

MAGDALENA MIKUS, SABINA GALUS

## POWLEKANIE ŻYWNOSCI – MATERIAŁY, METODY I ZASTOSOWANIE W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM

### Streszczenie

Powlekanie żywności stosowane jest w celu przedłużenia okresu przydatności do spożycia wielu nietrwałych, łatwo psujących się surowców i produktów spożywczych. Powłoki jadalne mogą zapobiegać zmianom barwy, tekstury, rozwojowi niepożądanych mikroorganizmów oraz utracie witamin bądź składników mineralnych. Powinny minimalizować niekorzystny wpływ działania promieniowania słonecznego oraz wilgoci. Tym samym powłoki i filmy jadalne mogą przyczyniać się do podwyższenia jakości i bezpieczeństwa żywności. Rozwój opakowań jadalnych może stanowić korzystną, a z czasem konieczną alternatywę dla opakowań syntetycznych, m.in. ze względów ekonomicznych oraz zdrowotnych. Coraz częstsze stosowanie biodegradowalnych powłok jadalnych w wielu branżach przemysłu spożywczego ma na celu ograniczenie zarówno liczby opakowań jednostkowych, jak i zwiększającej się ilości odpadów zanieczyszczających środowisko. W powlekanii żywności nadal poszukiwane są rozwiązania pozwalające na uzyskanie powłok o zakładanych właściwościach użytkowych. Wprowadzanie substancji przeciwdrobnoustrojowych lub nanomateriałów może wpływać na zwiększanie zakresu stosowania powłok jadalnych oraz decydować o akceptacji takich produktów przez konsumentów. Obecnie prowadzone są intensywne badania naukowe w kierunku opracowania efektywnych metod wytwarzania powłok i folii jadalnych oraz modyfikacji ich właściwości funkcjonalnych. W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę materiałów dotychczas stosowanych, jak również nowych – o właściwościach powłokotwórczych. Scharakteryzowano metody ich wytwarzania i zastosowanie w przemyśle spożywczym.

**Słowa kluczowe:** powlekanie żywności, powłoki jadalne, folie jadalne, jakość żywności

### Wprowadzenie

Nieustający wzrost wymagań konsumentów w stosunku do wprowadzanej na rynek żywności powoduje ciągle doskonalenie produktów spożywczych przez producentów [26]. W ostatnim czasie coraz większe zainteresowanie producentów żywności oraz konsumentów wzbudza powlekanie żywności, a jadalne folie i powłoki umożli-

---

*Mgr inż. M. Mikus, dr inż. S. Galus, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: sabina\_galus@sggw.edu.pl*

wiają wydłużanie okresu przydatności do spożycia wielu produktów spożywczych. Powlekanie żywności jest technologią, w której stosuje się powłoki ochronne z odnawialnych, biodegradowalnych i jadalnych składników, dlatego oczekuje się, że wpłyną na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, nawet przy założeniu, że nie zostaną ponownie użyte. Coraz częściej materiałami stosowanymi do otrzymywania powłok jadalnych są pozostałości przemysłu spożywczego [6].

Powłokę jadalną stanowi cienka warstwa materiału, który zostaje nałożony bezpośrednio na powierzchnię produktu spożywczego. Funkcjonalność powłok zależy głównie od materiałów powłokotwórczych oraz warunków, w jakich powstają. Składa się na to m.in. zastosowany rozpuszczalnik, pH, temperatura, a także stężenie stosowanych składników [60]. Filmy jadalne to ukształtowane cienkie warstwy materiału poza produktem spożywczym, które nadają się do spożycia i są stosowane na produkty bądź umieszczane pomiędzy nimi. Zastosowanie powłok jadalnych na produktach żywnościowych pozwala na zmniejszanie występowania na nich uszkodzeń mechanicznych, oddziaływań fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych. Prowadzone badania naukowe mają na celu wytworzenie materiałów biodegradowalnych i ograniczenie zużycia opakowań wytwarzanych z materiałów syntetycznych [22].

Główną funkcją powłok jadalnych jest selektywna barierowość wobec pary wodnej, tlenu, dwutlenku węgla, substancji aromatycznych oraz olejów. Powłoki jadalne umieszczane na produkcie przez jego zanurzenie lub poprzez spryskiwanie roztworem powlekającym mogą wpływać na podwyższanie jakości, np. owoców. Istotna jest również możliwość modyfikowania atmosfery, np. występującej wokół owocu, co może mieć wpływ na poprawę ogólnego wyglądu zewnętrznego powlekanego produktu. Odpowiedni dobór powłoki umożliwia również ograniczenie aktywności oksydazy polifenolowej, wpływającej na brązowienie i odbarwianie się owoców [39].

Zastosowanie powłok jadalnych jest dość taną metodą stosowaną zazwyczaj jako dodatkowa operacja w procesie produkcyjnym, pozwalająca na utrzymanie jakości oraz świeżości produktów. Powłoki jadalne zwiększają również atrakcyjność produktu, np. poprzez jego nabłyszczanie, lecz nie powinny wpływać na zmianę smaku powleczanego produktu. Zapewni to tym samym oczekiwaną akceptowalność sensoryczną [45]. Produkty spożywcze, które są podatne na reakcje utleniania i enzymatyczne brązowienie w trakcie przechowywania, mogą charakteryzować się widocznymi wadami, takimi jak zmiana barwy lub utrata wilgoci. Zastosowanie powłok umożliwia ograniczenie występowania tych zmian, jak również wpływa na poprawienie atrakcyjności wizualnej produktów. Powłoki jadalne umożliwiają utrzymanie odpowiedniej tekstury produktów spożywczych dzięki zastosowaniu dodatków, takich jak jony wapnia. Utrata wilgoci produktu przyczynia się do występowania strat ekonomicznych, dlatego jako jeden ze składników powłok stosuje się nierozpuszczalne lub słabo rozpuszczalne substancje wpływające na zmniejszanie ich przepuszczalności [5].

Biodegradowalne powłoki jadalne są stosowane również do ochrony produktów żywnościowych przed niekorzystną działalnością drobnoustrojów, a także stanowią ochronę produktu przed uszkodzeniami mechanicznymi, fizycznymi i chemicznymi. Mogą również stanowić nośnik substancji dodatkowych, np. przeciwdrobnoustrojowych, przeciwutleniających, zapobiegających brązowieniu, wpływających tym samym na zachowanie odpowiedniej jakości i bezpieczeństwa żywności. Powłoki jadalne oprócz pełnienia funkcji barierowych zwiększających stabilność żywności, mogą również w pożądanym sposób oddziaływać z powlekanymi produktami żywnościowymi i otaczającym je środowiskiem, tworząc aktywną powłokę. Aktywne właściwości powłoki umożliwiają powolne uwalnianie np. substancji przeciwdrobnoustrojowych, wpływając na spowolnienie procesów degradacji żywności lub usunięcie niepożądanych związków, które przyczyniają się do jej rozkładu [14].

Celem niniejszej pracy była charakterystyka technologii powlekania żywności, materiałów powłokotwórczych oraz metod ich wytwarzania wraz z przedstawieniem przykładów zastosowań powłok jadalnych w przemyśle spożywczym.

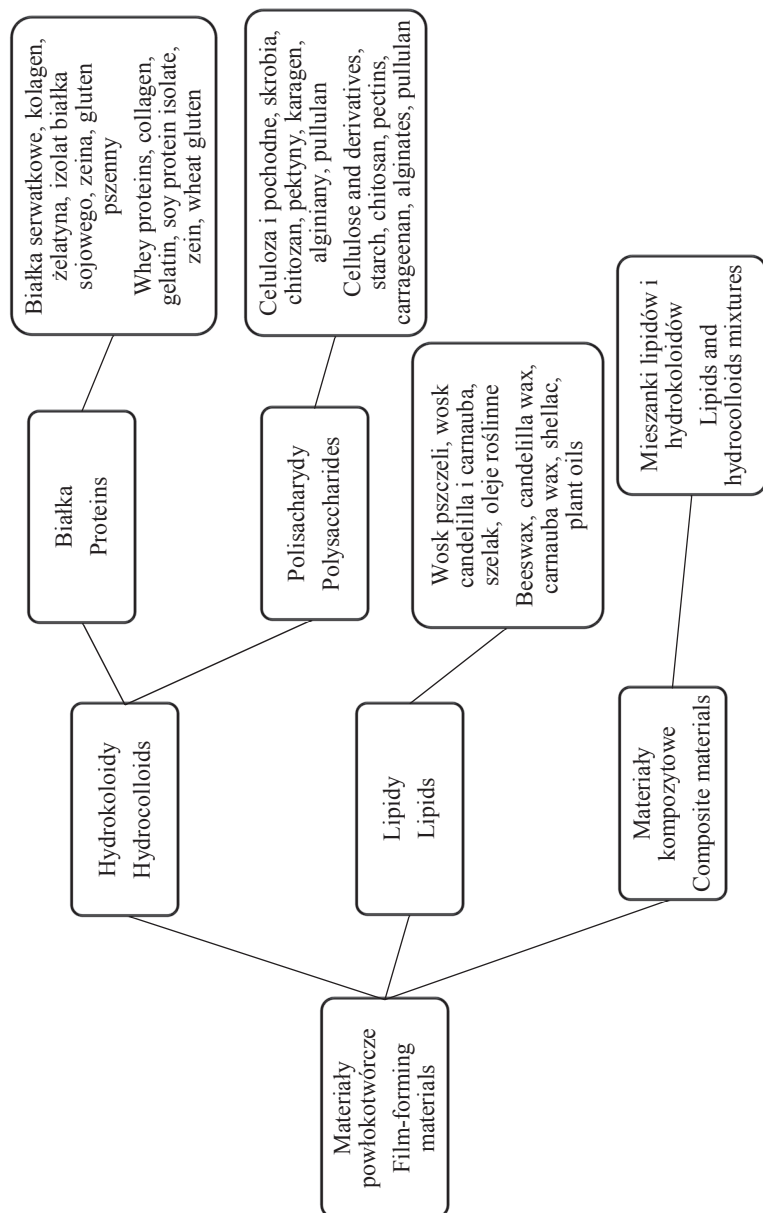
### **Materiały powłokotwórcze**

Wśród materiałów stosowanych do tworzenia powłok jadalnych wyróżnia się polisacharydy, białka i tłuszcze, jak również ich połączenia dwu- lub wieloskładnikowe. Podział materiałów powłokotwórczych przedstawiono na rys. 1. Obecnie poszukuje się również nowych materiałów o właściwościach powłokotwórczych z przeznaczeniem na ochronne powłoki jadalne bądź folie biodegradowalne.

#### *Polisacharydy*

Jadalne powłoki polisacharydowe charakteryzują się niską przenikalnością tlenu, co korzystnie wpływa na ograniczenie reakcji utleniania w produktach żywnościowych. Ze względu na hydrofilowe właściwości powłoki te są słabą barierą dla wody, a nierozpuszczalność powłok można uzyskać za pomocą reakcji sieciowania. Powłoki otrzymane na bazie polisacharydów zazwyczaj są bezbarwne, charakteryzują się dobrą stabilnością i biodegradowalnością. Do głównych polisacharydów powłokotwórczych zalicza się celulozę, skrobię, pektyny, karagen, alginiany i pullulan [51].

Celuloza stanowiąca surowiec powszechnie dostępny, odnawialny oraz biokompatybilny znalazła zastosowanie w powlekananiu produktów żywnościowych. Jedną z pochodnych celulozy jest karboksymetyloceluloza, której wodny roztwór wykazuje korzystne właściwości powłokotwórcze i stanowi na powierzchni owoców oraz warzyw barierę dla światła. Zastosowanie karboksymetylocelulozy przy wytwarzaniu powłok jadalnych korzystnie wpływa także na spowolnienie procesów oddychania komórkowego owoców i warzyw, co powoduje wydłużenie trwałości powlekanego



Rys. 1. Podział materiałów powłokotwórczych  
Fig. 1. Classification of film-forming materials

produktu [65]. Biodegradowalnym polimerem pochodzącym z celulozy jest także hydroksypropylometyloceluloza, którą stosuje się do otrzymywania przezroczystych i bezwonnych powłok. Stanowią one barierę dla olejów. W celu wzmocnienia właściwości hydrofilowych i ograniczenia przenikania pary wodnej dodatkowo stosowane są nanowłókna celulozowe [36].

Skrobia jest jednym z najbardziej dostępnych surowców pochodzenia roślinnego, który stanowi materiał zapasowy roślin i jest akumulowany w bulwach, korzeniach oraz nasionach. Jest naturalnym biopolimerem odgrywającym kluczową rolę w technologii żywności, zwłaszcza przy określaniu właściwości reologicznych żywności. Może być również stosowana jako element materiału opakowaniowego, ponieważ odznacza się korzystnymi właściwościami funkcjonalnymi, jest tańsza od polietylenu, biodegradowalna i łatwo ulega obróbce technologicznej [9]. Powłoki jadalne wytworzone wyłącznie ze skrobi są kruche, dlatego stosuje się dodatek lipidów i gum, które wpływają na modyfikację właściwości mechanicznych. Ponadto ich mieszanki nadają żywności nowe właściwości teksturalne, m.in. zwiększają zdolność do zatrzymywania wody [16].

Pektyny są polisacharydami pochodzenia roślinnego. Znajdują coraz szersze zastosowanie w sektorze spożywczym ze względu na doskonałą barierowość wobec tlenu, lipidów oraz związków zapachowych. Valdés i wsp. [63] zaobserwowali, że powłoki mogą być odpowiednimi nośnikami związków aktywnych, do których zalicza się substancje wpływające na wzmocnienie struktury (np. nanocząsteczki tlenu cynku), substancje ograniczające rozwój drobnoustrojów (np. chitozan), a także przeciwutleniające (np. olejki eteryczne). Poprzez połączenie z innymi polimerami (np. chitozan, alginian) powłoki charakteryzują się większą stabilnością, jednak nadal istnieje potrzeba prowadzenia badań dotyczących opracowania efektywniejszych błon pektynowych do pakowania żywności w skali laboratoryjnej, jak również w skali przemysłowej. Pektyny mogą równoważyć także niekorzystne skutki wynikające z zastosowania plastyfikatorów. Dzięki tworzeniu wiązań wodorowych między pektynami i łańcuchami skrobiowymi można zaobserwować korzystne zmiany właściwości mechanicznych. W przypadku występowania większej zawartości skrobi w przygotowanym roztworze powłokotwórczym obserwuje się wyższą odporność mechaniczną [29].

Karagen jest polisacharydem pozyskiwanym na drodze ekstrakcji z czerwonych wodorostów. Jest również określany jako złożona mieszanina zawierająca kilka polimerów galaktozy, które ulegają rozpuszczeniu w wodzie [35]. Unikatowe właściwości karagenu, do których zalicza się jego bioaktywność, biokompatybilność oraz biodegradowalność, powodują, że biopolimer ten jest stosowany w przemyśle spożywczym jako substancja żelująca, stabilizująca lub emulgująca, a także jako środek wchodzący w skład folii i powłok jadalnych. Konieczne są jednak dalsze badania karagenu w celu wzmocnienia jego właściwości mechanicznych oraz barierowych w stosunku do pary

wodnej, aby mógł być powszechnie stosowany jako materiał opakowaniowy. W tym celu zalecany jest dodatek związków o charakterze hydrofobowym oraz środków sieciujących [48].

Alginiany pozyskiwane z wodorostów i rozpuszczalne w wodzie są polisacharydami powszechnie stosowanymi podczas wytwarzania materiałów błonotwórczych. Stanowią ekologiczną alternatywę w stosunku do syntetycznych polimerów. Powłoki zawierające alginiany, oprócz dobrych właściwości powłokotwórczych, charakteryzują się wysoką odpornością na migrację tłuszczów [56]. Mała przepuszczalność powłok jadalnych może mieć wpływ na spowolnienie procesu utleniania lipidów, np. w warzywach oraz owocach, co powoduje ograniczenie wzrostu mikroflory oraz zmniejszenie ubytku masy. Zastosowanie powłok na bazie alginianu pozwala na podwyższenie jakości nietrwałych owoców oraz warzyw poprzez ograniczenie strat wilgoci, smaku, barwy, a także poprzez zminimalizowanie występujących procesów kurczenia się, wchłaniania oleju oraz jęlczenia oksydacyjnego [44].

Pullulan jest polisacharydem wytwarzanym przez gatunki grzybów *Aureobasidium*, zwłaszcza *Aureobasidium pullulans*. Szerokie zastosowanie pullulanu jest znacznie ograniczone ze względu na jego cenę. Filmy stworzone na bazie pullulanu łatwo ulegają rozpuszczeniu w wodzie, charakteryzują się barierowością wobec tlenu, a także wpływają na ochronę występujących w żywności witamin. Folie jadalne z pullulanu mogą być stosowane jako materiał opakowaniowy do takich produktów, jak: orzechy, makaron, wyroby cukiernicze, a także warzywa i mięso. Ponadto pullulan może być używany do zastępowania skrobi w preparatach spożywczych określanych jako niskokaloryczne [2].

### *Białka*

W celu uzyskania odpowiednich właściwości filmów jadalnych do określonych zastosowań struktura białek, będących makrocząsteczkami o konkretnych sekwencjach aminokwasów, może zostać dostosowana poprzez modyfikacje enzymatyczne, chemiczne lub fizyczne. Uzyskiwane folie są niestety znacznie słabsze niż materiały syntetyczne. Filmy białkowe stosowane do powlekania lub pakowania żywności stanowią doskonałą barierę wobec tlenu, dwutlenku węgla i lipidów, lecz charakteryzują się wrażliwością na parę wodną i wodę [13].

Białka mleka stosowane w przemyśle spożywczym to białka serwatki, które charakteryzują się wieloma cennymi cechami, m.in. są bezbarwne, bezwonne i nie mają smaku. Powłoki jadalne zawierające białka mleka są elastyczne oraz stanowią dobrą barierę wobec aromatów [42]. Ponadto powłoki i filmy jadalne zawierające białka mleka charakteryzują się barierowością w stosunku do gazów. Obecność laktozy wpływa na występowanie krystalizacji podczas procesu tworzenia filmów jadalnych, przez co uzyskiwane filmy są niejednorodne i charakteryzują się osłabieniem przy-

czepności do powierzchni. Zapobiega się temu, stosując dodatek sorbinianu potasu [59].

Kolagen, czyli białko pochodzenia zwierzęcego występujące głównie w tkankach łącznych (np. w ścięgnach, chrząstkach, błonach łącznotkankowych), odznacza się dużą wytrzymałością na rozciąganie oraz stabilnością. Ostatnio szerokie zastosowanie w produkcji żywności zyskał kolagen pochodzący z ryb, gąbek oraz meduz. Foliai kolagenowych powszechnie używa się jako osłonek do produkcji różnego rodzaju kielbas. Po zastosowaniu obróbki cieplnej możliwe jest łatwiejsze usuwanie elastycznej warstwy. Osłonka kolagenowa zwiększa soczystość produktu. Kawalki mięsa wołowego zapakowane w osłonki kolagenowe i poddane mrożeniu przez 20 tygodni porównano z kawalkami mięsa zapakowanymi w folię z tworzywa sztucznego i przechowywanymi w takich samych warunkach. W odniesieniu do próbek kontrolnych nie zaobserwowano różnic pod względem barwy, wzrostu drobnoustrojów oraz cech sensorycznych [25].

Żelatyna składa się z aminokwasów występujących w odpowiedniej sekwencji, wśród których największy udział mają glicyna, prolina oraz hydroksyprolina. Ze względu na dużą biokompatybilność, plastyczność oraz zdolności do biodegradacji, żelatyna znajduje zastosowanie jako składnik folii biopolimerowych [27]. Ze względu jednak na hydrofilowy charakter powłoki żelatynowe stanowią słabą barierę dla wody. W celu poprawy właściwości tych powłok stosuje się dodatek olejków o charakterze hydrofobowym, np. z trawy cytrynowej, bazylii oraz mięty [57].

Izolat białka sojowego, pozyskiwany z odpadów powstających podczas wytwarzania oleju sojowego, charakteryzuje się dobrymi właściwościami funkcjonalnymi. Ze względu na zdolność do żelowania i emulgowania jest on określany jako potencjalny surowiec, który może być wykorzystywany do wytwarzania folii jadalnych. Folie wykonane na bazie izolatu białka sojowego mają żółte zabarwienie, są elastyczne i charakteryzują się znaczną barierowością wobec tlenu, natomiast niską – wobec pary wodnej. Ponadto mogą stanowić matrycę umożliwiającą dodatek związków bioaktywnych [50].

Zeina to białko otrzymywane z bielma kukurydzy. Stosowane do powlekania produktów żywnościowych wykazuje korzystny wpływ na utrzymanie barwy przy jednoczesnym zachowaniu jędrności świeżego produktu. Ze względu na hydrofobowy charakter stanowi dobrą barierę dla wody. Powłoki jadalne wykonywane na bazie zeiny i charakteryzujące się znacznym połyskiem umożliwiają uzyskanie oczekiwanej odporności na działanie tłuszczów. Powłoki te, stosowane na produktach spożywczych, zapewniają zachowanie odpowiedniej jakości produktu, działając jako dobra bariera w stosunku do tlenu. Zeina może stanowić perspektywiczny biopolimer stosowany w przemyśle spożywczym i żywieniowym ze względu na dostępność biodegradowalność oraz właściwości błonotwórcze [31].

### Tłuszcze

Filmy oraz powłoki jadalne otrzymywane na bazie lipidów w porównaniu z filmami i powłokami otrzymywanymi na bazie białek charakteryzują się doskonałymi właściwościami barierowymi w stosunku do wilgoci. Folie lipidowe są jednak wyjątkowo kruche, a ze względu na ich hydrofobowość charakteryzują się także większą grubością [28]. Lipidowe filmy i powłoki jadalne tworzy się z wosku pszczelego, wosku candelilla, wosku carnauba, szelaku bądź olejów roślinnych.

Wosk pszczeli stosuje się najczęściej do powlekania owoców i warzyw. Ma na celu ochronę przed utratą wody i przenikaniem drobnoustrojów, a tym samym zachowanie wysokiej jakości produktu przez jak najdłuższy czas. Woskowanie zapobiega utracie masy nawet o 50 %. Równocześnie powłoka z wosku pszczelego wpływa korzystnie na wygląd produktu poprzez zwiększenie jego połysku [32]. Ze względu na właściwości hydrofobowe wosk pszczeli stanowi doskonałą barierę dla wilgoci w wytwarzanych powłokach jadalnych [18].

Wosk candelilla jest jadalnym biodegradowalnym biopolimerem stosowanym do otrzymywania powłok jadalnych. Pozyskuje się go z rośliny *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. Wosk candelilla charakteryzuje się twardością pośrednią między woskiem carnauba a woskiem pszczelim i stanowi jedną z najlepszych barier dla wilgoci i gazów. Dodatek wosku candelilla stosuje się w celu zmniejszenia kruchości powłok i zwiększenia ich elastyczności poprzez zmniejszenie sił wewnątrzcząsteczkowych występujących w łańcuchach polimeru [3].

Wosk carnauba pozyskiwany z liści *Copernicia prunifera* jest najtwardszy z wosków. Jego dodatek do roztworu powłokotwórczego powoduje, że zmniejszona zostaje przepuszczalność pary wodnej oraz rozpuszczalność folii. Ponadto zastosowanie wosku carnauba do filmów z dodatkiem białek serwatkowych powoduje lepsze krycie folii, a także mniejsza wytrzymałość folii na rozciąganie [19].

Szelak należy do polimerów lipidowych i charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami barierowymi w stosunku do wilgoci, wynikającymi z wosku stanowiącego jego znaczny składnik. Produkty pokryte powłoką zawierającą szelak charakteryzują się błyszczącą powierzchnią, zwiększającą ich atrakcyjność. Wraz z wydłużaniem czasu ekspozycji produktu na promieniowanie UV tendencja do zmniejszania połysku jest nieznaczna. Powłoki szelakowe są często stosowane do powlekania różnego rodzaju produktów także dlatego, że umożliwiają uzyskanie znacznej przyczepności powłoki do produktu. Omawiane powłoki przejawiają również pewne wady. Charakteryzują się małą wytrzymałością mechaniczną, czego skutkiem może być tendencja do pęknięcia powłoki. Ponadto wraz ze wzrostem ilości zastosowanej powłoki smak produktu może ulec niekorzystnej zmianie. Obecność grup karboksylowych w strukturze szelaku wpływa na jego rozpuszczalność, która zachodzi już przy pH wynoszącym ok. 7 i może zwiększać się wraz ze wzrostem pH [37].



Oleje roślinne mogą być stosowane do wytwarzania emulsyjnych powłok jadalnych (np. w połączeniu z polisacharydami) i umożliwiają otrzymanie przezroczystych materiałów powłokotwórczych. Wyjątkiem jest stosowanie oleju z owoców olejowca gwinejskiego (*Elaeis guineensis*), który nadaje powłoce charakterystyczną pomarańczowo-czerwoną barwę, wynikającą z dużej zawartości karotenoidów. Korzystny wpływ na tworzenie powłok z olejami roślinnymi ma jednorodne rozproszenie mniejszych kropelek lipidów w emulsji, ponieważ zwiększona zostaje odporność powłoki na oddziaływanie pary wodnej [55].

#### *Powłoki wieloskładnikowe*

Materiałami powłokotwórczymi są również połączenia wieloskładnikowe węglowodanów, białek i tłuszczów. Do tworzenia powłok jadalnych spośród białek najczęściej stosuje się białka sojowe, albuminy, kolagen i białka mleka. Składnikami węglowodanowymi mogą być: skrobia wraz z produktami powstającymi podczas jej hydrolizy, metyloceluloza, hydroksypropyloceluloza, karboksymetyloceluloza lub metyloceluloza. Do lipidowych składników powłok jadalnych można zaliczyć wyższe kwasy tłuszczowe, mono-, di-, triacyloglicerole i oleje jadalne [20]. Wieloskładnikowe warstwy ochronne na warzywa i owoce powinny zawierać związki przypominające woski naturalne [34]. Taka wieloskładnikowa budowa powłok umożliwia uzyskanie warstw o oczekiwanych właściwościach użytkowych, a odpowiednio dobrany skład powłoki jadalnej wpływa na zmniejszenie ubytków wilgoci, powstawanie w naturalny sposób oczekiwanego składu atmosfery, a także zachowanie wartości odżywczej i prozdrowotnej produktu [33]. W celu zwiększenia funkcjonalności powłok stosuje się niewielkie dodatki jadalnych składników chemicznych (m.in. plastyfikatorów, emulgatorów, ekstraktów roślinnych, związków zapachowych) do błony lub matrycy powlekającej. Mogą one wpływać zarówno na wzmacnianie cech mechanicznych, zwiększanie przyczepności i stabilności, jak również na poprawę bezpieczeństwa i jakości żywności [30, 40]. Bezpieczeństwo żywności jest bowiem określane jako: ogół warunków, które muszą być spełnione, dotyczących w szczególności: stosowanych substancji dodatkowych i aromatów, poziomów substancji zanieczyszczających, pozostałości pestycydów, warunków napromieniania żywności, cech organoleptycznych i działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji lub obrotu żywności – w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka. Przykładowe składniki występujące w powłokach jadalnych i ich funkcje przedstawiono w tab. 1.

#### *Nowe źródła materiałów powłokotwórczych*

Rozwój wiedzy w dziedzinie materiałoznawstwa umożliwia tworzenie nowych powłok opakowaniowych, które nie wywierają szkodliwego wpływu na środowisko.

Tabela 1. Przykładowe składniki występujące w powłokach jadalnych i ich funkcje  
 Table 1. Examples of ingredients incorporated in edible coatings and their functions

Składnik powłoki Coating ingredient	Funkcja / Function	Lit. Ref.
Chitozan / Chitosan	Efekt przeciwwgrzybiczny / Antifungal effect	[61]
Nanocząsteczki tlenku cynku (ZnO) Zinc oxide nanoparticles (ZnO)	Wzmocnienie właściwości mechanicznych, strukturalnych oraz barierowych; działanie bakteriobójcze Strengthening mechanical, structural and barrier properties; bactericidal effect	[27]
Ekstrakt z zielonej herbaty Green tea extract	Efekt przeciwutleniający / Antioxidant effect	[58]
Alginian sodu Sodium alginate	Efekt bakteriobójczy oraz barierowy dla olejów Bactericidal and barrier effect to oils	[58]
Miód / Honey	Efekt przeciwbakteryjny / Antibacterial effect	[38]
Gluten pszeniczny / Wheat gluten	Efekt barierowy dla wody i tlenu Barrier effect to water and oxygen	[56]
Pullulan	Efekt barierowy dla tlenu / Barrier effect to oxygen	[2]
Alginiany / Alginates	Efekt barierowy dla olejów i tłuszczów Barrier effect to oils and lipids	[59]
Hydroksypropylometyloceluloza Hydroxypropyl methylcellulose	Efekt barierowy dla olejów / Barrier effect to oils	[35]
Białka mleka / Milk proteins	Efekt barierowy dla gazów / Barrier effect to gases	[64]
Wosk candelilla / Candlilla wax	Efekt barierowy dla wilgoci i gazów Barrier effect to moisture and gases	[3]
Szelak / Shellac	Efekt barierowy dla wilgoci / Barrier effect to moisture	[36]

Źródłem takich materiałów mogą być np. odpady pochodzące z przemysłu spożywczego, które do tej pory przysparzały wiele problemów związanych z utylizacją. Ich użycie ma na celu zastąpienie materiałów pochodzących z paliw kopalnych oraz źródeł określanych jako nieodnawialne [47].

Jako nowy materiał powłokotwórczy można zastosować mąki wytwarzane z roślin strączkowych. Charakteryzują się one nie tylko dobrymi właściwościami powłokotwórczymi, ale stanowią także cenne źródło białek, witamin oraz związków mineralnych. Przykładem wykorzystania takich surowców są jadalne powłoki wytworzone z mąki z zielonego groszku przez Giosafatto i wsp. [22], natomiast Díaz i wsp. [15] przygotowali powłoki bazujące na mące z ciecierzycy, określanej jako dobre źródło białek i węglowodanów, a także zawierającej znaczne ilości błonnika pokarmowego. Ciecierzycę, mimo że nie jest sklasyfikowana jako roślina oleista, zawiera więcej lipidów niż inne rośliny strączkowe. Z kolei do wytworzenia powłok jadalnych Ochoa-Yepes i wsp. [49] wykorzystali skrobię z manioku. Badacze zastosowali także dodatek mąki z soczewicy, jako produktu uzyskanego z pozostałości pochodzących z produkcji

białka z ziarna soczewicy, która charakteryzowała się znaczną zawartością błonnika pokarmowego (6,3 %). Jej dodatek spowodował, że uzyskane powłoki jadalne charakteryzowały się większą wytrzymałością na zerwanie, większą sprężystością oraz elastycznością. Wszystkie uzyskane powłoki uległy biodegradacji w ciągu 3 tygodni.

Do nowych źródeł materiałów błonotwórczych można zaliczyć mąkę bakłażanową, której Nouraddini i wsp. [47] użyli do tworzenia powłok jadalnych. Do części wytwarzanych powłok wymienił autorzy wykorzystali również dodatek skrobi kukurydzianej. Otrzymane powłoki z mąki bakłażanowej wykazywały zdolności błonotwórcze, lecz charakteryzowały się słabszymi właściwościami mechanicznymi i mniejszą przepuszczalnością pary wodnej w porównaniu z powłokami wytworzonymi z dodatkiem skrobi kukurydzianej. Przygotowane powłoki uległy całkowitej biodegradacji po upływie 14 dni. Ze względu na dużą zawartość przeciwutleniaczy mąka bakłażanowa może stać się w przyszłości poszukiwanym materiałem powłokotwórczym, zabezpieczającym produkty żywnościowe przed procesami utleniania.

Jak już nadmieniono, szczególne zainteresowanie wytwarzaniem powłok jadalnych wiąże się z pozostałościami pochodzącymi z przetwórstwa branży owocowo-warzywnej. Wynoszą one ok. 0,5 miliarda ton rocznie i są coraz częściej wykorzystywane do produkcji mąk. Można stwierdzić, że stanowią perspektywiczny surowiec do wytwarzania materiałów powłokotwórczych [54].

Andrade i wsp. [4] opracowali jadalne filmy, które zawierały mąkę wytworzoną z pozostałości owoców i warzyw. Filmy charakteryzowały się jednorodnością oraz cechowały się elastycznością, mimo że nie zawierały plastyfikatorów. Gutiérrez i wsp. [24] wykazali natomiast, że do wytwarzania materiałów powłokotwórczych można używać także odpadów powstających przy produkcji wina. Pozostałości, takie jak skórki i nasiona winogron, charakteryzujące się dużą zawartością składników odżywczych, wpływają na modyfikację właściwości strukturalnych i mechanicznych powłok jadalnych tworzonych na bazie skrobi. Występujący w odpadach winogron kwas cytrynowy charakteryzuje się zdolnością generowania reakcji sieciowania, które mogą zachodzić pomiędzy łańcuchami skrobiowymi a polifenolami i cukrami w tworzonych filmach jadalnych i działać jako środki plastyfikujące.

Jedną z najbardziej znanych naturalnych substancji dodatkowych do żywności jest guma arabska, charakteryzująca się właściwościami stabilizującymi, emulgującymi oraz wiążącymi. Z tego względu często jest stosowana jako dodatek do lodów, galaretek, syropów oraz gum do żucia. W ostatnich latach guma arabska była analizowana jako środek błonotwórczy w polewach cukierniczych [53]. Bnuyan i wsp. [11] dowiedli, że guma arabska zapobiega rozwojowi bakterii i grzybów, m.in.: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* i *Candida albicans*.

W porównaniu z gumą arabską skuteczniejszymi właściwościami emulgującymi odznacza się guma migdałowa, zawierająca przy tym dużo pierwiastków, m.in. sodu, potasu, magnezu, wapnia oraz żelaza. Guma migdałowa jest także dobrym źródłem przeciwutleniaczy i środków przeciwdrobnoustrojowych, które wpływają na zwiększenie aktywności biologicznej oraz właściwości funkcjonalnych żywności [8]. Guma migdałowa w przyszłości może stać się skutecznym substytutem gumy arabskiej i być powszechnie stosowana do powlekania owoców oraz warzyw podczas ich przechowywania po zbiorze [38].

#### *Plastyfikatory i dodatki funkcjonalne*

Do modyfikowania elastyczności powłok jadalnych często stosowane są plastyfikatory, czyli nielotne związki o małej masie cząsteczkowej dodawane bezpośrednio do mieszanin powłokotwórczych. Należą do nich m.in. glicerol, sorbitol, sacharoza, glikol polietylenowy, kwasy tłuszczowe oraz monoacyloglicerole charakteryzujące się małą masą cząsteczkową. W zależności od rodzaju powłoki zawartość plastyfikatora wynosi 10 ÷ 60 % [58]. Dodatek plastyfikatorów powoduje zmniejszenie sił międzycząsteczkowych występujących wzdłuż łańcuchów polimerowych, a uzyskane powłoki są bardziej elastyczne i rozciągliwe. Ograniczona zostaje możliwość kurczenia się podczas przenoszenia i przechowywania oraz pękanie powłok, lecz włączenie zbyt dużej ilości tych substancji do struktury może prowadzić do rozdziału fazowego oraz ich krystalizacji na powierzchni produktu końcowego [64].

Oprócz właściwości barierowych wobec gazów i wilgoci powłoki jadalne mogą być nośnikami substancji przeciwdrobnoustrojowych, zapobiegających rozwojowi bakterii patogennych, a także nośnikami przeciwutleniaczy, aromatów, barwników, enzymów i składników odżywczych, co według konsumentów zwiększa atrakcyjność produktu [7]. Zazwyczaj substancje o charakterze przeciwdrobnoustrojowym dodawane są bezpośrednio do żywności, przez co może nastąpić ograniczenie aktywności funkcjonalnej dodawanej substancji. Zatem zastosowanie powłoki może okazać się bardziej skuteczne niż bezpośredni dodatek takiej substancji do produktu, ponieważ substancje te mogą migrować selektywnie na powierzchnię żywności [26]. Wszystkie stosowane składniki niezbędne do przygotowania roztworów powłokotwórczych powinny mieć jak najmniejszy wpływ na jakość sensoryczną produktów. Istotne jest, aby zachowana została odpowiednia barwa powlekanego produktu, ponieważ jej zmiana może sugerować, że produkt utracił swoją świeżość lub jest niedojrzały [46].

#### **Metody powlekania**

Dobór techniki wytwarzania jest ważnym czynnikiem wpływającym na uzyskanie odpowiedniej przyczepności, trwałości i spójności stosowanych powłok jadalnych. Powłoki składające się z kilku warstw zwykle charakteryzują się większą wytrzymało-

ścią na rozciąganie od złożonych z jednej warstwy. W przypadku powłok wielowarstwowych mogą występować duże różnice energii powierzchniowej na granicy między warstwami, co skutkuje ich rozdzielaniem. Do metod wytwarzania powłok zalicza się wylewanie, powlekanie, ekstruzję i natryskiwanie [41].

Najczęściej stosowaną metodą otrzymywania powłok jadalnych w skali laboratoryjnej jest wylewanie, zwane również metodą na mokro. Polega ono na wylaniu przygotowanej wcześniej zawiesiny na płytce. Technika ta jest preferowana z tego względu, że umożliwia kontrolę grubości powłok poprzez odmierzenie pożądanej ilości zawiesiny umieszczanej na płytce. Nie jest jednak odpowiednią metodą do tworzenia błon o długości przekraczającej 25 - 30 cm, ponieważ wtedy trudniej kontrolować i uzyskać identyczną grubość powłok. Znacznemu wydłużeniu ulega także czas schnięcia powłok. W tej metodzie ważną rolę odgrywają warunki suszenia. Suszenie jest przeprowadzane w temperaturze pokojowej lub w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza, w której temperatura zazwyczaj osiąga poziom 30 - 40 °C, a czas suszenia wynosi 10 ÷ 24 h. Uniemożliwia to stosowanie tej techniki na skalę przemysłową. Istotne znaczenie w metodzie na mokro ma również dobór odpowiedniego rozpuszczalnika, plastyfikatora lub innych stosowanych dodatków [43]. Prowadzone są badania w kierunku skrócenia czasu suszenia materiałów powłokotwórczych poprzez zastosowanie wyższych temperatur i niższych wilgotności względnych środowiska w celu szerszego zastosowania powlekania w przemyśle spożywczym.

Podczas przeprowadzania procesu powlekania można zaobserwować występowanie dwóch zjawisk fizycznych – kohezji oraz adhezji. Kohezja jest zjawiskiem fizycznym występującym w strukturze powłoki, natomiast adhezja występuje pomiędzy powłoką i powierzchnią powlekanego produktu. Proces powlekania prowadzony jest przy użyciu powlekarek (proszkowe, strumieniowe oraz ślimakowe), a także innych urządzeń, m.in. wirówek, mieszalników i suszarek rozpyłowych [21].

Inną techniką stosowaną do utworzenia powłoki jest metoda natryskiwania, polegająca na rozprowadzaniu roztworu za pomocą dysz na powierzchni produktu żywnościowego. Metoda ta pozwala na uzyskiwanie jednolitych, jednowarstwowych lub wielowarstwowych powłok o dużych powierzchniach [52]. Dodatkowo, systemy natryskowe dzięki automatyzacji umożliwiają wykonywanie pracy w trybie ciągłym, nie powodują powstawania zanieczyszczeń w przygotowanych roztworach do powlekania i ułatwiają kontrolę ich temperatury. Na prawidłowy przebieg procesu istotny wpływ ma odpowiedni dobór dysz i właściwości stosowanej cieczy (lepkość, gęstość, napięcie powierzchniowe) [4].

Metodą produkcji folii jadalnych jest również proces ekstruzji, który może być prowadzony w ekstruderze. Stosuje się różne warunki oraz ślimaki o różnej prędkości, długości i średnicy. Różnice w parametrach procesu ekstruzji wynikają głównie z charakteru zastosowanych substancji, m.in. denaturacja termiczna białek jest różna. Białka

serwatkowe zaczynają denaturować w temp. 70 °C, podczas gdy gluten pszeniczny czy białka sojowe wymagają temp. 90 °C. Parametry uzależnione są jednak ściśle od składu surowcowego roztworów powłokotwórczych, w tym stężenia biopolimeru lub właściwości rozpuszczalnika. Istotny wpływ na przebieg procesu ma zastosowanie odpowiedniej temperatury oraz szybkości dodawania składników, takich jak np. stabilizatory, na początku i w trakcie przeprowadzania procesu wytwarzania powłok [66]. Proces ten umożliwia również przeprowadzenie procesu w sposób ciągły i jest odpowiedni do przetwarzania płynów charakteryzujących się znaczną lepkością. Różnice wynikające z zastosowania różnych prędkości ślimaka wpływają na możliwość kontrolowania czasu przebywania substancji w ekstruderze [12].

### **Zastosowanie powlekania w przemyśle spożywczym**

Po raz pierwszy powłoki jadalne znalazły zastosowanie w XII wieku w Chinach, gdzie odgrywały ważną rolę w ochronie powierzchni owoców cytrusowych i ograniczały ubytki masy. Pierwsze opakowanie jadalne wyprodukowane przy użyciu białek mleka sojowego miało miejsce na początku XV wieku w Japonii, natomiast w XIX wieku w Anglii powłoki zastosowano do ochrony produktów mięsnych. W branży owocowo-warzywnej powłoki wprowadzono w latach 30. XX w. Umożliwiały one naturalne oddychanie oraz zmniejszanie ubytku wody podczas transportu [17].

W przechowywalnictwie owoców i warzyw powłoki jadalne znalazły zastosowanie do modyfikacji atmosfery gazowej, ponieważ wpływają one m.in. na zmianę zawartości tlenu, a także na ograniczenie wytwarzania etylenu. Dzięki nim dochodzi również do zmniejszenia strat związków bioaktywnych w czasie przechowywania surowców [61]. Korzystnym efektem powlekania produktów jest także ochrona przed zmianą barwy czy występowaniem szkodliwej mikroflory na powierzchni oraz zapobieganie zmianom w naturalnym stanie owoców i warzyw [28]. Stwierdzono, że zastosowanie powłok jadalnych do nietrwałych i łatwo psujących się owoców i warzyw jest skuteczną i wydajną metodą z uwagi na niewielkie ilości roztworu powłokotwórczego w stosunku do masy powlekanych surowców. Metoda ta pozwala na zmniejszenie kosztów konserwowania produktów w porównaniu ze stosowaniem niskich temperatur oraz innych metod ochrony przed psuciem surowców podczas przechowywania i transportu [1].

W przemyśle mięsnym powłoki jadalne stosuje się do produktów świeżych i mrożonych, pochodzących z mięsa, drobiu i ryb. Mają one postać osłonek umieszczanych m.in. na powierzchni kabanosów czy kiełbas. Stanowią równocześnie alternatywę dla ich konwencjonalnych odpowiedników i chemicznych konserwantów. Powłoki jadalne stosowane do mięs są nośnikami środków przeciwdrobnoustrojowych, zapobiegają utracie wilgoci w czasie przechowywania, a także umożliwiają zachowanie soczystości po zapakowaniu i absorpcję obcych zapachów [10].

Wraz z postępowaniem technologii dąży się do ulepszania materiałów i składników powłok, aby zwiększyć ich skuteczność, dlatego też stosowane są kombinacje jadalnej powłoki połączonej z oddziaływaniem promieniowania w celu przedłużenia okresu przydatności do spożycia owoców. Obecnie w powlekanii żywności coraz częściej stosowane są również dodatki olejków eterycznych do roztworów błonotwórczych, m.in. tymianku i trawy cytrynowej. Ich dodatek wzbogaca produkt o właściwości przeciwwgrzybowe oraz przeciwbakteryjne. Olejki eteryczne charakteryzują się jednak silnym aromatem i dużą lotnością, co może mieć wpływ na zmianę właściwości sensorycznych świeżych produktów. Zastosowanie znajduje tu np. nanotlenek krzemu w celu przedłużenia trwałości produktów.

Większość przedstawionych innowacyjnych metod powlekania żywności nie jest obecnie stosowana w skali przemysłowej ze względu na nieopłacalność ekonomiczną bądź wstępny etap ich rozwoju. Oczekuje się zatem dalszego postępu, który będzie obejmował stosowanie nowych materiałów powłokotwórczych oraz optymalizację kosztów przy osiągnięciu pożądanego efektu zapewniającego utrzymanie jakości powlekanych produktów żywnościowych [39].

Funkcjonalizacja nanostruktur umożliwia m.in. poprawę kompatybilności składników wchodzących w skład powłok jadalnych z powierzchnią produktów żywnościowych. Oprócz tego możliwe jest stopniowe uwalnianie składników z nanostruktury podczas przechowywania i dystrybucji żywności. Przewidywany jest rozwój kompozytowych powłok jadalnych, które będą zawierały co najmniej dwie nanostruktury. Dzięki temu możliwe będzie otrzymywanie modyfikowanych właściwości barierowych określonych produktów, walorów smakowo-zapachowych, a także zwiększenie ich wartości odżywczej. Obecnie brakuje przepisów, które jednoznacznie określą ryzyko związane ze stosowaniem nanomateriałów, lecz uznaje się, że wszystkie występujące skutki toksykologiczne zależą od parametrów fizykochemicznych stosowanych nanomateriałów [23].

## **Podsumowanie**

Najczęściej stosowanymi materiałami do otrzymywania powłok jadalnych są białka, tłuszcze oraz węglowodany, a wykonane z nich opakowania jadalne zapewniają odpowiedni wygląd i bezpieczeństwo żywności. Znajdują zastosowanie w wielu branżach przemysłu spożywczego, m.in. mięsnej, owocowo-warzywnej lub cukierniczej. Powłoki jadalne mogą być wzbogacane w substancje wpływające na ograniczenie rozwoju drobnoustrojów, substancje przeciwutleniające, enzymy oraz składniki odżywcze. Dodatek witamin oraz probiotyków powoduje zwiększenie wartości odżywczej powlekanego produktu żywnościowego. Przy wytwarzaniu powłok jadalnych niezbędna jest znajomość składu chemicznego stosowanych materiałów powłokotwórczych oraz

techniki ich otrzymywania. Brak doboru odpowiednich właściwości może wpływać w sposób niekorzystny na akceptację konsumentów.

### Literatura

- [1] Akhtar J., Omre P.K., Azad Z.R.A.A.: Edible coating for preservation of perishable foods: A review. *J. Ready Eat Food*, 2015, 2 (3), 81-88.
- [2] Alizadeh-Sani M., Ehsani A., Kia E.M., Khezerlou A.: Microbial gums: Introducing a novel functional component of edible coatings and packaging. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2019, 103 (17), 6853-6866.
- [3] Alvarez-Perez O.B., León-Zapata M.A., Molina R.R., Ventura-Sobrevilla J., Aguilar-González M.A., Aguilar C.N.: Functionality features of candelilla wax in edible coatings. In: *Handbook of Research on Food Science and Technology*. Ed. M.L. Chávez-González, J.J. Buenrostro-Figueroa, C.N. Aguilar. Apple Academic Press, Oakville, Canada, 2019, pp. 227-240.
- [4] Andrade R.M.S., Ferreira S.L., Gonçalves É.B.A.: Development and characterization of edible films based on fruit and vegetable residues. *J. Food Sci.*, 2016, 81, 412-418.
- [5] Arnon-Rips H., Poverenov E.: Improving food products' quality and storability by using layer by layer edible coatings. *Trends Food Sci. Technol.*, 2018, 75, 81-92.
- [6] Avramescu S.M., Butean C., Popa C.V., Ortan A., Moraru I., Temocico G.: Edible and functionalized films/coatings – performances and perspectives. *Coatings*, 2020, 10 (7), 1-45.
- [7] Bakhy E.A., Zidan N.S., Aboul-Anean H.E.D.: Effect of nano materials on edible coating and films' improvement. *Int. J. Pharm. Res. Allied Sci.*, 2018, 7(3), 20-41.
- [8] Bashir M., HariPriya S.: Assessment of physical and structural characteristics of almond gum. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2016, 93, 476-482.
- [9] Basiak E., Lenart A.: Powłoki skrobiowe stosowane w opakownictwie żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 1 (86), 21-31.
- [10] Bhagath Y.B., Manjula K.: Influence of composite edible coating systems on preservation of fresh meat cuts and products: A brief review on their trends and applications. *Int. Food Res. J.*, 2019, 26 (2), 377-392.
- [11] Bnuyan I.A., Hindi N.K.K., Mayshadijebur, Mahdi M.A.: *In vitro* antimicrobial activity of gum arabic (Al. Manna and Tayebat) prebiotics against infectious pathogens. *Int. J. Pharm. Pharmac. Res.*, 2015, 3 (3), 77-85.
- [12] Calderon-Castro A., Vega-Garcia M., Zazueta-Morales J.J., Fitch-Vargas P.R., Carrillo-Lopez A., Gutierrez-Dorado R., Limon-Valenzuela V., Aguilar-Palazuelos E.: Effect of extrusion process on the functional properties of high amylose corn starch edible films and its application in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *J. Food Sci. Technol.*, 2018, 3 (55), 905-914.
- [13] Chiralt A., González-Martínez C., Vargas M., Atarés L.: Edible films and coatings from proteins. *Proteins Food Process.*, 2018, 477-500.
- [14] Dehghani S., Hosseini S.V., Regenstein J.M.: Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chem.*, 2018, 240, 505-513.
- [15] Díaz O., Ferreira T., Rodríguez-Otero J.L., Cobos A.: Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour films: Effects of pH and plasticizer concentration. *Int. J. Mol. Sci.*, 2019, 20, 1246-1262.
- [16] Eom H., Chang Y., Lee E., Choi H.D.: Development of a starch/gum based edible coating for rice cakes to retard retrogradation during storage. *Food Sci. Technol.*, 2018, 97, 516-522.
- [17] Erkmen O., Barazi A.O.: General characteristics of edible films. *J. Food Biotechnol. Res.*, 2018, 2, 1-4.



- [18] Foo S.Y., Hanani Z.A.N., Rozzamri A., Ibadullah W.Z.W., Ismail-Fitry M.R.: Effect of chitosan-beeswax edible coatings on the shelf-life of sapodilla (*Achras zapota*) fruit. *J. Packaging Technol. Res.*, 2019, 3, 27-34.
- [19] Freitas C.A.S., Sousa P.H.M., Soares D.J., Silva J.Y.G., Benjamin S.R., Guedes M.I.F.: Carnauba wax uses in food – A review. *Food Chem.*, 2019, 291, 38-48.
- [20] Galus S., Kadzińska J.: Food application of emulsion-based edible films and coatings. *Trends Food Sci. Technol.*, 2015, 45 (2), 273-283.
- [21] Galus S., Lenart A.: Wpływ powlekania na stabilność żywności. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2019, 2, 106-114.
- [22] Giosafatto C.V.L., Al-Asmar A., D'Angelo A., Roviello V., Esposito M., Mariniello L.: Preparation and characterization of bioplastics from grass pea flour cast in the presence of microbial transglutaminase. *Coatings*, 2018, 8 (12), 435-447.
- [23] González-Reza R.M., García-Betanzos C.I., Sánchez-Valdes L.I., Quintanar-Guerrero D., Cornejo-Villegas M.A., Zambrano-Zaragoza M.L.: The functionalization of nanostructures and their potential applications in edible coatings. *Coatings*, 2018, 8 (5), 1-24.
- [24] Gutiérrez T.J., Herniou-Julien C., Álvarez K., Alvarez V.A.: Structural properties and *in vitro* digestibility of edible and pH-sensitive films made from guinea arrowroot starch and wastes from wine manufacture. *Carbohyd. Polym.*, 2018, 184, 135-143.
- [25] Hashim P., Ridzwan M.M.S., Bakar J., Hashim D.M.: Collagen in food and beverage industries. *Int. Food Res. J.*, 2015, 22 (1), 1-8.
- [26] Hassan B., Chatha S.A.S., Hussain A.I., Zia K.M., Akhtar N.: Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018, 109, 1095-1107.
- [27] Jamróz E.: Charakterystyka folii otrzymanych z biopolimerów z dodatkiem olejków eterycznych. *Polimery*, 2017, 62 (2), 428-433.
- [28] Kadzińska J., Janowicz M., Kalisz S., Bryś J., Lenart A.: An overview of fruit and vegetable edible packaging materials. *Packag. Technol. Sci.*, 2019, 32, 483-495.
- [29] Kadzińska J., Janowicz M., Kalisz S., Sitkiewicz I., Mika M.: Wpływ obecności powłok jadalnych na zmiany właściwości owoców dyni w czasie przechowywania. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2017, 2, 37-45.
- [30] Kamboj S., Gupta N., Bandral J.D., Gandotra G., Anjum N.: Food safety and hygiene: A review. *Int. J. Chem. Stud.*, 2020, 8 (2), 358-368.
- [31] Kasaai M.R.: Zein and zein-based nano materials for food and nutrition applications: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2018, 79, 184-197.
- [32] Khedr E.H.: Maintaining valencia orange quality during shelf life using different waxes. *J. Postharvest Technol.*, 2018, 6 (3), 31-43.
- [33] Kowalczyk D.: Wpływ jadalnej powłoki białkowo-woskowej na trwałość pozbiorną kapusty brukselskiej przechowywanej w symulowanych warunkach obrotu towarowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 6 (79), 177-191.
- [34] Kozłowicz K., Sułkowska M., Kluza F.: Powłoki jadalne i ich wpływ na jakość i trwałość owoców i warzyw. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 2011, 10 (3-4), 35-45.
- [35] Lin M.G., Lasekan O., Saari N., Khairunniza-Bejo S.: Effect of chitosan and carrageenan-based edible coatings on post-harvested longan (*Dimocarpus longan*) fruits. *CyTA – J. Food*, 2018, 16 (1), 490-497.
- [36] Lopez-Polo J., Silva-Weiss A., Zamorano M., Osorio F.A.: Humectability and physical properties of hydroxypropyl methylcellulose coatings with liposome-cellulose nanofibers: Food application. *Carbohyd. Polym.*, 2019, 231, 1-37.

- [37] Luangtana-anan M., Limmatvapirat S.: Shellac-based coating polymer for agricultural applications. *Polymers for Agri-Food Applications*, 2019, 487-524.
- [38] Mahfoudhi N., Hamdi S.: Use of almond gum and gum arabic as novel edible coating to delay post-harvest ripening and to maintain sweet cherry (*Prunus avium*) quality during storage. *J. Food Process Pres.*, 2015, 39, 1499-1508.
- [39] Maringgal B., Hashim N., Tawakkal I.S.M.A., Mohamed M.T.M.: Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends Food Sci. Technol.*, 2020, 96, 253-267.
- [40] McHugh T.H., Avena-Bustillos R.J.: Novel food processing innovations to improve food safety and health. *Prog. Nutr.*, 2011, 13 (3), 146-154.
- [41] Mellinas C., Valdes A., Ramos M., Burgos N., Garrigos M.: Active edible films: Current state and future trends. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2015, 133 (2), 1-15.
- [42] Minh N.P., Vo T.T., Dung H.T.B., Ngoe T.T.B., Duong L.C., Nghi T.T.: Preservation of jackfruit bulb by transglutaminase crosslinked whey protein/pectin as edible film coating. *J. Pharm. Sci. Res.*, 2019, 11 (4), 1401-1405.
- [43] Moraes J.O., Scheibe A.S., Sereno A., Laurindo J.B.: Scale-up of the production of cassava starch based films using tape-casting. *J. Food Eng.*, 2013, 119, 800-808.
- [44] Nair M.S., Tomar M., Punia S., Kukula-Koch W., Kumar M.: Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2020, 164, 304-320.
- [45] Ncama K., Magwaza L.S., Mditshwa A., Tesfay S.Z.: Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging Shelf Life*, 2018, 16, 157-167.
- [46] Nor S.M., Ding P.: Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. *Food Res. Int.*, 2020, 134, 1-17.
- [47] Nouraddini M., Esmaili M., Mohtarami F.: Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018, 120, 1639-1645.
- [48] Nouri A., Yaraki M.T., Lajevardi A., Rahimi T., Tanzifi M., Ghorbanpour M.: An investigation of the role of fabrication process in the physicochemical properties of  $\kappa$ -carrageenan-based films incorporated with *Zataria multiflora* extract and nanoclay. *Food Packaging Shelf Life*, 2020, 23, 1-9.
- [49] Ochoa-Yepes O., Medina-Jaramillo C., Guz L., Famá L.: Biodegradable and edible starch composites with fiber-rich lentil flour to use as food packaging. *Starch/Straerke*, 2018, 70 (7-8), 1-34.
- [50] Paglione I.S., Galindo M.V., Souza K.C., Yamashita F., Grosso C.R.F., Sakanaka L.S., Shirai M.A.: Optimization of the conditions for producing soy protein isolate films. *Emir. J. Food Agric.*, 2019, 31 (4), 297-303.
- [51] Panahirad S., Naghshiband-Hassani R., Bergin S., Katam R., Mahna N.: Improvement of postharvest quality of plum (*Prunus domestica* L.) using polysaccharide-based edible coatings. *Preprints*, 2020, 1-31.
- [52] Parreidt T.S., Müller K., Schmid M.: Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*, 2018, 7, 1-38.
- [53] Patel S., Goyal A.: Applications of natural polymer gum arabic: A review. *Int. J. Food Prop.*, 2015, 18, 986-998.
- [54] Roberta M.S.A., Ferreira M.S.L., Goncalves E.C.B.A.: Development and characterization of edible films based on fruit and vegetable residues. *J. Food Sci.*, 2016, 81 (2), 1-7.
- [55] Rodrigues D.C., Cunha A.P., Brito E.S., Azeredo H.M.C., Gallão M.I.: Mesquite seed gum and palm fruit oil emulsion edible films: Influence of oil content and sonication. *Food Hydrocolloids*, 2016, 56, 227-235.

- [56] Salama H.E., Abdel Aziz M.S., Alsehli M.: Carboxymethyl cellulose/sodium alginate/chitosan biguanidine hydrochloride ternary system for edible coatings. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, 139, 614-620.
- [57] Scartazzini L., Tosati J.V., Cortez D.H.C., Rossi M.J., Flores S.H., Hubinger M.D., Di Luccio M., Monteiro A.R.: Gelatin edible coatings with mint essential oil (*Mentha arvensis*): Film characterization and antifungal properties. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 56 (9), 4045-4056.
- [58] Sharma P., Kehinde B.A., Kaur S., Vyas P.: Application of edible coatings on fresh and minimally processed fruits: A review. *Nutr. Food Sci.*, 2019, 49 (4), 713-738.
- [59] Shendurse A.M., Gopikrishna G., Patel A.C., Pandya A.J.: Milk protein based edible films and coatings – preparation, properties and food applications. *J. Nutr. Health Food Eng.*, 2018, 8 (2), 219-226.
- [60] Siracusa V., Romani S., Gigli M., Mannozi C., Cecchini J.P., Tylewicz U., Lotti N.: Characterization of active edible films based on citral essential oil, alginate and pectin. *Materials*, 2018, 11 (10), 1-14.
- [61] Sucheta K., Chaturvedi K., Sharma N., Kumar Yadav S.: Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improves sensory liking of tomatoes. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, 133, 284-293.
- [62] Suki F.M.M., Ismail H., Hamid Z.A.A.: Preparation and properties of polyvinyl alcohol/banana frond flour biodegradable film. *Progress Rubber, Plastics Recycl. Technol.*, 2013, 2 (30), 103-114.
- [63] Valdés A., Burgos N., Jiménez A., Garrigós M.C.: Natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings*, 2015, 5, 865-886.
- [64] Vieira M.G.A., Silva M.A., Santos L.O., Beppu M.M.: Natural based plasticizers and biopolymer films. *Eur. Polym. J.*, 2011, 47, 254-263.
- [65] Zhang X., Zhang X., Liu X., Du M., Tian Y.: Effect of polysaccharide derived from *Osmunda japonica* Thunb-incorporated carboxymethyl cellulose coatings on preservation of tomatoes. *J. Food Process Pres.*, 2019, 43 (12), 1-8.
- [66] Zink J., Wyrobnik T., Prinz T., Schmid M.: Physical, chemical and biochemical modifications of protein-based films and coatings. An extensive review. *Int. J. Mol. Sci.*, 2016, 17, 1-45.

## FOOD COATING – MATERIALS, METHODS AND APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY

### S u m m a r y

Food coating is used to extend the shelf life of many non-durable, perishable raw materials and food products. Edible coatings can prevent changes in colour or texture, growth of undesirable microorganisms and loss of vitamins or minerals. They should minimize negative effects of solar radiation and moisture. Thus, edible coatings and films may contribute to the increasing of the quality and safety of food. The development of edible packaging may be a beneficial and over time, an indispensable alternative to synthetic packaging for inter alia economic and health reasons. Biodegradable edible coatings are more and more often used in many sectors of the food industry in order to reduce both the number of unit packaging and the growing amounts of environment polluting waste. As regards food coatings, new solutions are still sought that would make it possible to produce coatings with the expected functional properties. Antimicrobial substances or nanomaterials included in edible coatings might increase the area of applications thereof and determine the acceptance of such products by consumers. Currently intensive scientific studies are carried out in order to develop effective methods of producing edible coatings and films and to modify their functional properties. In the paper, there were presented profiles of the hitherto used and novel film-

forming materials. The methods of their production were characterised as were their applications in the food industry.

**Key words:** food coating, edible coatings, edible films, food quality ☒



UNIWERSYTET  
PRZYRODNICZY  
WE WROCŁAWIU



Polskie Towarzystwo Technologów Żywności  
Oddział Wrocławski

zaprasza na

**XXV Jubileuszową  
Sesję Naukową Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ  
„Przyszłość w żywności – żywność w przyszłości”**

oraz

**VIII International Session of Young Scientific Staff  
„The future in food - food in the future”**

**Wrocław, 20-21 maja 2021 r.**

Informacje: <https://smkn2020.wordpress.com>  
Kontakt: dr inż. Anna Kancelista  
tel. (71) 320-77-73 / (71) 320-51-83  
e-mail: xxvsmknwroclaw@gmail.com