikatora byko-drive XL (BYK Instruments, Niemcy) przy prędkości 20 mm/s, uzyskując grubość warstwy olejku na papierze 100 μm. Na-

stępnie arkusze papieru suszono w temperaturze 24 ± 2 °C przy RH 50 ± 5 % przez 24godziny.

Barwę próbek papieru powleczonego i niepowleczonego oznaczano w 9 losowo wybranych punktach w systemie CIE L*a*b* przy użyciu kolorymetru (Konica Minolta CM-5 chromameter, Konica Minolta, Japonia). Obserwacje struktury (powierzchni i przekroju poprzecznego) papieru przeprowadzano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM, Phenom XL, Thermo Fisher Scientific, USA) z napięciem przyspieszenia 5 kV. Wszystkie próbki zostały napylone złotem przed obrazowaniem.

Próbki surowego mięsa wołowego aseptycznie krojono na kawałki o masie 10 g i naświetlano promieniowaniem UV przez 10 min z każdej strony w celu sterylizacji powierzchni mięsa. Następnie na powierzchnię mięsa nanoszono po 150 µl inokulum *L. innocua* lub *E. coli* o gęstości 10^8 jtk/cm^3, pozostawiano na 15 min w celu wniknięcia komórek bakterii i zawijano papierem. Przygotowywano po trzy serie inokulowanych bakteriami *L. innocua* lub *E. coli* próbek surowego mięsa wołowego zapakowanych w papier niepowleczony (próbka kontrolna P), papier powleczony olejkiem z liści cynamonowych (P+OECL), olejkiem z kory cynamonowca (P+OECK) lub olejkiem goździkowym (P+OEG). Zapakowane próbki mięsa przechowywano w temperaturze 4±2 °C przez 72 godziny.

Próbki surowego mięsa wołowego odwijano z papieru, przenoszono do 90 cm^3 zbuforowanej wody peptonowej i homogenizowano (Stomacher 400, Kleinfeld Labortechnik, Niemcy) przez 60 sek. Następnie przygotowywano szereg dziesiętnych rozcieńczeń w zbuforowanej wodzie peptonowej. Próbki mięsa inokulowane *L. innocua* pobrane z odpowiednich rozcieńczeń posiewano na dwie równoległe płytki z podłożem Oxford Agar (BTL, Polska), a inokulowane *E. coli* na płytki z podłożem XLD Agar (BTL, Polska). Płytki inkubowano w temperaturze 37 °C przez 24 godziny. Liczbę bakterii oznaczano w określonym czasie (godzina 0) oraz po 24 i 72 godzinach. Wynik przedstawiono w logarytmach liczby tworzącej kolonie w gramie mięsa.

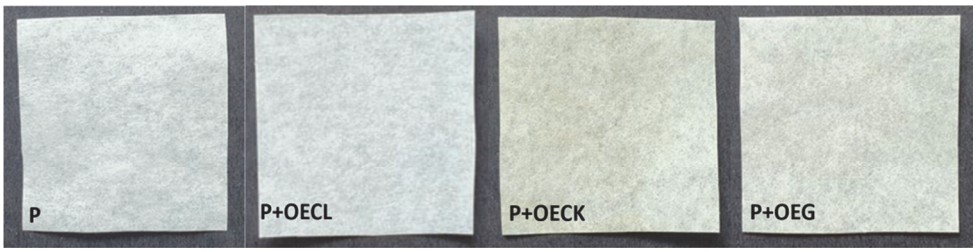
Przygotowywano również po trzy próbki surowego mięsa wołowego bez inokulacji bakteriami, które zapakowano w papiery powleczone olejkami eterycznymi oraz papier kontrolny i przechowywano w warunkach chłodniczych, jak wyżej. W próbkach oznaczano barwę surowego mięsa wołowego w systemie CIE L*a*b* (CM-5, Konica Minolta, Japonia) w określonym czasie (godzina 0) i po 72 godzinach. Pomiar barwy był wykonywany w trzech losowo wybranych miejscach mięsa w trzech równoległych próbkach (łącznie 9 pomiarów).

Obliczano średnie wyniki i odchylenie standardowe, korzystając z programu Excel 2011. Dokonano analizy wariancji Anova, a średnie wyniki porównano przy użyciu testu Tukeya w programie Statistica wersja 13.3.

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka papieru powleczonego olejkiem eterycznym

Wygląd papieru powleczonego olejkami eterycznymi w stosunku do niepowleczonego papieru (próbki kontrolnej) przedstawiono na rys. 1, a wartości parametrów barwy papierów w tab. 1.



Rys. 1. Wygląd papieru niepowleczonego (P) i powleczonego olejkiem z liści cynamonowych (P+OECL), olejkiem z kory cynamonowej (P+OECK), olejkiem goździkowym (P+OEG)
Fig. 1. The appearance of uncoated paper (P) and paper coated with cinnamon leaf oil (P+OECL), cinnamon bark oil (P+OECK), clove oil (P+OEG)

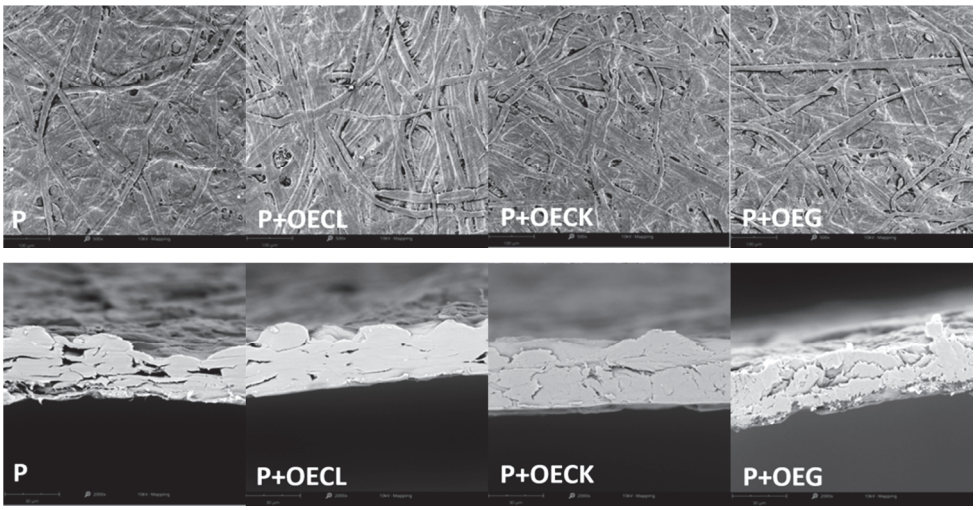
Tabela 1. Wartości parametrów barwy L*, a*, b* papieru niepowleczonego(P), powleczonego olejkiem z liści cynamonowych (P+OECL), olejkiem z kory cynamonowej (P+OECK), olejkiem goździkowym (P+OEG)
Table 1. Values of the L*, a*, b* color parameters of uncoated paper (P), paper coated with cinnamon leaf oil (P+OECL), cinnamon bark oil (P+OECK), clove oil (P+OEG)

Parametry barwy Color parameters	Rodzaj papieru / Type of paper			
	P	P+OECL	P+OECK	P+OEG
L*	$70{,}30^{b} \pm 0{,}15$	$71{,}47^{c} \pm 0{,}43$	$68{,}62^{a} \pm 0{,}66$	$67{,}77^{a} \pm 0{,}44$
a*	$-0{,}28^{b} \pm 0{,}01$	$-0{,}30^{b} \pm 0{,}02$	$-0{,}55^{a} \pm 0{,}1$	$-0{,}45^{a} \pm 0{,}03$
b*	$-0{,}68^{a} \pm 0{,}01$	$-0{,}66^{a} \pm 0{,}02$	$0{,}55^{c} \pm 0{,}18$	$-0{,}05^{b} \pm 0{,}03$
Δ E	-	1,18	1,95	2,63

Objaśnienia / Explanatory notes:
W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / The table shows mean values ± standard deviations; $n = 9$; a, b – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie przy $p \leq 0{,}05$ / mean values in rows denoted by different letters differ significantly statistically at $p \leq 0.05$.

Stwierdzono, że papier powleczony olejkami eterycznymi nie różnił się wyglądem od papieru niepowleczonego, z wyjątkiem barwy (rys. 1). Wartości parametrów a* i b*, które były bliskie zeru, reprezentują odpowiednio bardzo słabą intensywność w odcieniu zielonym (a*) oraz słabą w odcieniu niebieskim lub żółtym (b*) (tab. 1).

Papier niepowleczony (P) i papier powleczony olejkiem z liści cynamonowych (P+OECL) miały wyższe ujemne wartości parametru b*, co powodowało niebiesko-biały wygląd. Papiery powleczone warstwą olejku z kory cynamonowej (P+OECK) lub olejku goździkowego (P+OEG) delikatnie pociemniały i z powodu wyższych ujemnych wartości parametru a* oraz dodatnich lub mniejszych ujemnych wartości parametru b* miały żółto-biały wygląd. Zmiana barwy papieru w wyniku powleczenia olejkami eterycznymi była niewielka w zakresie od 1,18 do 2,64, co oznacza, że nie będzie zauważona przez przeciętnego konsumenta [24].



Rys. 2. Powierzchnia i przekrój poprzeczny papieru niepowleczonego (P) i papieru powleczonego olejkiem z liści cynamonowych (P+OECL),olejkiem z kory cynamonowej (P+OECK), olejkiem goździkowym (P+OEG)

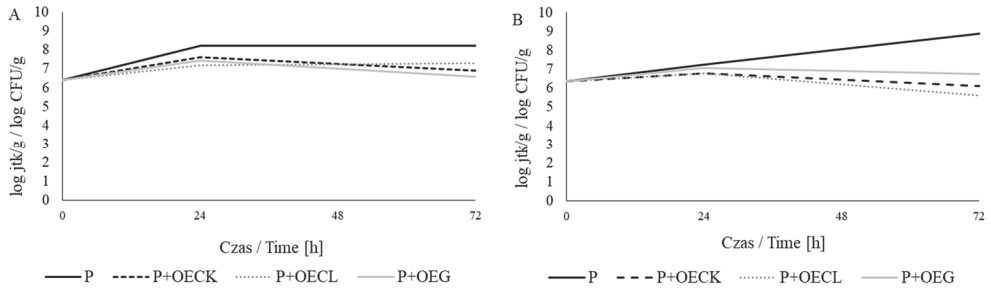
Fig. 2. The surface and cross-section of uncoated paper (P) and paper coated with cinnamon leaf oil (P +OECL), cinnamon bark oil (P + OECK), clove oil (P + OEG)

Przeprowadzono obserwacje struktury papieru niepowleczonego i powleczonego olejkami eterycznymi, a obrazy SEM przedstawiono na rys. 2. Obserwowano nierówną i porowatą strukturę powierzchni papieru kontrolnego (P). Dodatkowo widoczne były splątane długie włókna celulozowe z licznymi porami o różnej wielkości. Na obrazach powierzchni papieru powleczonego olejkami eterycznymi można zaobserwować niezmienioną strukturę powierzchni w stosunku do papieru niepowleczonego. W przekroju poprzecznym papieru kontrolnego uwidoczniły się warstwy włókien celulozowych z licznymi porami i nierówną grubością. Struktura papierów powleczonych olejkami eterycznymi w przekroju poprzecznym była bardziej jednolita, a grubość większa. Dodatkowo, w przekroju poprzecznym kształt włókien celulozowych był prawie niewidoczny z wypełnionymi porami między nimi. Podobne zmiany struktury papieru

były obserwowane po powleczeniu hydrożelową powłoką składającą się z nanowłókien celulozy utlenionej z gumą guar, która nie tylko utworzyła błonę na powierzchni papieru, ale także częściowo wniknęła w jego pory. Powłoka hydrożelowa, podobnie jak spoiwo, zwiększała adhezję pomiędzy włóknami, co również przyczyniło się do poprawy właściwości mechanicznych papieru. Analiza danych wskazuje, że również zaobserwowano poprawę wytrzymałości na rozciąganie papieru po jego powleczeniu alginianem sodu z karboksymetylocelulozą w wyniku poprawy wiązania między włóknami [2, 23].

Ocena zastosowania papieru powleczonego olejkiem eterycznym w pakowaniu mięsa wołowego

Mięso dostępne na rynkach detalicznych powinno być stabilnej jakości i wolne od chorobotwórczych bakterii i grzybów, które mogą powodować poważne choroby ludzi. Liczba mikroorganizmów jest jednym z najważniejszych wskaźników oceny świeżości mięsa [6]. Na rys. 3 przedstawiono zmiany liczby bakterii na mięsie wołowym zapakowanym powleczonym papierem podczas chłodniczego przechowywania.



Rys. 3. Zmiana liczby *L. innocua* (A) i *E. coli* (B) na mięsie wołowym zapakowanym papierem powleczonym olejkami eterycznymi podczas chłodniczego przechowywania. P – papier niepowleczony, (P+OECL) – papier powleczony olejkiem z liści cynamonowych, (P+OECK) – papier powleczony olejkiem z kory cynamonowej, (P+OEG) – papier powleczony olejkiem goździkowym

Fig. 3. A change in the number of *L. innocua* (A) and *E. coli* (B) on beef packaged in paper coated with essential oils during refrigerated storage. P – uncoated paper, (P+OECL) – paper coated with cinnamon leaf oil, (P+OECK) – paper coated with cinnamon bark oil, (P+OEG) – paper coated with clove oil

Liczba *L. innocua* w mięsie zapakowanym w papier niepowleczony zwiększyła się o około 2 cykle logarytmiczne już po 24 godzinach i utrzymywała się na tym poziomie przez 72 godziny. W próbkach mięsa zapakowanego w papiery P+EOG i P+EOCK liczba L. *innocua* nie zwiększyła się po 72 godzinach. W mięsie zapakowanym w papier P+OECL liczba *L. innocua* wzrosła o około 1 cykl logarytmiczny. Podobnie, podczas 72 godzin przechowywania nastąpił wzrost liczby *E. coli* w mięsie

zapakowanym w papier niepowleczony (P) o 2 cykle logarytmiczne. W próbkach mięsa zapakowanego w papier P+OECL stwierdzono redukcję liczby *E. coli* o około 1 cykl logarytmiczny, a w próbkach zapakowanych papierami P+OEG i P+OECK nie było zmiany liczby *E. coli*.

Wzrost aktywności drobnoustrojów w produktach spożywczych wskazuje na proces psucia się. W niniejszym badaniu liczba *L. innocua* i *E. coli* była znacząco niższa w próbkach surowego mięsa wołowego zapakowanego papierem powleczonym olejkami eterycznymi w porównaniu z próbkami zapakowanymi niepowleczonym papierem. Siła hamowania rozwoju bakterii na mięsie przez olejki eteryczne umieszczone w formie warstwy na papierze była podobna, mimo różnic w ich składzie chemicznym [1, 12, 18, 20]. Olejki cynamonowy i goździkowy są bardzo skuteczne w zwalczaniu mikroorganizmów psujących żywność [26]. Olejek z kory i liści cynamonowych oraz olejek goździkowy osłabiają ścianę komórkową i błonę cytoplazmatyczną bakterii, dzięki czemu aktywne składniki olejku mogą wnikać do komórek. W konsekwencji składniki te reagują z grupami -SH w miejscach aktywnych enzymów, powodując ich inaktywację i przyczyniają się do śmierci komórek [20]. Obiecujące wyniki uzyskali Rodrìguez i wsp. [19], którzy badali działanie przeciwdrobnoustrojowe papieru z aktywną powłoką parafinową zawierającą olejek cynamonowy. Stwierdzono, że papier znacząco hamował wzrost Gram-ujemnych bakterii *Salmonella enterica* ser. Choleraesuis, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica* i *Pseudomonas aeruginosa,* ale nie hamował rozwoju bakterii Gram-dodatnich.

Tabela 2. Zmiana barwy mięsa wołowego opakowanego powleczonym papierem podczas chłodniczego przechowywania

Table 2. Color change of beef wrapped in coated paper during refrigerated storage

Rodzaj papieru Type of paper	Czas / Time [h]	Parametry barwy mięsa / Meat color parameters		
		L*	a*	b*
P	0	$28{,}01^{a} \pm 1{,}27$	$11{,}91^{b} \pm 1{,}11$	$7{,}62^{a} \pm 0{,}38$
	72	$31{,}28^{a} \pm 1{,}26$	$8{,}04^{a} \pm 0{,}87$	$7{,}94^{a} \pm 0{,}67$
P+OECL	0	$26{,}51^{a} \pm 1{,}99$	$12{,}05^{b} \pm 1{,}15$	$8{,}62^{a} \pm 0{,}89$
	72	$26{,}96^{a} \pm 2{,}54$	$11{,}75^{b} \pm 0{,}29$	$8{,}39^{a} \pm 0{,}90$
P+OECK	0	$26{,}82^{a} \pm 2{,}07$	$11{,}85^{b} \pm 0{,}66$	$7{,}80^{a} \pm 0{,}86$
	72	$28{,}04^{a} \pm 1{,}27$	$11{,}04^{b} \pm 0{,}84$	$7{,}53^{a} \pm 0{,}79$
P+OEG	0	$27{,}58^{a} \pm 1{,}79$	$11{,}39^{b} \pm 1{,}03$	$8{,}41^{a} \pm 0{,}81$
	72	$26{,}78^{a} \pm 2{,}30$	$9{,}83^{ab} \pm 0{,}61$	$9{,}08^{a} \pm 0{,}20$

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; $n = 9$; a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie przy $p \leq 0{,}05$ / mean values in columns denoted by different letters differ significantly statistically at $p \leq 0.05$

Barwa jest ważnym atrybutem jakości mięsa, który jest postrzegany przez konsumentów jako wskaźnik świeżości. Na barwę wpływa zmienność pigmentów występujących w mięsie, takich jak zawartość mioglobiny i jej formy [7, 9]. Wartości barwy CIE próbek surowego mięsa wołowego zapakowanego niepowleczonym i powleczonym papierem podczas chłodniczego przechowywania przedstawiono w tab.2. Zapakowanie surowego mięsa wołowego papierem powleczonym olejkami eterycznymi nie miało wpływu na jasność barwy mięsa (L*) oraz nasycenie barwy czerwonej (a*) i żółtej (b*) podczas 72 godzin chłodniczego przechowywania. Szczególnie ważne są zmiany wartości a*, ponieważ stopień czerwoności mięsa jest elementem atrakcyjności wizualnej dla konsumentów [17]. Stwierdzono, że po 72 godzinach mięso zapakowane w papier niepowleczony miało istotnie statystycznie zmniejszoną wartość parametru a*, co oznacza utratę intensywności czerwoności mięsa. Tak istotnych zmian wartości a* nie obserwowano po 72 godzinach w barwie mięsa zapakowanego w papier powleczony, co sugeruje korzystny wpływ olejków eterycznych na stabilność czerwoności mięsa. Radha Krishnan i wsp. [17] stwierdzili ochronne działanie ekstraktów przypraw i ziół na stabilizację barwy surowego mięsa wołowego podczas 15-dniowego chłodniczego przechowywania. Podobnie potraktowanie mielonego mięsa jagnięcego olejkiem z kory cynamonowej zminimalizowało zmiany barwy [9]. Może to być spowodowane obecnością w olejku z kory cynamonowej związków bioaktywnych, takich jak aldehyd cynamonowy i inne polifenole, które odpowiadają za działanie antyoksydacyjne w mięsie, hamując procesy utlenianie tłuszczu [17].

Wnioski

1. Powleczenie papieru olejkiem eterycznym z kory cynamonowej lub olejkiem goździkowym zmieniło barwę papieru na żółto-białą. Z kolei olejek z liści cynamonowych miał niebiesko-białą barwę i nie różnił się od barwy papieru kontrolnego. Zmiana barwy papieru w wyniku powleczenia olejkami eterycznymi była niewielka i nie będzie zauważona przez przeciętnego konsumenta.
2. Powleczenie papieru olejkiem eterycznym wpłynęło na jego strukturę. Olejki eteryczne wniknęły w puste przestrzenie w papierze i wypełniły pory, dzięki czemu struktura papierów w przekroju poprzecznym była bardziej jednolita, a grubość większa w stosunku do papieru kontrolnego.
3. Zapakowanie surowego mięsa wołowego powleczonym papierem ograniczyło wzrost *L. innocua* i *E. coli* podczas przechowywania w temperaturze 4 °C przez 72 godziny. Barwa mięsa nie uległa zmianie przez 72 godzinach.
4. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość zastosowania papieru powleczonego olejkami eterycznymi jako aktywnego opakowania do surowego mięsa wołowego.

5. Konieczne jest przeprowadzenie badań mięsa wołowego zapakowanego w papier powleczony olejkami eterycznymi w celu weryfikacji ewentualnych zmian jakości sensorycznej mięsa.

Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem automatycznego aplikatora warstw (byko-drive XL), skaningowego mikroskopu elektronowego(Phenom XL) i automatycznego licznika kolonii mikroorganizmów (ProtoCol-3) zakupionego w ramach projektu „Centrum żywności i żywienia - modernizacja kampusu SGGW w celu stworzenia Centrum Badawczo-Rozwojowego Żywności i Żywienia (CŻiŻ)" współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020 (nr projektu RPMA.01.01.00-14-8276/17).

Literatura

[1] Chaieb K., Hajlaoui H., Zmantar T., Kahla-Nakbi A. B., Rouabhia M., Mahdouani K.,Bakhrouf A.:The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum*, L. Myrtaceae): A short review. Phytother. Res., 2007, 21, 501-506.

[2] Dai L., Xi X., Li X., Li W., Du Y., Lv J., Wang W., Ni Y.: Self-assembled all-polysaccharide hydrogel film for versatile paper-based food packaging. Carbohydr. Polym.,2021, 271(1), 118425.

[3] Domínguez R., Barba F.J., Gómez B., Putnik P., Kovačević D.B., Pateiro M., Santos E.M., Lorenzo J.M.: Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. Food Res. Int., 2018, 113, 93-101.

[4] EFSA: The European Union One Health 2019 Zoonoses Report. EFSA J., 2021, 2 (19), #6406

[5] Ghabraie M., Vu K.D., Tata L., Salmieri S., Lacroix M.: Antimicrobial effect of essential oils in combinations against five bacteria and their effect on sensorial quality of ground meat. LWT-Food Sci. Technol., 2016, 66, 332-339.

[6] Hammad H.H.M., He L., Nawaz Z., Jin G., Huang X., Ma M., Abdegadir W.S., Elgasim E.A., Khalifa I.: Effect of frozen and refrozen storage of beef and chicken meats on inoculated microorganisms and meat quality. Meat Sci., 2021, 175,#108453.

[7] Hammad H.H.M., Ma M., Jin G., HeL.: Nitroso-hemoglobin preparation and meat product colorant development. J. Food Process. Technol., 2017, 8(2), #1000658.

[8] He Y., Li H., Fei X., Peng L.: Carboxymethyl cellulose/cellulose nanocrystals immobilized silver nanoparticles as an effective coating to improve barrier and antibacterial properties of paper for food packaging applications. Carbohydr. Polym., 2021, 252, #117156.

[9] Hussain Z., Li X., Zhang D., Hou C., Ijaz M., Bai Y., Xiao X., Zheng X.: Influence of adding cinnamon bark oil on meat quality of ground lamb during storage at 4 °C. Meat Sci., 2021, 171, #108269.

[10] Jung J., Kasi G., Seo J.: Development of functional antimicrobial papers using chitosan/starch-silver nanoparticles. Int. J. Biol. Macromol., 2018, 112, 530-536.

[11] Koga H., Kitaoka T., Isogai A.: In situ modification of cellulose paper with amino groups for catalytic applications. J. Mater. Chem., 2011, 21, 9356-9361.

[12] Li Y., Kong D., Wu H.: Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC–MS and FTIR spectroscopy. Ind. Crops Prod., 2013, 41, 269-278.

[13] Mohan V., Wibisono R., de Hoop L., Summers G., Fletcher G.C.: Identifying suitable *Listeria innocua* strains as surrogates for *Listeria monocytogenes* for horticultural products. Front. Microbiol., 2019, 10, #2281.
[14] Muratore F., Barbosa S.E., Martini R.E.: Bioactive paper by eugenol grafting onto cellulose. Effect of reaction variables. Food Packag. Shelf Life, 2018, 15, 159-168.
[15] Muratore F., Barbosa S.E., Martini R.E.: Development of bioactive paper packaging for grain-based food products. Food Packag. Shelf Life, 2019, 20, #100317.
[16] O'Bryan, C.A., Crandall, P.G., Martin, E.M., Griffis, C.L., Johnson, M.G.: Heat resistance of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* 0157: H7, and *Listeria innocua* M1, a potential surrogate for *Listeria monocytogenes*, in meat and poultry: a review. J. Food Sci., 2006, 71, R23 -R30
[17] Radha Krishnan K., Babuskin S., Babu P.A.S., Fayidh M.A., Sabina K., Archana G., Sukumar M.: Bio protection and preservation of raw beef meat using pungent aromatic plant substances. J. Sci. Food Agr., 2014, 94,2456-2463.
[18] Ribeiro-Santos R., Andrade M., Madella D., Martinazzo A.P., Moura L. D.A.G., de Melo N.R., Sanches-Silva A.: Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: cinnamon. TrendsFood Sci. Technol., 2017, 62, 154-169.
[19] Rodrìguez A., Batlle R., Nerín C.: The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging. Part II. Prog. Org. Coat., 2007, 60, 33–38.
[20] Sánchez-Rubio M., Taboada-Rodríguez A., Cava-Roda R., Lopez-Gomez A., Marín-Iniesta F.: Combined use of thermo-ultrasound and cinnamon leaf essential oil to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in natural orange and pomegranate juices. LWT-Food Sci. Technol., 2016, 73, 140-146.
[21] Shankar S., Bang Y.-J.,Rhim J.-W.: Antibacterial LDPE/GSE/Mel/ZnONP composite film-coated wrapping paper for convenience food packaging application. Food Packag. Shelf Life, 2019, 22,#100421.
[22] Sharma V., Rao L.J.M.: An overview on chemical composition, bioactivity and processing of leaves of *Cinnamomum tamala*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2014, 54(4), 433-448.
[23] Sheng J., Li J., Zhao L.: Fabrication of grease resistant paper with nonfluorinated chemicals for food packaging. Cellulose, 2019, 26(10), 6291-6302.
[24] Szopa P., Czerniak J., Gacek A.: Zastosowanie pomiarów dwuwidmowych barwy w towaroznawstwie. Zesz. Nauk. UEK, 2013; 924, 59-74.
[25] Tiwari B.K., Valdramidi V.P., O'Donnell C.P., Muthukumarappan K., Bourke P., Cullen P.J.: Application of natural antimicrobials for food preservation. J. Agric. Food Chem., 2009, 57, 5987-6000.
[26] Torrecilhas J.A., Ornaghi M.G.,Passeti R.A.C., Mottin C., Guerrero A., Ramos T.R., Pelaes Vital A.C.,Sañudo C.,Malherois E.B.,do Prado I.N.: Meat quality of young bulls finished in a feedlot and supplemented with clove or cinnamon essential oils. Meat Sci., 2021, 174, #108412.
[27] Triantafyllou V.I., Akrida-Demertzi K., Demertzis P.G.: A study on the migration of organic pollutants from recycled paperboard materials to solid food matrices. Food Chem., 2007, 101, 1759-1768.
[28] Velluti A., Sanchis V., RamosA.J., Egido J., Marín, S.: Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. Int. J. Food Microbiol., 2013, 89(2-3), 145-154.
[29] Won M.M., Cha E-J, Yoon O-K, Kim N-S, Kim K., Lee D-S.: Use of headspace mulberry paper bag micro solid phase extraction for characterization of volatile aromas of essential oils from Bulgarian rose and Provence lavender. Anal. Chim. Acta, 2009, 631, 54-61.
[30] Yildirim S., Rocker B.,Pettersen M.K., Nilsen-Nygaard J., Ayhan Z., Rutkaite R., Radusin T., Suminska P., Begonya Marcos B., ComaV.: Active packaging applications for food. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 2018, 17, 165-199.

THE CHARACTERIZATION OF PAPER COATED WITH ESSENTIAL OILS AND THE EVALUATION OF ITS USE IN THE PACKAGING OF BEEF

S u m m a r y

Background. Active packaging improves the microbial safety and sensory properties of food, extending shelf life of the stored product. Raw beef is an example of food prone to microbial contamination. *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* are commonly found in raw meat, and their presence can lead to food poisoning of consumers worldwide. Cellulose paper is commonly used to wrap raw meat. Active paper can be obtained by coating the paper with antimicrobial agents. Plant-derived essential oils can act as a natural preservative. The aim of the study is the characterization of paper coated with cinnamon bark essential oil, cinnamon leaf essential oil and clove essential oil, as well as the evaluation of its use in packing raw beef.

Results and conclusion. Coating paper with cinnamon bark essential oil and clove essential oil changed the color of paper to yellow and white compared to the blue and white colors of the control sample and paper enriched with cinnamon leaf essential oil. Coating the paper affected its structure. Essential oils penetrated the voids in the paper and filled the pores. Wrapping raw beef in the coated paper reduced the growth of *Listeria innocua* and *E. coli* during refrigerated storage. Wrapping beef in the coated paper did not affect the beef color during 72-hour storage. The results obtained indicate the possibility of using paper coated with essential oils as active packaging for raw beef.

Key words: active packaging, paper, essential oils, raw beef