

Dr inż. Sabina GALUS
Prof. dr hab. Andrzej LENART
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WPŁYW POWLEKANIA NA STABILNOŚĆ ŻYWNOCI®

Effect of coating on food quality®

Słowa kluczowe: powłoki jadalne, filmy jadalne, stabilność żywności, jakość żywności.

W artykule przedstawiono sposoby powlekania żywności, materiały powłokotwórcze oraz wpływ tego procesu na stabilność żywności. Omówiono powlekanie żywności jako technologię stosowaną w celu podniesienia stabilności żywności i przedłużenia przydatności do spożycia produktów spożywczych poprzez zachowanie ich cech jakościowych.

Key words: edible coating, edible film, food stability, food quality.

The article presents food coating methods, film-forming materials and the effect of this process on food stability. Food coating was discussed as a technology used to increase food stability and extend food shelf life by maintaining their quality characteristics.

WSTĘP

Powlekanie żywności jest technologią łagodnego jej przetwarzania polegającą na pokryciu powierzchni produktu materiałem powłokotwórczym, który po osuszeniu tworzy ochronną powłokę. Powłoki ochronne do żywności można stosować w celu zachowania cech jakościowych i jednocześnie przedłużenia przydatności do spożycia, jak również w celu nadania atrakcyjności produktu lub nowych cech funkcjonalnych. Wśród struktur powlekających są powłoki i filmy jadalne, które różni metoda wytworzenia. Powłoki otrzymywane są bezpośrednio na powierzchni produktu, zaś filmy to samodzielne struktury utworzone poza produktem [19]. Materiały te mogą być stosowane jako warstwa pomiędzy składnikami produktu, integralna powłoka ochronna, aktywny składnik lub jako samodzielne opakowanie w postaci folii jadalnej. Skuteczność i właściwości funkcjonalne powłok i filmów zależą od właściwości materiałów powłokotwórczych, stosowanych plastifikatorów oraz innych dodatków [27].

Na podstawie udokumentowanych przykładów można stwierdzić, że pokrywanie całych owoców powłokami ochronnymi było stosowane od wieków. W celu zmniejszenia strat wody owoce cytrusowe pokrywano woskiem już w XII wieku w Chinach, a w XX wieku w Stanach Zjednoczonych stosowano parafinę i wosk karnauba [7]. Powlekanie, w tym pakowanie, pokrywanie i owijanie, pełni kluczową rolę w zapewnieniu odpowiedniej jakości, dystrybucji i marketingu produktów spożywczych. Powszechnie stosowane technologie opakowaniowe mogą być wzbogacone poprzez zastosowanie powłok bądź filmów jadalnych. Wprowadzenie aktywnego składnika wytwarza atmosferę modyfikowaną ograniczającą wymianę gazów (tlen, ditlenek węgla) oraz wpływa na obniżenie migracji substancji aromatycznych [19].

Powłoki i filmy jadalne są integralnymi składnikami produktu, dlatego muszą spełniać wymagania prawne i funkcjonalne, takie same jak dla żywności [38]. Obecnie rośnie zainteresowanie żywnością minimalnie przetworzoną, głównie z uwagi na wzrost znaczenia zdrowego odżywiania, jak również wygodę spożycia. Technologia powlekania wpisuje się w ten trend. Coraz więcej prac naukowych skupia się na poprawie jakości produktów spożywczych poprzez zastosowanie różnych powłok ochronnych wytwarzanych z polimerów naturalnych. W ostatnim czasie najczęściej prac poświęconych jest produktom, łatwo ulegającym psuciu, takim jak owoce i warzywa, jak również wyrobom wędliniarskim, mleczarskim i cukierniczym.

Celem artykułu jest charakterystyka powlekania żywności, materiałów powłokotwórczych oraz wpływ tego procesu na stabilność żywności.

MATERIAŁY POWŁOKOTWÓRCZE

Materiały stosowane do produkcji filmów i powłok jadalnych można podzielić na trzy grupy: hydrokoloidy, tłuszcze i ich połączenia [19]. Główną zaletą polimerów naturalnych jako materiałów opakowaniowych do żywności jest ich biodegradowalność [9]. Białka i polisacharydy są najszerzej stosowaną grupą biopolimerów w tworzeniu warstw pokrywających, głównie ze względu na bardzo dobre właściwości mechaniczne i barierowe [24]. Białka pochodzenia roślinnego pozyskiwane są głównie z nasion soi, kukurydzy, pszenicy, grochu i sorgo, natomiast zwierzęce to produkty przemysłu mleczarskiego (białka zawarte w serwatce, kazeina) oraz przemysłu mięsnego (żelatyna, kolagen, keratyna) [27]. Polisacharydy mogą być pochodzenia: roślinnego (celuloza i pochodne, skrobie i pochodne; pektyny lub arabinoksylany),

zwierzęcego (chitozan; wyciągi z alg morskich w postaci alginianów czy karagenów) oraz związki produkowane przez mikroorganizmy (pullulan, guma gellan lub guma ksantanova) [24]. Tłuszcze stosowane w powlekaniu występują jako monowarstwa (woski) lub w połączeniu ze składnikiem hydrokolidowym. Najważniejszą zaletą stosowania filmów i powłok na bazie tłuszczów jest ich wysoka barierowość wynikająca ze stosunkowo niskiej polarności. Wśród najczęściej proponowanych substancji lipidowych można wymienić woski, żywice i acetoglicerole [27]. Wiele jadalnych olejów roślinnych, jak również tłuszcze zwierzęce (masło, lój), może być z powodzeniem stosowanych jako składniki powłok i filmów jadalnych. Pochodne syntezy chemicznej ropy naftowej (parafina lub wosk mikrokrystaliczny) jak i woski ze źródeł naturalnych (wosk pszczeli, wosk carnauba, wosk candelilla) są dobrą barierą dla wody. Cechuje je miękkość w temperaturze pokojowej i płynność powyżej 46°C [15]. Żywice, w tym szelak (pozyskiwany z wydzieliny owadów *Laccifer*), wykazują bardzo dobre właściwości barierowe wobec wody i mogą podnosić walory wizualne powleczonych produktów [28]. Jako oleje roślinne proponowane do powlekania można wymienić m.in. oliwę z oliwek, olej kukurydziany, olej słonecznikowy i olej rzepakowy. Powłoki utworzone z polisacharydów lub białek posiadają odpowiednie właściwości mechaniczne i optyczne (choć zmienne przy wysokiej wilgotności) oraz wykazują niską barierowość dla pary wodnej. W przeciwieństwie do nich powłoki zawierające w swoim składzie lipidy wykazują bardzo dobre właściwości barierowe, lecz zazwyczaj są matowe i mało elastyczne [21].

W ostatnim czasie większą uwagę poświęca się powłokom wieloskładnikowym, które łączą zalety i minimalizują wady poszczególnych składników mieszaniny. Białka i polisacharydy, w przeciwieństwie do tłuszczów, tworzą warstwy o dobrej wytrzymałości mechanicznej. Z uwagi na tę właściwość białko lub polisacharyd pełnią w roztworze powłokotwórczym rolę składnika tworzącego strukturę, w którym rozproszony jest składnik tłuszczowy tworząc emulsję [24]. Połączenie białek, polisacharydów i tłuszczów pozwala uzyskać filmy i powłoki o pożądanym właściwościach użytkowych.

W celu zmniejszenia kruchości oraz łamliwości powłok i filmów stosuje się odpowiednie substancje plastyfikujące mające na celu zwiększenie elastyczności (m.in. glicerol, sorbitol, monoglicerydy, glukoza i glikol polietylenowy). Woda spełnia również funkcję uelastyczniającą, a jej ilość ma bardzo duży wpływ na właściwości otrzymanych materiałów [22]. Zastosowanie tłuszczu w formie dodatkowej warstwy może obniżyć przepuszczalność gazów. Proces powlekania warstwami emulsyjnymi znajduje największe zastosowanie w przypadku produktów naturalnie zawierających tłuszcz. Tłusta, oleista powierzchnia nie stanowi wówczas wady produktów, a czasami może podnieść ich atrakcyjność.

W celu nadania odpowiednich funkcji powłokom i filmom jadalnym do ich struktury wprowadzane są różne substancje aktywne. Wśród nich największe zastosowanie znalazły naturalnie pozyskiwane olejki eteryczne i ekstrakty roślinne. Dodatkowo, materiały powłokotwórcze mogą być wzbogacone o związki w skali nano (nanocząstki srebra) lub inne substancje spełniające określone funkcje w zależności od zastosowań. Niektóre filmy wykazują bardzo niskie wartości przepuszczalności tlenu, co stwarza możliwość wytworzenia

warunków beztlenowych na powierzchni produktu. Może to jednak sprzyjać rozwojowi patogenów beztlenowych (m.in. *Clostridium botulinum*). Wprowadzenie dodatkowej substancji przeciwdrobnoustrojowej (np. kwas sorbowy) zminimalizuje takie ryzyko [41].

METODY WYTWARZANIA POWŁOK

Powłoki formowane są z płynnego roztworu bezpośrednio na powierzchni produktu, zazwyczaj poprzez zanurzenie w mieszaninie powłokotwórczej, jak również poprzez pokrycie przez rozpylenie lub smarowanie [12]. Filmy wytwarza się najczęściej wylewając a potem susząc roztwór powłokotwórczy na powierzchni płaskiej. Można je stosować jako selektywne bariery pomiędzy składnikami żywności bądź jako samodzielne opakowanie. Niejednokrotnie cały proces powlekania prowadzony jest w odpowiedniej temperaturze w celu zapewnienia płynności składników, wytworzenia określonej grubości i równomiernego pokrycia powierzchni żywności. Końcowy etap to suszenie, którego czas uzależniony jest od składu mieszaniny, grubości warstwy, temperatury i wilgotności względnej środowiska. W procesie powlekania występują dwa zjawiska fizyczne: kohezja cząsteczek w strukturze powłoki oraz adhezja pomiędzy powłoką i powierzchnią produktu. Intensywność sił kohezji wpływa bezpośrednio na właściwości barierowe i mechaniczne warstwy pokrywającej, które uzależnione są od metod tworzenia [19]. W zależności od zastosowań powłoki mogą być wilgotne lub wysuszone. Przemysłowe zastosowanie mieszanin powłokotwórczych w postaci emulsji, zwłaszcza tych z woskiem lub żywicą, jest kłopotliwe z uwagi na negatywny wpływ na prawidłową pracę maszyn i ich elementów (zatykanie otworów, awarie pomp, zabrudzenia). Linie produkcyjne muszą być wyposażone w odpowiednie systemy oczyszczające. Niejednokrotnie w celu ułatwienia pracy do roztworów powłokotwórczych dodawane są substancje emulgujące, jak również plastyfikatory [26]. Końcowy etap to suszenie, którego czas uzależniony jest od składu mieszaniny, grubości warstwy, temperatury i wilgotności względnej środowiska. Do powlekania stosowane są odpowiednie urządzenia zwane powlekarkami. Wyróżniamy powlekarki proszkowe, strumieniowe i ślimakowe. Powłoki suche można również uzyskać stosując urządzenia o innych rozwiązaniach konstrukcyjnych, m.in. wirówki, mieszalniki, aglomeratory lub suszarki rozpyłowe [30]. Modyfikacje metod tworzenia powłok jadalnych mają na celu poprawę właściwości użytkowych, zwłaszcza przenikalności pary wodnej, właściwości optycznych i mechanicznych. Metody i możliwości powlekania uzależnione są od rodzaju surowca i jego właściwości, celowości stosowania, warunków przechowywania i dystrybucji. Najczęściej jest to powlekanie immersyjne (zanurzeniowe) w roztworach powłokotwórczych oraz powlekanie roztworami w formie rozpylonej, gdzie na końcowym etapie następuje osuszanie. Można wyróżnić również pokrywanie roztworami w formie piany oraz pokrywanie powierzchni owoców i warzyw w całości ciekłymi woskami w formie skroplonej [26]. Nanoszenie materiałów powłokotwórczych jest zazwyczaj dodatkową operacją jednostkową w czasie mycia i przygotowania surowca do sprzedaży.

STABILNOŚĆ ŻYWNOSCI

Pod pojęciem stabilności żywności rozumiemy zachowanie pierwotnych cech produktów spożywczych przez jak najdłuższy czas. Wydłużenie stabilności i trwałości produktów spożywczych poprzez zastosowanie różnych metod jest obecnie jednym z najważniejszych celów naukowych grup badawczych zajmujących się żywnością i opakowalnictwem. Na obniżenie jakości wpływają zjawiska biologiczne, chemiczne i fizyczne. Intensywność zachodzenia zmian w surowcach i produktach w czasie przechowywania zależy od temperatury, wilgotności oraz pH, które składają się na warunki otoczenia produktu i wpływają na szybkość jego psucia.

Stabilność mikrobiologiczna jest uwarunkowana obecnością drobnoustrojów i enzymów, warunkami w jakich mogą się rozwijać, które można kontrolować poprzez modyfikację składu surowcowego produktu bądź odpowiedni proces technologiczny. Procesy mikrobiologiczne mogą powodować pogorszenie cech sensorycznych (wygląd, aromat, smak i teksturę), a także obniżenie bezpieczeństwa zdrowotnego poprzez obecność drobnoustrojów chorobotwórczych [36]. Istnieje wiele metod stosowanych w celu zachowania stabilności mikrobiologicznej żywności. Wśród nich można wyróżnić m.in. różne procesy przetwórcze (nisko- i wysokotemperaturowe), pakowanie w atmosferze ochronnej i/lub powlekanie warstwą zawierającą substancje wykazujące zahamowanie wzrostu określonych grup drobnoustrojów. Jednym ze sposobów powstrzymania wzrostu drobnoustrojów jest obniżenie aktywności wody w produktach, która jest wskaźnikiem ilości wody dostępnej dla drobnoustrojów w żywności. Poprzez obniżenie aktywności wody poniżej 0,6 można zatrzymać rozwój mikroorganizmów.

O utracie stabilności chemicznej żywności podczas przechowywania świadczą: utlenianie tłuszczów, nieenzymatyczne brunatnienie, przemiany barwników, reakcje hydrolizy oraz chemiczny rozkład witamin. Następstwem zachodzących procesów jest utrata pożądanego smaku, wartości odżywczej oraz zmiana wyglądu. Do zmian oksydacyjnych, brązowienia i proteolizy mogą prowadzić też procesy enzymatyczne, które mogą być skutecznie hamowane poprzez zastosowanie różnych technik przetwórczych.

Stabilność fizyczna żywności może zostać zahamowana poprzez działanie sił mechanicznych, wpływających na degradację struktury, jak również poprzez zmianę stanu rozproszenia i dyfuzję składników. Emulgatory mogą zapobiec destabilizacji emulsji i przedłużyć trwałość tego typu produktów. Do poprawy i stabilizacji tekstury, lepkości i innych właściwości sensorycznych wykorzystywane są różne substancje funkcjonalne. Migracja składników żywności (m.in. wody lub tłuszczu) powoduje zmiany struktury wpływające na obniżenie cech jakościowych. Zachowanie pierwotnych cech produktu opiera się głównie na zapobieganiu procesom mikrobiologicznym, fizycznym i reakcjom chemicznym zachodzącym w żywności, poprzez zastosowanie procesu powlekania. Powłoki jadalne skupiają uwagę naukowców, ze względu na ich szczególne właściwości barierowe. Obniżenie migracji wilgoci, tlenu i innych gazów stanowi bardzo ważny element w badaniach przedłużających stabilność żywności. Tlen jest zaangażowany w wiele przemian pogarszających jakość produktów spożywczych, takich jak jęłczenie tłuszczów, wzrost mikroorganizmów, enzymatyczne brunatnienie i rozkład

witamin. Wymiana gazowa, w tym tlenu, bierze udział w procesach dojrzewania owoców i warzyw, dlatego też zastosowanie selektywnej powłoki ochronnej może wpływać korzystnie na kontrolowanie przydatności do spożycia [5].

Stabilność żywności w dużej mierze zależy od zawartości wody, stanowiącej idealne środowisko dla rozwoju mikroorganizmów i przebiegu wielu reakcji chemicznych. Produkty charakteryzujące się wysoką zawartością wody, a także intensywnie przebiegającymi procesami życiowymi, mają ograniczoną trwałość. Owoce i warzywa ulegają zepsuciu głównie w wyniku transpiracji i respiracji podczas przechowywania, a także rozwoju pleśni i bakterii gnilnych. Aby zapobiec tym procesom można zastosować różne powłoki jadalne do zabezpieczenia tych produktów w całości bądź krojonych. Owoce przeznaczone do długotrwałego przechowywania pokrywane są powłokami wzbogaconymi dodatkowo o środki chemiczne (fungicydy, regulatory wzrostu), które przed procesem produkcyjnym lub sprzedażą muszą być z nich usunięte poprzez proces mycia [16].

WPŁYW POWLEKANIA NA STABILNOŚĆ ŻYWNOSCI

Naruszenie tkanki owoców i warzyw wywołuje wiele zmian jakościowych wpływających na zmniejszenie ich przydatności do spożycia. Brązowienie enzymatyczne, utrata jędrności związana z utratą wody, powstanie niepożądanych związków zapachowych lub zmiany mikrobiologiczne zachodzą z różnym nasileniem w zależności od rodzaju owoców, ich dojrzałości, obróbki fizycznej i warunków przechowywania. Zastosowanie ochronnych powłok jadalnych jako cienkich warstw na powierzchni owoców krojonych powoduje utworzenie atmosfery modyfikowanej, dzięki której następuje obniżenie wymiany gazowej (pary wodnej, tlenu, ditlenku węgla), zmniejszenie utraty wody i związków zapachowych. Jednocześnie uzyskuje się zachowanie barwy i poprawę ogólnego wyglądu produktu w czasie przechowywania [37]. W ostatnim czasie obserwuje się zwiększone zapotrzebowanie na produkty gotowe do spożycia, głównie ze względu na brak czasu na przygotowanie posiłków w domach. Konsumenci zwracając uwagę na zdrowe odżywianie wybierają owoce, które nie wymagają obróbki fizycznej i mogą być spożywane poza domem.

W powlekanii owoców stosowane są związki lipidowe, samodzielnie tworzące monowarstwę bezpośrednio na produkcie (lub innej warstwie) lub w połączeniu z białkami bądź polisacharydami, tworząc warstwę emulsyjną. Najważniejszą zaletą stosowania powłok na bazie tłuszczów jest ich wysoka barierowość wynikająca ze stosunkowo niskiej polarności. Jednakże cechuje je również ograniczona przepuszczalność tlenu [21]. Warstwy zawierające żywice naturalne (m.in. szelak) mają za zadanie nadać odpowiedni połysk i podnieść atrakcyjność całych owoców (owoce cytrusowe, jabłka) [26]. Szelak może być również stosowany na owoce krojone skutecznie przedłużając ich trwałość. W literaturze naukowej najczęściej stosowanymi owocami modelowymi, poddawany są procesom powlekania, są jabłka. Generalnie, obserwowane były 12–14-krotnie mniejsze straty wilgoci plasterów jablek pokrytych powłokami dwuwarstwowymi (składnik białkowy bądź polisacharydowy i tłuszczowy) w porównaniu z próbami kontrolnymi przechowywanymi w takich samych warunkach

[19]. Chauhan i in. [10] uzyskali spowolnienie zmian barwy i jędrności oraz stabilność mikrobiologiczną plastrów jabłek przez 30 dni poprzez zastosowanie powłok z szelaku (temperatura przechowywania 6°C). Poprawa jakości krojonych jabłek została również uzyskana przez zastosowanie powłok na bazie skrobi z manioku wzbogaconych o wosk karnauba i kwas stearynowy [25] oraz pokrycie powłokami karagenowymi, kazeinowymi, pektynowymi bądź alginianowymi wzbogaconymi w acetylowane monoglicerydy [14]. Velickova i in. [44] uzyskali wydłużenie przydatności do spożycia truskawek przez zastosowanie powłok chitozanowych z dodatkiem wosku pszczelego. Wosk pszczeli jako składnik powłoki kilkuskładnikowej, jak również jako jedna z warstw kilkuwarstwowej powłoki wpłynął na zmniejszenie utraty wody i jędrności oraz zmian barwy truskawek przechowywanych w 20°C i wilgotności względnej środowiska 53%. Powlekanie winogron warstwami na bazie białek grochu, sorbitolu i wosku kandelilla ograniczyło ubytki masy, kwasu askorbinowego i cukrów redukujących w czasie 11 dni przechowywania w temperaturze otoczenia przyczyniając się do przedłużenia świeżości owoców oraz nadania im dodatkowo atrakcyjnego połysku [32]. Owoce cytrusowe pokrywano powłokami ochronnymi na bazie parafiny, wosków naturalnych lub utlenionego polietylenu w celu ograniczenia utraty wody z jednoczesnym zapewnieniem wymiany gazowej [26]. Powłoki lipidowe ograniczają straty przechowalnicze, które niejednokrotnie mogą sięgać kilkudziesięciu procent przekładając się na straty finansowe producentów.

Wzrasta zapotrzebowanie na różnego rodzaju mieszanki warzywne, które są obecnie produkowane w niewielkim stopniu. Produkt minimalnie przetworzony ma cechy produktu świeżego i nie wymaga większego przygotowania kulinarnego [42]. Przygotowanie warzyw do bezpośredniego spożycia obejmuje sortowanie surowców, czyszczenie, mycie połączone z dezynfekcją, osuszanie, obieranie, rozdrabnianie, pakowanie i przechowywanie. Warzywa minimalnie przetworzone to produkty pozbawione części niejadalnych, rozdrobnione i występujące osobno, bądź połączone w zestawy przeznaczone do zastosowania w procesie przygotowania docelowego produktu spożywczego [20]. Podstawowym czynnikiem ograniczającym zmiany jakościowe warzyw minimalnie przetworzonych jest składowanie w warunkach chłodniczych. Okres przydatności do spożycia powinien umożliwiać jego bezpieczną dystrybucję, sprzedaż oraz przechowywanie po zakupie. W niskiej temperaturze (0–4°C) trwałość takich produktów wynosi 4–7 dni, w związku z tym zalecane jest stosowanie dodatkowych zabiegów zwiększających trwałość do 3 tygodni [39]. Najskuteczniejsze z punktu widzenia utraty wody są powłoki zawierające w swoim składzie tłuszcz. Do pokrywania powierzchni owoców i warzyw w całości bądź krojonych mogą być stosowane różne substancje lipidowe, samodzielnie lub w formie emulsyjnej. Powłoki woskowe, żywiczne lub olejowe zastosowane na powierzchni produktu nadają im dodatkowo połysk lub pogłębiają połysk skórki warzyw. Woski zastosowane na powierzchni warzyw w formie emulsji mogą nie tworzyć dodatkowej warstwy nadającej połysk z uwagi na znaczną wielkość kuleczek tłuszczowych, których rozmiar zależy ściśle od metod homogenizacji [26]. Powlekanie ma na celu kontrolę wymiany gazowej między owocami i warzywami a otoczeniem. Umożliwia to zmniejszenie ubytków wilgotności oraz modyfikację składu

wewnętrznej atmosfery surowców, co sprzyja spowolnieniu procesów metabolicznych i wydłużeniu trwałości. Jadalne powłoki stanowią ponadto nośnik substancji aktywnych, np. związków o działaniu przeciwdrobnoustrojowym czy inhibitorów enzymatycznego brązowienia [33]. Ochronne powłoki zawierające tłuszcz stosowane są głównie do pokrywania warzyw, gdzie częścią jadalną są owoce (pomidory, ogórki, dynia, bakłażan) oraz warzyw korzeniowych. Powłoki na bazie oleju mineralnego zastosowane na pomidory, ogórki, paprykę, bakłażany i dynię wpływają na poprawę ich atrakcyjności poprzez pogłębienie połysku, jak również zmniejszają uszkodzenia skórki w czasie dystrybucji i transportu [26]. Avena-Bustillos i in. [2] badając wpływ powłoki kazeinowej z kwasem stearynowym wykazali jej dużą skuteczność w zachowaniu zmian barwy obranej marchwi. Ochronne powłoki emulsyjne ograniczają straty przechowalnicze, które niejednokrotnie mogą sięgać kilkudziesięciu procent (straty finansowe producentów). Powlekanie brokułów powłoką na bazie białek grochu z woskiem kandelilla umożliwiło istotne zmniejszenie szybkości strat witaminy C, obniżenie tempa wzrostu kwasowości oraz ograniczenie utraty twardości kwiatostanu w czasie przechowywania. Powłoka nie miała natomiast wpływu na zmniejszenie ubytków masy, co mogło być związane z przechowywaniem surowca w warunkach wysokiej wilgotności względnej środowiska [33]. Inne badania wykazały, że zastosowanie powłoki kazeinowej z acetylowanymi monoglicerydami wpłynęło na zmniejszenie znacznych ubytków wody w czasie przechowywania selera naciowego [3] oraz cukinii [4]. Pomidory koktajlowe pokryte powłokami na bazie hydroksypropylometylocelulozy z woskiem pszczelim wzbogaconymi w substancje przeciwko pleśnieniu zachowały jakość poprzez obniżenie ubytków wody i zachowanie jędrności (temperatura przechowywania 5°C). Powłoki te nie wpłynęły negatywnie na fizykochemiczne i sensoryczne wyróżniki jakościowe pomidorów [17]. Kapusta brukselka pokryta powłoką ze skrobi kukurydzianej i oleju słonecznikowego zachowała akceptowalne cechy jakościowe przez 42 dni przechowywania w temperaturze 0°C (pakowana w opakowanie z polichlorku winylu). Powlekanie wpłynęło na ograniczenie utraty wody, jędrności, zmian barwy oraz strat kwasu askorbinowego i flawonoidów kapusty brukselki przechowywanej z opakowaniem i niezależnie od opakowania [45]. Ograniczenie ubytków wody zielonej papryki przechowywanej przez 10 dni w temperaturze 21–24°C i wilgotności względnej środowiska 60–75% uzyskano przez pokrycie powierzchni powłokami olejowymi z krokosza barwierskiego, bawełny oraz wosku parafinowego [6]. Khalil [31] wykazał, że frytki powleczone podwójną warstwą hydrokoloidów, wśród których znajdowała się karboksymetyloceluloza (CMC), miały wzmocnioną, bardziej sztywną strukturę a powłoka chroniła tkanki ziemniaka przed zniszczeniem podczas ich obróbki termicznej. Poza tym, zastosowane powłoki wpłynęły na obniżenie zawartości tłuszczu w końcowym produkcie o 55%, jak również zapobiegały parowaniu wody podczas smażenia frytek i polepszały ich właściwości sensoryczne. Przy tworzeniu warzywnych bądź owocowych produktów minimalnie przetworzonych z zastosowaniem ochronnych powłok jadalnych powinny być brane pod uwagę dotychczas stosowane substancje i metody oraz najnowsze doniesienia naukowe w tym zakresie. W doborze materiałów powłokotwórczych należy zwrócić uwagę na wygląd (najbardziej zbliżony do surowca) i formę

(w całości, krojone) końcowych produktów, cenę (możliwie niska), metodę powlekania (skorelowana z dostępnymi urządzeniami w przemyśle owocowo-warzywnym), opakowanie, przygotowanie do spożycia (bezpośrednie lub po usunięciu warstwy pokrywającej), warunki i czas obrotu oraz dystrybucji. Warzywa i owoce mogą być również składnikami filmów i powłok jadalnych. Przeciery, soki, ekstrakty, jak również wytloki są badane pod kątem zastosowań ich jako materiałów powłokotwórczych [29].

Tkanka mięsna podatna jest na zmiany barwy podczas przechowywania, co bezpośrednio wpływa na jakość handlową mięsa bądź wyrobów wędliniarskich. W związku z tym, powłoki hydrokoloidowe są stosowane na powierzchni mięsa w celu zahamowania zmian barwy, ususzenia i poprawy stabilności mikrobiologicznej [1]. Zastosowanie powlekania może przynieść również negatywne efekty. Vargas i wsp. [43] zaobserwowali, że hamburgery wieprzowe powlekane powłoką chitozanową po 4 dniach przechowywania wykazały wyższą zawartość metmioglobuliny, odpowiedzialnej za zmianę barwy mięsa z czerwonej na brązową, (która jest zwyczajowo tworzona w środowisku o niskiej zawartości tlenu), w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Przeprowadzone badania wykazały, że powłoka chitozanowa jest dobrą barierą wobec tlenu wpływając negatywnie na zmiany barwy mięsa.

Obecnie rośnie zainteresowanie stopniowym zastępowaniem osłonek z tworzyw sztucznych pokryciami jadalnymi do mięsa, wyrobów wędliniarskich i rybnych. Powłoki kolagenowe znalazły szerokie zastosowanie w postaci folii lub rękawów, głównie ze względu na dobre właściwości funkcjonalne. Produkty te charakteryzują się atrakcyjną powierzchnią, utworzoną podczas obróbki, jak również cechuje je brak wycieku soku mięsnego, co zmniejsza straty podczas ogrzewania [38]. Zastosowanie powłoki jadalnej do mięsa wołowego na bazie pullulanu, izolatu białka sojowego i kwasu stearynowego zahamowało wzrost liczby bakterii mezofilnych i psychrofilnych, barwy i enterokoków, redukując ich liczbę o 1 cykl logarytmiczny w porównaniu z próbkami bez powłoki [11].

W przemyśle mleczarskim stosowane są powłoki serowarskie, otrzymywane z wodnych emulsji polioctanów z zastosowaniem substancji o działaniu funkcjonalnym (m.in. substancje aktywne, barwniki). Popularna jest wciąż parafina w postaci wosku plastycznego, stosowana do powlekania serów podpuszczkowych dojrzewających [23]. Chitozan jest polisacharydem o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, badany pod kątem zastosowania jako powłoki ochronnej do wielu produktów spożywczych. Coma i in [12] zaobserwowali 10-krotnie niższy wzrost kolonii bakterii *L. innocua* na powierzchni sera ementalskiego powlekanego warstwą chitozanową, w porównaniu do sera kontrolnego, w czasie przechowywania przez 36 godzin w temperaturze 37°C. Dodatkowo, nie zaobserwowano wzrostu kolonii po 132 godzinowym przechowywaniu. Chitozan w połączeniu z natamycyną utworzył powłokę przedłużającą trwałość półtwardego sera podpuszczkowego z portugalskiego regionu Saloio. Badania

wykazały, że powlekanie sera wpłynęło na istotne zahamowanie wzrostu mikroflory *A. Niger*, *P. roquefortii*, *P. crustosum*, i *P. commune* a także zmniejszenie ubytków wilgoci podczas przechowywania [18]. Powolne uwalnianie natamycyny z filmu chitozanowego na powierzchni sera wyzwała aktywność przeciwdrobnoustrojową powłoki w czasie przechowywania. Trwałość i stabilność mikrobiologiczna serów została również przedłużona poprzez zastosowanie powłok z chitozanu i galaktomannanu [8] oraz powłok serwatkowych z dodatkiem natamycyny, kwasu mlekowego i chitooligosacharydów [40]. Podobne działanie wykazały powłoki chitozanowo – skrobiowe obniżając wzrost mikroflory i ubytków masy sera podpuszczkowego [35]. Powlekanie sera Mozzarella powłokami wytworzonymi z alginianu sodu, lizozymu i wersenianu disodowego wpłynęło istotnie na obniżenie wzrostu bakterii *Pseudomonas* spp. podczas 8 dniowego przechowywania w warunkach chłodniczych. Dodatkowo zaobserwowano dobrą jakość sensoryczną sera co wskazuje, że zastosowanie powlekania wpływa korzystnie na wydłużenie terminu przydatności do spożycia [13]. Badania Mastromatteo i in [34] wykazały, że zastosowanie powłok alginianowych z sorbinianem potasu oraz pakowanie w atmosferze ochronnej wpłynęło istotnie na wydłużenie przydatności do spożycia sera Mozzarella poprzez zahamowanie wzrostu bakterii i pleśni, jak również obniżenie strat masy w czasie przechowywania.

PODSUMOWANIE

W czasie przechowywania żywności zachodzi w niej wiele zmian jakościowych, które wpływają na stabilność i przydatność do spożycia. Powlekanie produktów spożywczych powłokami jadalnymi wpływa na ograniczenie przebiegu niektórych procesów fizjologicznych i biochemicznych decydujących o jakości handlowej i konsumpcyjnej żywności. Warstwy ograniczające migrację pary wodnej i innych składników wpływają na zmniejszenie niekorzystnych zmian jakościowych żywności zwiększając znacznie ich akceptowalność sensoryczną i trwałość przechowalniczą. Wiele prac badawczych skupionych jest na przedłużeniu trwałości owoców i warzyw mało przetworzonych poprzez zastosowanie jadalnych powłok ochronnych hydrokoloidowych oraz zawierających związki lipidowe. Dobór filmów i powłok jadalnych do produktów spożywczych uzależniony jest od wielu czynników. Znajomość właściwości barierowych i mechanicznych jest istotna przy doborze technologii powlekania w zależności od zastosowań. Powłoki jadalne wpływają głównie na ograniczenie migracji wilgoci oraz mogą podnieść wartość konsumpcyjną produktów poprzez poprawę atrakcyjności. Technologia powlekania przyczynia się do tworzenia nowych produktów spożywczych, które w ostatnim czasie zyskują coraz większą popularność. Prowadzone prace naukowe powinny być wzbogacane o analizę akceptowalności konsumenckiej produktów pokrytych warstwami ochronnymi w porównaniu z produktami niepowleczonymi.

LITERATURA

- [1] ANTONIEWSKI M.N., S.A. BARRINGER, C.L. KNIPE, H.N. ZERBY. 2007. "Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat". *Journal of Food Science* 72 (6): E382–E387.
- [2] AVENA-BUSTILLOS R.J., J.M. KROCHTA, M.E. SALVEIT. 1997. "Water vapor resistance of red delicious apples and celery stics coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films". *Journal of Food Science* 62 (2): 351–354.
- [3] AVENA-BUSTILLOS R.J., J.M. KROCHTA. 1994. "Optimalization of edible coating formulations on zucchini to reduce water loss". *Journal of Food Engineering* 21 (2): 197–214.
- [4] AVENA-BUSTILLOS R.J., L.A. CISNEROS-ZEVALLOS, J.M. KROCHTA, M.E. SALTVEIT. 1994. "Application of casein-lipid edible film emulsion to reduce blush on minimally processed carrots". *Postharvest Biology and Technology* 4: 319–329.
- [5] AYRANCI E., S.A. TUNC. 2003. „A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods". *Food Chemistry* 80: 423–431.
- [6] BEAULIEU J.C., H.S. PARK, A.G. BALLEW MIMS, M.S. KUK. 2009. "Extension of green belle pepper shelf life using oilseed-derived lipid films from soapstock". *Industrial Crops and Products* 30: 271–275.
- [7] CAGRI A., Z. USTUNOL, E.T. RYSER. 2004. "Antimicrobial edible films and coatings". *Journal of Food Protection* 67: 833–848.
- [8] CERQUEIRA M.A., B.W.S. SOUZA, J.A. TEIXEIRA, A.A.VINCENTE. 2012. "Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharides films – A comparative study". *Food Hydrocolloids* 27: 175–184.
- [9] CERQUEIRA M.A., M.J. SOUSA-GALLAGHER, I. MACEDO, R. RODRIGUEZ-AQUILERA, B.W.S. SOUZA, J.A. TEIXEIRA, A.A. VINCENTE. 2010. "Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of "Regional" cheese". *Journal of Food Engineering* 97: 87–94.
- [10] CHAUHAN O.P., P.S. RAJU, ASHA SINGH, BAWA. 2011. "Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices". *Food Chemistry* 126: 961–966.
- [11] CHLEBOWSKA-ŚMIGIEL A., E. HAĆ-SZYMAŃCZUK, M. GNIEWOSZ. 2014. „Wpływ powłoki jadalnej na zmiany mikrobiologiczne w mięsie wołowym podczas przechowywania w warunkach chłodniczych". *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 577: 23–31.
- [12] COMA V., S. MARTIAL-GROS, S. GAREAU, A. COPINET, F. SALIN, A. DECHAMPS. 2002. "Edible antimicrobial films based on chitosan matrix". *Journal of Food Science* 67 (3): 1162–1169.

LITERATURA

- [1] ANTONIEWSKI M.N., S.A. BARRINGER, C.L. KNIPE, H.N. ZERBY. 2007. "Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat". *Journal of Food Science* 72 (6): E382–E387.
- [2] AVENA-BUSTILLOS R.J., J.M. KROCHTA, M.E. SALVEIT. 1997. "Water vapor resistance of red delicious apples and celery stics coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films". *Journal of Food Science* 62 (2): 351–354.
- [3] AVENA-BUSTILLOS R.J., J.M. KROCHTA. 1994. "Optimalization of edible coating formulations on zucchini to reduce water loss". *Journal of Food Engineering* 21 (2): 197–214.
- [4] AVENA-BUSTILLOS R.J., L.A. CISNEROS-ZEVALLOS, J.M. KROCHTA, M.E. SALTVEIT. 1994. "Application of casein-lipid edible film emulsion to reduce blush on minimally processed carrots". *Postharvest Biology and Technology* 4: 319–329.
- [5] AYRANCI E., S.A. TUNC. 2003. „A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods". *Food Chemistry* 80: 423–431.
- [6] BEAULIEU J.C., H.S. PARK, A.G. BALLEW MIMS, M.S. KUK. 2009. "Extension of green belle pepper shelf life using oilseed-derived lipid films from soapstock". *Industrial Crops and Products* 30: 271–275.
- [7] CAGRI A., Z. USTUNOL, E.T. RYSER. 2004. "Antimicrobial edible films and coatings". *Journal of Food Protection* 67: 833–848.
- [8] CERQUEIRA M.A., B.W.S. SOUZA, J.A. TEIXEIRA, A.A.VINCENTE. 2012. "Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharides films – A comparative study". *Food Hydrocolloids* 27: 175–184.
- [9] CERQUEIRA M.A., M.J. SOUSA-GALLAGHER, I. MACEDO, R. RODRIGUEZ-AQUILERA, B.W.S. SOUZA, J.A. TEIXEIRA, A.A. VINCENTE. 2010. "Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of "Regional" cheese". *Journal of Food Engineering* 97: 87–94.
- [10] CHAUHAN O.P., P.S. RAJU, ASHA SINGH, BAWA. 2011. "Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices". *Food Chemistry* 126: 961–966.
- [11] CHLEBOWSKA-SMIGIEL A., E. HAC-SZYMANCZUK, M. GNIEWOSZ. 2014. „Wpływ powłoki jadalnej na zmiany mikrobiologiczne w mięsie wołowym podczas przechowywania w warunkach chłodniczych". *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 577: 23–31.
- [12] COMA V., S. MARTIAL-GROS, S. GAREAU, A. COPINET, F. SALIN, A. DECHAMPS. 2002. "Edible antimicrobial films based on chitosan matrix". *Journal of Food Science* 67 (3): 1162–1169.

- [13] CONTE A., D. GAMMARIELLO, S. DI GIULIO, M. ATTANASIO, M.A. DEL NOBILE. 2009. „Active coating and modified-atmosphere packaging to extend the shelf life of Fior di Latte cheese”. *Journal of Dairy Science* 92: 887–894.
- [14] CUQ B., N. GONTARD, S. GUILBERT. 1998. “Proteins as agricultural polymers for packaging production”. *Cereal Chemistry* 75 (1): 1–9.
- [15] DEBEAUFORT F., A. VOILLEY. 2009. “Lipid-based edible films and coatings”. In: *Edible films and coatings for food applications*. Ed. M.E. Embuscado and K.C. Huber. Springer, London, UK:135–168.
- [16] DHALL R.K. 2013. “Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53 (5): 435–450.
- [17] FAGUNDES C., L. PALOU, A.R. MONTEIRO, M.B. PEREZ-GAGO. 2014. “Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on graymold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit”. *Postharvest Biology and Biotechnology* 92: 1–8.
- [18] FAJARDO P., J.T. MARTINS, C. FUCINOS, L. PASTRANA, J.A. TEIXEIRA, A.A. VINCENTE. 2010. “Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese”. *Journal of Food Engineering* 101: 349–356.
- [19] FALGUERA V., J.P. QUINTERO, A. JIMENEZ, A. MUNOZ, A. IBARZ. 2011. “Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use”. *Trends in Food Science and Technology* 22: 291–303.
- [20] GALUS S. 2014. „Powłoki jadalne do minimalnie przetworzonych owoców i warzyw”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 4: 28–29.
- [21] GALUS S., A. LENART. 2011. „Wpływ białka na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez powłoki serwatkowe”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (71): 66–73.
- [22] GALUS S., J. KADZIŃSKA. 2015. “Food applications of emulsion-based edible films and coatings”. *Trends in Food Science & Technology* 45 (2): 273–283.
- [23] GALUS S., M. ŚLIWIŃSKI. 2014. „Filmy i powłoki ochronne do serów”. *Innowacyjne Mleczarstwo* 2 (1): 13–17.
- [24] GUILBERT S., N. GONTARD, L.G.M. GORRIS. 1996. “Prolongation of the shelf-life perishable food products using biodegradable films and coatings”. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 29: 10–17.
- [25] GUILBERT S., N. GONTARD. 2005. “Agro-polymers for edible and biodegradable films: review of agricultural polymeric materials, physical and mechanical characterization”. In: *Innovation in food packaging*. Ed. J.H. Han. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA: 262–276.
- [13] CONTE A., D. GAMMARIELLO, S. DI GIULIO, M. ATTANASIO, M.A. DEL NOBILE. 2009. “Active coating and modified-atmosphere packaging to extend the shelf life of Fior di Latte cheese”. *Journal of Dairy Science* 92: 887–894.
- [14] CUQ B., N. GONTARD, S. GUILBERT. 1998. “Proteins as agricultural polymers for packaging production”. *Cereal Chemistry* 75 (1): 1–9.
- [15] DEBEAUFORT F., A. VOILLEY. 2009. “Lipid-based edible films and coatings”. In: *Edible films and coatings for food applications*. Ed. M.E. Embuscado and K.C. Huber. Springer, London, UK:135–168.
- [16] DHALL R.K. 2013. “Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53 (5): 435–450.
- [17] FAGUNDES C., L. PALOU, A.R. MONTEIRO, M.B. PEREZ-GAGO. 2014. “Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on graymold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit”. *Postharvest Biology and Biotechnology* 92: 1–8.
- [18] FAJARDO P., J.T. MARTINS, C. FUCINOS, L. PASTRANA, J.A. TEIXEIRA, A.A. VINCENTE. 2010. “Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese”. *Journal of Food Engineering* 101: 349–356.
- [19] FALGUERA V., J.P. QUINTERO, A. JIMENEZ, A. MUNOZ, A. IBARZ. 2011. “Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use”. *Trends in Food Science and Technology* 22: 291–303.
- [20] GALUS S. 2014. „Powłoki jadalne do minimalnie przetworzonych owoców i warzyw”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 4: 28–29.
- [21] GALUS S., A. LENART. 2011. „Wpływ białka na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez powłoki serwatkowe”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (71): 66–73.
- [22] GALUS S., J. KADZIŃSKA. 2015. “Food applications of emulsion-based edible films and coatings”. *Trends in Food Science & Technology* 45 (2): 273–283.
- [23] GALUS S., M. ŚLIWIŃSKI. 2014. „Filmy i powłoki ochronne do serów”. *Innowacyjne Mleczarstwo* 2 (1): 13–17.
- [24] GUILBERT S., N. GONTARD, L.G.M. GORRIS. 1996. “Prolongation of the shelf-life perishable food products using biodegradable films and coatings”. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 29: 10–17.
- [25] GUILBERT S., N. GONTARD. 2005. “Agro-polymers for edible and biodegradable films: review of agricultural polymeric materials, physical and mechanical characterization”. In: *Innovation in food packaging*. Ed. J.H. Han. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA: 262–276.

- [26] **HALL D.J. 2012.** “Edible coatings from lipids, waxes, and resins”. In: Edible coatings and films to improve food quality 2nd edition. Ed. E.A. Baldwin, R. Hagenmaier and J. Bai. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 79–101.
- [27] **HAN J.H., A. GENNADIOS. 2005.** Edible films and coatings: a review. In: Innovation in food packaging. Ed. J.H. Han. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA, 239–262.
- [28] **HERNANDEZ E. 1994.** “Edible films and coatings from waxes and resins”. In: Edible coatings and films to improve food quality. Eds. J.M. Krochta, E.A. Baldwin and M. Nisperos-Carriedo. Technomic Publishing Company, Lancaster, UK: 279–303.
- [29] **KADZIŃSKA J., M. JANOWICZ, S. KALISZ, J. BRYŚ, A. LENART. 2019.** “An overview of fruit and vegetable edible packaging materials”. Packaging Technology and Science 1–13.
- [30] **KARBOWIAK T., F. DEEAUFORT, A. VOILLEY. 2007.** Les emballages comestibles: nature, fonctionnalité et utilisations. Industries Alimentaires et Agricoles 124 (4/5): 9–17.
- [31] **KHALIL A.H. 1999.** “Quality of french fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids”. Food Chemistry 66: 201–208.
- [32] **KOWALCZYK D., E. PIKULA, B. BARANIAK. 2010.** „Wpływ jadalnej powłoki białkowo-woskowej na jakość przechowywanych chłodniczo brokułów”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 6 (73): 120–133.
- [33] **KOWALCZYK D., E. PIKULA. 2010.** „Wpływ powłoki białkowo-woskowej na jakość przechowywalniczą winogron (*Vitisvinifera* L.)”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 5 (72): 67–76.
- [34] **MASTROMATTEO M., A. CONTE, M. FACCIA, M.A. DEL NOBILE, V. ZAMBRINI. 2014.** “Combined effect of active coating and modified atmosphere packaging on prolonging the shelf life of low-moisture Mozzarella cheese”. Journal of Dairy Science 97: 36–45.
- [35] **MEI J., Y. YUAN, L.Y. WU. 2013.** “Characterization of edible starch-chitosan film and its application in the storage of Mongolian cheese”. International Journal of Biological Macromolecules 57: 17–21.
- [36] **MORALES-DE PENA M., J. WELTI-CHANES, O. MARTIN-BELLOSO, 2019.** “Novel technologies to improve food safety and quality”. Current Opinion in Food Science 30: 1–7.
- [37] **OLIVAS G.I., G.V. BARBOSA-CANOVAS. 2005.** “Edible coatings for fresh-cut fruits”. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 45: 657–670.
- [38] **PAJĄK P., T. FORTUNA, I. PRZETACZEK-RÓŻNOWSKA. 2013.** „Opakowania jadalne na bazie białek i polisacharydów – charakterystyka i zastosowanie”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2 (87): 5–18.
- [26] **HALL D.J. 2012.** “Edible coatings from lipids, waxes, and resins”. In: Edible coatings and films to improve food quality 2nd edition. Ed. E.A. Baldwin, R. Hagenmaier and J. Bai. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 79–101.
- [27] **HAN J.H., A. GENNADIOS. 2005.** Edible films and coatings: a review. In: Innovation in food packaging. Ed. J.H. Han. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA, 239–262.
- [28] **HERNANDEZ E. 1994.** “Edible films and coatings from waxes and resins”. In: Edible coatings and films to improve food quality. Eds. J.M. Krochta, E.A. Baldwin and M. Nisperos-Carriedo. Technomic Publishing Company, Lancaster, UK: 279–303.
- [29] **KADZINSKA J., M. JANOWICZ, S. KALISZ, J. BRYŚ, A. LENART. 2019.** “An overview of fruit and vegetable edible packaging materials”. Packaging Technology and Science 1–13.
- [30] **KARBOWIAK T., F. DEEAUFORT, A. VOILLEY. 2007.** Les emballages comestibles: nature, fonctionnalité et utilisations. Industries Alimentaires et Agricoles 124 (4/5): 9–17.
- [31] **KHALIL A.H. 1999.** “Quality of french fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids”. Food Chemistry 66: 201–208.
- [32] **KOWALCZYK D., E. PIKULA, B. BARANIAK. 2010.** „Wpływ jadalnej powłoki białkowo-woskowej na jakość przechowywanych chłodniczo brokułów”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 6 (73): 120–133.
- [33] **KOWALCZYK D., E. PIKULA. 2010.** „Wpływ powłoki białkowo-woskowej na jakość przechowywalniczą winogron (*Vitisvinifera* L.)”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 5 (72): 67–76.
- [34] **MASTROMATTEO M., A. CONTE, M. FACCIA, M.A. DEL NOBILE, V. ZAMBRINI. 2014.** “Combined effect of active coating and modified atmosphere packaging on prolonging the shelf life of low-moisture Mozzarella cheese”. Journal of Dairy Science 97: 36–45.
- [35] **MEI J., Y. YUAN, L.Y. WU. 2013.** “Characterization of edible starch-chitosan film and its application in the storage of Mongolian cheese”. International Journal of Biological Macromolecules 57: 17–21.
- [36] **MORALES-DE PENA M., J. WELTI-CHANES, O. MARTIN-BELLOSO, 2019.** “Novel technologies to improve food safety and quality”. Current Opinion in Food Science 30: 1–7.
- [37] **OLIVAS G.I., G.V. BARBOSA-CANOVAS. 2005.** “Edible coatings for fresh-cut fruits”. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 45: 657–670.
- [38] **PAJĄK P., T. FORTUNA, I. PRZETACZEK-RÓŻNOWSKA. 2013.** „Opakowania jadalne na bazie białek i polisacharydów – charakterystyka i zastosowanie”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2 (87): 5–18.

- [39] **PIETRZYK S. 2008.** „Żywność minimalnie przetworzona”. *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski* 11: 18–23.
- [40] **RAMOS Ó.L., R.N. PEREIRA, S.I. SILVA, J.C. FERNANDES, M.I. FRANCO, J.A. LOPES-DA-SILVA. 2012.** “Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese”. *Journal of Dairy Science* 6282–6292.
- [41] **SALGADO P.R., C.M. ORTIZ, Y.S. MUSSO, L. DI GIORGIO, A.N. MAURI. 2015.** “Edible films and coatings containing bioactives”. *Current Opinion in Food Science* 5: 86–92.
- [42] **SZWEJDA J., J. CZAPSKI. 2007.** „Warzywa minimalnie przetworzone a skażenie mikrobiologiczne”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 51 (5): 21–23.
- [43] **VARGAS M., A. ALBORS, A. CHIRALT. 2011.** “Application of chitosan-sunflower oil edible films to pork meat hamburgers”. *Procedia Food Science* 1: 39–43.
- [44] **VELICKOVA E., E. WINKELHAUSEN, S. KUZMANOVA, V.D. ALVES, M. MOLDAO-MARTINS. 2013.** “Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions”. *LWT – Food Science and Technology* 52 (2): 80–92.
- [45] **VINA S.Z., A. MUGRIDGE, M.A. GARCIA, R.M. FERREYRA, M.N. MARTINO, A.R. CHAVES, N.E. ZARITZKY. 2007.** “Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels Sprouts”. *Food Chemistry* 103: 701–709.

- [39] **PIETRZYK S. 2008.** „Żywność minimalnie przetworzona”. *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski* 11: 18–23.
- [40] **RAMOS O.L., R.N. PEREIRA, S.I. SILVA, J.C. FERNANDES, M.I. FRANCO, J.A. LOPES-DA-SILVA. 2012.** “Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese”. *Journal of Dairy Science* 6282–6292.
- [41] **SALGADO P.R., C.M. ORTIZ, Y.S. MUSSO, L. DI GIORGIO, A.N. MAURI. 2015.** “Edible films and coatings containing bioactives”. *Current Opinion in Food Science* 5: 86–92.
- [42] **SZWEJDA J., J. CZAPSKI. 2007.** „Warzywa minimalnie przetworzone a skażenie mikrobiologiczne”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 51 (5): 21–23.
- [43] **VARGAS M., A. ALBORS, A. CHIRALT. 2011.** “Application of chitosan-sunflower oil edible films to pork meat hamburgers”. *Procedia Food Science* 1: 39–43.
- [44] **VELICKOVA E., E. WINKELHAUSEN, S. KUZMANOVA, V.D. ALVES, M. MOLDAO-MARTINS. 2013.** “Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions”. *LWT – Food Science and Technology* 52 (2): 80–92.
- [45] **VINA S.Z., A. MUGRIDGE, M.A. GARCIA, R.M. FERREYRA, M.N. MARTINO, A.R. CHAVES, N.E. ZARITZKY. 2007.** “Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels Sprouts”. *Food Chemistry* 103: 701–709.