

Karolina Tarapata

Zakłady Przemysłu Cukierniczego „Otmuchów” SA
e-mail: karolina_tarapata@wp.pl

Tomasz Lesiów

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: tomasz.lesiow@ue.wroc.pl
ORCID: 0000-0002-1284-5874

ZMIANY ZACHODZĄCE W OWOCACH I WARZYWACH W ŁAŃCUCHU LOGISTYCZNYM I SPOSOBY ICH OGRANICZANIA. CZĘŚĆ 1

CHANGES IN FRUIT AND VEGETABLES IN THE LOGISTICAL CHAIN AND METHODS TO PREVENT THEM. PART 1

DOI: 10.15611/nit.2021.37.11

JEL Classification: Q19

Streszczenie: Celem pracy było przedstawienie zmian zachodzących w owocach i warzywach podczas zbioru u producenta rolnego, w czasie transportu i magazynowania, podczas przetwarzania u przetwórcy, w hurtie i sprzedaży detalicznej oraz u konsumenta, a ponadto omówienie możliwości ograniczenia tych zmian w poszczególnych ogniwach łańcucha logistycznego. Trwałość oraz jakość owoców i warzyw jest uzależniona od wielu czynników – rodzaju surowca, procesów, którym są poddawane podczas przetwarzania, prawidłowości stosowanych procedur i konieczności ich kontroli, jak również wykorzystania nowoczesnych technologii pakowania. Na wymienione cechy można oddziaływać poprzez optymalizację warunków przechowywania i transportu, zastosowanie poprawnych metod utrwalania oraz wykorzystanie opakowań chroniących i konserwujących.

Słowa kluczowe: owoce, warzywa, łańcuch logistyczny, metody utrwalania, nowoczesne opakowania.

Abstract: The work describes the changes in fruit and vegetables during harvesting at the farm producer, transport and storage, processing at the processor, wholesale and retail, and consumer. It also discusses how to reduce changes in fruit and vegetables along the logistics chain, i.e. by optimizing storage and transport conditions, applying preservation methods, and using protective and preservative packaging. The shelf life and quality of fruit and vegetables depend on many factors, the nature of the raw material, the processing processes,

the correctness of the methods used and the need for their control, and modern packaging technologies.

Keywords: fruit and vegetables, logistics chain, preservation, active packaging, edible films and coatings.

1. Wstęp

Według piramidy zdrowego żywienia Światowej Organizacji Zdrowia warzywa i owoce powinny stanowić podstawę diety. Ich minimalne dzienne spożycie powinno wynosić 400 g, które to należy spożyć w co najmniej 5 porcjach. Owoce i warzywa dostarczają niezbędnych dla życia substancji, tj. węglowodanów i białka, które są źródłem energii. Produkty roślinne zawierają 1-2% białka. Warzywa bogate w białko, w których jego zawartość sięga 6%, to m.in. bób, brukselka i zielony groszek. Owoce i warzywa są dobrym źródłem witamin, antyoksydantów (związki fenolowe i karotenoidy), flawonoidów, błonnika pokarmowego, mikro- i makroelementów, substancji aromatycznych oraz wody, która jest ich głównym składnikiem (ok. 75-95%). Ze względu na duży udział wody produkty te zalicza się do produktów niskokalorycznych (Kunachowicz, Nadolna, Iwanow i Przygoda, 2017). Ilość błonnika pokarmowego w warzywach mieści się w przedziale od 0,5 do 6%, znaczenie ma tutaj stopień dojrzałości rośliny. Zawartość składników mineralnych w warzywach waha się od 0,5-2,5%, przy czym przyswajalność jest ograniczona (Gwóźdź i Gębczyński, 2015; Raghav, Agarwal i Saini, 2016).

Należy zatem podkreślić, że owoce i warzywa powinny stanowić podstawę diety nie tylko ze względu na swoje walory smakowe i żywieniowe, ale także na znaczenie prozdrowotne dla organizmu ludzkiego. Zapobiegają one chorobom i infekcjom, wzmacniają odporność, wspomagają trawienie, mają działanie antyoksydacyjne, a także chronią serce i układ krążenia. Odgrywają dużą rolę w ochronie przed występowaniem nowotworów (Wawrzyniak, Krotki i Stoparczyck, 2011; Hassan, Chatha, Hussain, Zia i Akhtar, 2018). Spożywanie warzyw i owoców, przy jednoczesnym ograniczeniu tłuszczów, w większym stopniu przeciwdziała otyłości niż samo ograniczenie tłuszczów. Dzięki swoim walorom smakowo-zapachowym, barwie i konsystencji podnoszą atrakcyjność potraw (Gwóźdź i Gębczyński, 2015).

Owoce i warzywa łatwo się psują, a po zbiorze ulegają znacznym stratom spowodowanym przez drobnoustroje, owady, procesy oddychania i transpiracji (Hassan i in., 2018).

Na wygląd owoców i warzyw oraz ich teksturę ma wpływ wiele czynników, takich jak genetyczne, środowiskowe, zabiegi w trakcie zbioru i po zbiorze oraz warunki przechowywania. Według Porta i in. (2013) znajomość procesów prowadzących do modyfikacji wyglądu i tekstury ma kluczowe znaczenie w opracowywaniu skutecznych metod, aby im przeciwdziałać, a tym samym poprawić jakość i trwałość tych produktów.

Niewłaściwa temperatura przechowywania, skład gazowy atmosfery, długi transport, opakowanie niespełniające swojej funkcji to aspekty, które również mają wpływ na stan owoców i warzyw. Niektóre z nich mogą powodować niekorzystne zmiany w owocach i warzywach, pogarszając ich jakość, zmniejszając wartości odżywcze i wywołując choroby, co może być niebezpieczne dla zdrowia ludzkiego. Są to m.in.: pozostałości po pestycydach, środkach myjących i dezynfekujących, metale toksyczne przedostające się z gleby, szkodniki, toksyny wydzielane przez drobnoustroje i ciała obce przedostające się do produktów wskutek nieprzestrzegania zasad higieny procesów przetwórczych (Kołóżyn-Krajewska, 2019).

Pomimo świadomości, jak ważne jest znaczenie owoców i warzyw w diecie człowieka, konsumenci nie w pełni zdają sobie sprawę z zagrożeń dla ich jakości, które mogą pojawić się na każdym etapie łańcucha logistycznego, poczynając od rozwoju owoców i warzyw po ich sprzedaż i przechowywanie w domu.

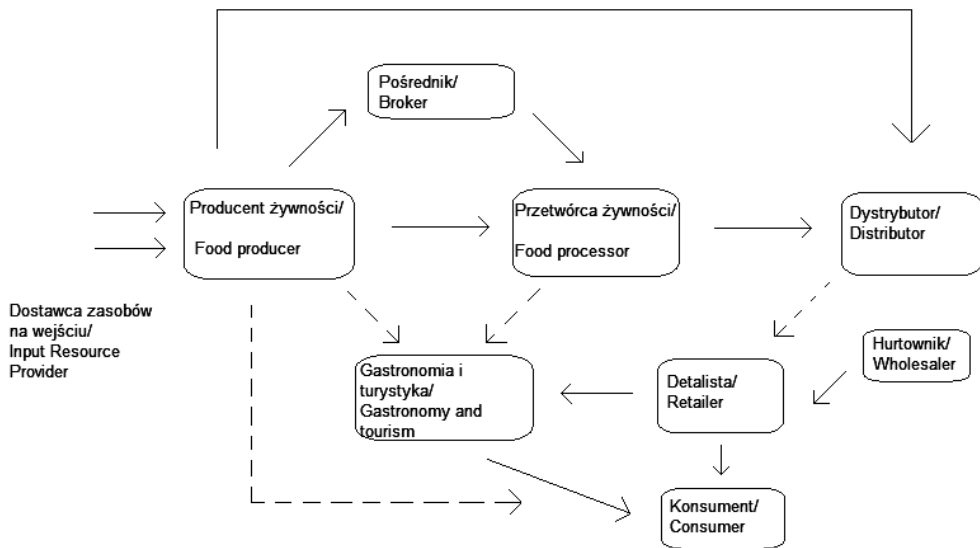
Celem pracy było przedstawienie zmian zachodzących w owocach i warzywach oraz czynników, od których one zależą w poszczególnych ogniwach łańcucha logistycznego – od pola do stołu.

2. Zmiany zachodzące w owocach i warzywach w poszczególnych ogniwach łańcucha logistycznego

Łańcuch dostaw żywności to połączenie procesów operacji i podmiotów służących przekształcaniu żywności. Jest to skomplikowana sieć połączonych ze sobą elementów, których celem jest zaspokojenie potrzeb konsumentów. Łańcuch dostaw żywności łączy ze sobą trzy sektory gospodarki – rolnictwo, przetwórstwo spożywcze i dystrybucję. Rozpoczyna się od producenta, następnie trafia do przetwórcy, dystrybutora i detalisty, sprzedawcy, organizacji usługowej, a na końcu do konsumenta. Przechodzenie żywności przez kolejne etapy jest wspomagane przez różne organizacje handlowe i usługowe.

Na rysunku 1 przedstawiono podmioty uczestniczące w standardowym łańcuchu dostaw żywności (Dani, 2016).

Łańcuchy dostaw żywności zaczynają się od producentów dostarczających żywność w formie nieprzetworzonej, tj. świeże owoce i warzywa. Producenci żywności to najczęściej rolnicy posiadający gospodarstwa rolne, które mogą być zarówno niewielkimi przedsiębiorstwami, jak i ogromnymi korporacjami. Do tej grupy podmiotów zaliczają się jeszcze dostawcy środków produkcji wykorzystywanych w rolnictwie, takich jak nasiona, nawozy, pestycydy oraz sprzęt, a także właściciele ziemi, która wykorzystywana jest pod uprawę roślin (Dani, 2016). Podaż na rynku owocowym i warzywnym jest silnie związana z warunkami klimatycznymi. Obserwując dane statystyczne, można zauważyć zmienność zbiorów w poszczególnych latach. W warunkach klimatu umiarkowanego Polski uprawianych jest niewiele gatunków drzew owocowych i krzewów – przeważnie są to jabłonie, śliwy, grusze, czereśnie, a także maliny i porzeczki. Najczęściej uprawiane warzywa gruntowe to: ziemniaki,



Rys. 1. Ogniw w łańcuchu dostaw żywności

Fig. 1. Stakeholders in the food supply chain

Źródło/Source: (Dani, 2016).

kapusta, marchew, cebula, buraki, a dojrzewające pod osłonami to przede wszystkim pomidory i ogórki (Tokarska, 2010).

2.1. Zmiany zachodzące w warzywach i owocach podczas dojrzewania i przechowywania

Przemiany, jakim podlegają owoce i warzywa w trakcie wzrostu i dojrzewania, mają wieloraki charakter. W owocach zmienia się barwa skórki, zmniejsza się jędrność i zawartość skrobi, a jednocześnie zwiększa ilość cukrów. Ogólnie owoce późno dojrzewające zawierają większą ilość cukrów. Powstają olejki eteryczne, które nadają charakterystyczny aromat. Wraz z dojrzałością owoców zwiększa się stężenie etylenu w komorach nasiennych. Barwa owoców zmienia się z zielonej w żółtą, czerwoną, a nawet czarną, w zależności od odmiany i gatunku. Odpowiedzialne są za to barwniki: karotenoidy, chlorofile, antocyjany. Antocyjany, dominujące pigmenty wielu owoców i kwiatów, mogą być żółte, pomarańczowe, czerwone, fioletowe albo niebieskie.

Zmiana barwy może być wykorzystywana do określenia terminu zbioru. Istnieją różne metody oceny dojrzałości zbiorczej owoców i warzyw. Podstawową metodą jest obserwacja owoców i warzyw, np. warzywa korzeniowe zbierane są, kiedy korzeń jest dobrze wyrośnięty, o charakterystycznym kształcie, a liście lekko przebarwione. Do określania dojrzałości np. jabłek wykorzystuje się pomiar jędrności

owoców, inną metodą zaś jest zbadanie stężenia cukrów za pomocą refraktometru (Kutkowski, 2007).

Po sezonowym zbiorze warzywa i owoce są kierowane do przechowywania lub do przetwarzania, aby mogły być dostępne przez cały rok. Podczas przechowywania owoców i warzyw zachodzi wiele procesów, między innymi takie, jak:

- oddychanie,
- wzrost i rozwój,
- dojrzewanie i przejrzenie,
- transpiracja,
- choroby infekcyjne i fizjologiczne,
- zmiany składu chemicznego (Zin, 2008).

Oddychanie odgrywa ważną rolę w fizjologii zebranych płodów rolnych. Powoduje ono utratę substancji zapasowych, co przyspiesza starzenie się i zmniejszenie wartości odżywczej oraz zmianę aromatu i smaku. Prowadzi także do wydzielania ciepła do otoczenia i w konsekwencji zwiększa tempo procesów życiowych. Na intensywność oddychania owoców i warzyw wpływ ma gatunek, faza dojrzałości, światło, temperatura, zawartość wody oraz skład gazowy atmosfery.

Warzywa po zbiorze często nie kończą jeszcze swojego wzrostu. Ich komórki w dalszym ciągu mogą się dzielić i wydłużać, np. w przypadku marchwi wyrastają korzenie boczne i liście. W czasie magazynowania rośliny oddychają, zużywając składniki zapasowe i wytwarzając ciepło i ditlenek węgla. Stopień dojrzałości surowców roślinnych (owoce i warzywa) ma wpływ na intensywność oddychania – im są młodsze, tym szybciej oddychają. Podwyższenie temperatury powoduje wzrost tempa oddychania. Światło przyspiesza oddychanie. Podobnie działa promieniowanie elektromagnetyczne powyżej 5 kGy, natomiast promieniowanie poniżej 1 kGy skutecznie spowalnia proces kiełkowania. Im więcej wody zawierają owoce i warzywa, tym proces oddychania jest szybszy. Z kolei transpiracja to wydzielanie wody podczas przechowywania. Proces ten zależy od dojrzałości surowca, temperatury i wilgotności względnej powietrza. Ruch powietrza przyspiesza transpirację i jest wskazany na początku przechowywania (Przechowalnictwo Żywności, 2017).

W czasie magazynowania warzyw i owoców maleje ich odporność na czynniki chorobotwórcze. Ze względu na to, że warzywa i owoce zawierają dużo wody i związków pokarmowych, są doskonałą pożywką dla bakterii i grzybów. Na skutek kontaktów z czynnikami chorobotwórczymi następuje nasilenie oddychania, utrata turgoru i pogorszenie jakości. Niektóre patogeny wytwarzają szkodliwe dla człowieka toksyny, np. mykotoksyny.

Niektóre choroby warzyw zaczynają się już w fazie ich rozwoju na polu uprawnym, przykładem jest biała zgnilizna cebuli i zgnilizna twardzikowa warzyw korzeniowych – zaatakowane miejsca pokrywają się białą watowatą grzybnią. Najgroźniejszą chorobą cebuli, pora i czosnku, na którą mogą być narażone podczas ich przechowywania, jest szara pleśń, inaczej zgnilizna szyjki. Z kolei chorobą, która najczęściej atakuje pomidory i paprykę, jest szara pleśń. Objawia się małymi, kremowymi plamkami, które

szybko powiększają się do okrągłych wodnistych plam. Na porażonej powierzchni pojawia się szary nalot grzybni zarodników. U pomidora porażenie zaczyna się zazwyczaj przy szypułce i w miejscach uszkodzeń mechanicznych. Choroby grzybowe dotykające warzywa kapustne to między innymi wewnętrzne brunatnienie liści kapusty głowiastej powstające w wyniku niedostatecznego przemieszczania się wapnia do młodych liści wewnętrznych. Choroba warzyw psiankowatych to mokra zgnilizna bakteryjna owoców (Przerwa, 2015).

Przechowywanie warzyw ciepłolubnych w niskich temperaturach powoduje uszkodzenie chładowe. Na uszkodzenia te są wrażliwe takie warzywa, jak ogórek, dynia, pomidor, papryka. Objawiają się one plamami na powierzchni rośliny, wewnętrznymi przebarwieniami mięszu, enzymatycznym rozkładem tkanek i zmianami składu chemicznego, powodującymi zmianę zapachu i smaku. Magazynowanie w temperaturze poniżej 0°C prowadzi do powstawania uszkodzeń mrozowych. W przestrzeniach międzykomórkowych i w soku owoców i warzyw tworzą się kryształki lodu, które uszkadzają ściany komórkowe, przez które wycieka sok komórkowy. Następstwem jest pogorszenie jakości, a nawet utrata wartości handlowej. Z kolei działanie temperatur z zakresu od 35 do 45°C prowadzi do zwiększenia aktywności niektórych enzymów i uszkodzenia struktur komórkowych (Zin, 2008).

Podczas przechowywania owoców i warzyw występują straty ilościowe i jakościowe (utrata witamin, zmiana barwy i tekstury). Przemiany biochemiczne zachodzące podczas przechowywania warzyw i owoców są najczęściej związane z hydrolizą wielocukrów do cukrów prostych. Zwiększa się zawartość sacharozy, glukozy i fruktozy, co powoduje słodki smak warzyw i owoców dłużej przechowywanych. Obecność powietrza, szczególnie przy udziale utlenionych kwasów tłuszczowych i światła, prowadzi do utraty charakterystycznego koloru świeżych warzyw i owoców. Dzieje się tak na skutek utleniania karotenoidów. Przykładem może być brunatnienie czerwonej papryki. Młode liście, na przykład sałaty, dłużej zachowują swoją barwę, ponieważ chlorofil ma bardziej stabilny stan w tkankach młodszych. Wrażliwe na ogrzewanie oraz utlenianie są np. buraki ćwikłowe zawierające czerwono-fioletowe betacyjaniny i żółte betaksantyny odpowiadające za barwę warzywa. Jabłka, banany i figi brązowieją lub czernieją na skutek enzymatycznego utleniania związków fenolowych (Sikorski, 2014).

Wiele świeżych warzyw i owoców traci swoje aktywnie biologiczne składniki, szczególnie witaminę C, jeśli są przechowywane w temperaturze pokojowej około 20°C. Natomiast witamina B₁ (tiamina) jest najbardziej wrażliwa na działanie wysokiej temperatury i promieni jonizujących. Straty witaminy PP (niacyna) są bardzo małe podczas przechowywania. Pektyny zawarte w owocach i warzywach zazwyczaj występują w postaci nierozpuszczalnej propektyny, która podatna jest na rozkład hydrolityczny. W procesie rozkładu biorą udział enzymy – poligalakturonaza i pektynoesteraza. Skutkiem ich działania jest mięknięcie produktów. Dodatkowym czynnikiem, który wywołuje niekorzystne zmiany biochemiczne w owocach i warzywach, jest rozdrobnienie. Powoduje ono uszkodzenie naturalnej bariery – skórki, i umożliwia

szybszy rozwój mikroorganizmów. Cięcie przyspiesza oddychanie nawet 1,2-7-krotnie w stosunku do surowców nierozdrobnionych. Ponadto zwiększa się wrażliwość na działanie etylenu i szybkość oddychania. Następuje wcześniej wspomniana reakcja enzymatycznego brunatnienia, rozpad chlorofili i utrata jędrności (Michalczyk i Macura, 2008).

Wybór owoców i warzyw przez konsumenta opiera się przede wszystkim na cechach wizualnych, takich jak preferowana barwa, właściwy kształt i rozmiar w połączeniu ze smakiem, zapachem i teksturą. Owoce i warzywa są produktami łatwo się psującymi i w krótkim czasie tracą swój atrakcyjny wygląd i wartość odżywczą (Hassan i in., 2016). Należy pamiętać, że jakość większości owoców i warzyw po zbiorach można tylko utrzymać, a nie poprawić. Po zbiorze jakość owoców i warzyw jest uzależniona od kilku czynników, np. fizycznego uszkodzenia, transportu oraz warunków przechowywania, które mają wpływ na długość okresu przydatności do spożycia i jakość oczekiwaną przez konsumenta. Podczas przechowywania konieczne jest uwzględnienie szybkości oddychania, wydzielania się etylenu (C_2H_4) i wrażliwości produktu na kilka krytycznych parametrów, jakimi są temperatura przechowywania i określone stężenie gazów (pary wodnej, tlenu, ditlenku węgla). Wysoka wilgotność względna sprzyja wydłużeniu trwałości przechowalniczej owoców i warzyw (Pathak i in., 2017).

Stężenie C_2H_4 w atmosferze produktu jest ważnym czynnikiem, który należy kontrolować, ponieważ często powoduje ono szybszą degradację świeżych produktów po zbiorze, zwłaszcza podczas ich transportu i przechowywania, co prowadzi do wysokich strat produktu. Owoce i warzywa klimakteryczne – jabłka, gruszki, banany, kiwi, mango, awokado, papaja, arbuzy, śliwki, nektarynki, brzoskwinie, pomidory, brokuły – mają zdolność dojrzewania po zerwaniu. Dlatego można je kupować, gdy są twarde i pozbawione aromatu. Produkując i wydzielając etylen, zmieniają swój smak, zapach, barwę, teksturę (stają się miękkie) oraz zawartość cukru, syntezują także lotne aromaty (Pathak i in., 2017). Z kolei owoce i warzywa nieklimakteryczne (borówki, czereśnie, pomarańcze, cytryny, melony, truskawki, wiśnie, ananasy, maliny, jeżyny, oliwki, papryka i ogórki) nie mają zdolności do produkcji etylenu i nie podlegają procesowi dojrzewania po zbiorze. Te produkty powinny być dojrzałe w momencie zakupu, ponieważ ich smak, zapach i konsystencja już samoistnie się nie zmieni. Może to nastąpić, jeżeli znajdują się one w otoczeniu owoców i warzyw klimakterycznych (Grudzińska, 2020). Etylen w tym przypadku przyczynia się do żółknięcia części zielonych wskutek degradacji chlorofilu i przyspiesza twardnienie i więdnienie (Pathak i in., 2017).

Rolnicy i sadownicy, kierując się tym kryterium, zbierają owoce i warzywa klimakteryczne, zanim dojrzeją, a hurtownicy i detaliści podczas magazynowania oraz transportowania starają się usunąć etylen z otoczenia świeżych produktów oraz wyeliminować sąsiedztwo owoców czy warzyw klimakterycznych (wydzielających etylen) i nieklimakterycznych.

2.2. Zmiany zachodzące w warzywach i owocach podczas przetwarzania

Celem przetwórstwa owoców i warzyw jest przekształcenie surowców pozyskanych od producentów rolnych w produkty gotowe przeznaczone do spożycia dla konsumentów. Niekiedy przetwórstwo ogranicza się do odpowiedniego zapakowania surowca, co ułatwia jego składowanie, ale częściej oznacza bardziej złożone procesy.

Dojrzałość świeżych owoców w momencie przetwarzania wpływa głównie na trwałość przechowalniczą, stają się one coraz bardziej miękkie oraz podatne na uszkodzenia transportowe i przeładunkowe. Warzywa zaś na ogół mają znacznie większy udział komórek z pogrubionymi ściankami wtórnymi, są bardziej twarde i mniej podatne na zmiany (Porta i in., 2013). Z kolei zmiany w pokrojonych owocach i warzywach przebiegają znacznie szybciej aniżeli w nienaruszonych. Zmiany te obejmują brązowienie, utratę zapachu i wartości odżywczych wskutek uwolnienia składników wewnątrzkomórkowych w miejscach uszkodzenia tkanki. W pokrojonych owocach wzrasta szybkość oddychania i produkcja etylenu, w warzywach postępuje proces utwardzenia i lignifikacji. W obu surowcach ma miejsce utrata wody i pogorszenie się stanu mikrobiologicznego (Porta i in., 2013).

Podstawowym zadaniem przetwórstwa żywności jest wydłużenie okresu trwałości z wykorzystaniem metod konserwowania i przetwarzania. W czasie tych procesów poprawia się smak, barwa, konsystencja i aromat bez utraty wartości odżywczych. Zakłady przetwórstwa owocowo-warzywnego wprowadzają do swojego asortymentu nowe produkty, dzięki czemu spełniają coraz to większe oczekiwania klientów (Dani, 2016). Efektem przerobu warzyw i owoców mogą być mrożonki, koncentraty soków, soki owocowe, warzywne, owocowo-warzywne, wyroby skrzące, czyli dżemy i marmolady, konfitury, powidła, marynaty, warzywa kwaszone, kompoty i owoce kandyzowane, susze owocowe i warzywne, przeciery i pulpy oraz wina. Aby warzywa i owoce mogły mieć wyżej wymienioną postać, muszą przejść wiele procesów przetwórczych. Na wstępnym etapie należy dokładnie przesortować dostarczone surowce. Sortowanie ma za zadanie wyeliminowanie owoców i warzyw niespełniających wymagań jakościowych. Może odbywać się ono w zakładzie przetwórczym lub podczas zbioru (Zin, 2008).

Kolejnym etapem jest mycie, które eliminuje zanieczyszczenia, tj. glebę, piasek i kurz, i do pewnego stopnia zmniejsza pozostałości pestycydów, bakterii i grzybów. Nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie drobnoustrojów szkodliwych i patogennych, dlatego tak ważne jest zminimalizowanie zanieczyszczeń pochodzenia mikrobiologicznego, aby produkt stał się bardziej bezpieczny dla konsumentów i można było wydłużyć jego okres przechowywania (Duda i Sokołowska, 2018).

Oczyszczone i wyselekcjonowane warzywa i owoce mogą być poddane dalszej obróbce. W zależności od tego, jaki chcemy uzyskać produkt, surowiec można mrozić, suszyć, rozdrabniać, gotować i zakwaszać. W temperaturze otoczenia wykonuje się najczęściej rozdrabnianie, cięcie, mieszanie i mielenie.

Owoce i warzywa utrwała się poprzez metody termiczne – chłodzenie, pasteryzację, zamrażanie, suszenie, wędzenie, metody radiacyjne wykorzystujące promieniowanie jonizujące, a także solenie, fermentację i kwaszenie (Kapusta, 2014; Krzysztofik, Drózd, Sobol, Nawara i Wrona, 2015).

Metody utrwalania powinny zapewnić:

- wstrzymanie procesów biochemicznych, tj. komórkowego oddychania tkanek,
- brunatnienia enzymatycznego czy samotrawienia,
- zatrzymanie zmian nieenzymatycznych wywołanych utlenianiem, np. samoutlenianiem tłuszczów i witamin lub reakcją kondensacji, która polega na przejściu cukrów prostych w skrobię,
- zatrzymanie zmian fizycznych, np. zmiana konsystencji,
- zahamowanie zmian wywołanych przez drobnoustroje, np. gnicie, pleśnienie, fermentacja, oraz niedopuszczenie do przedostania się do żywności drobnoustrojów chorobotwórczych, np. *Salmonelli*,
- ochronę przed szkodnikami zwierzęcymi, takimi jak gryzonie, owady,
- zabezpieczenie przed zanieczyszczeniami mechanicznymi i chemicznymi (Zin, 2014).

Kolejną ważną operacją na etapie przetwórstwa żywności jest pakowanie, które przedłuża trwałość otrzymanych produktów, chroni je i zabezpiecza przed czynnikami zewnętrznymi (Sykut, Kowalik i Drożdziel, 2013). Opakowanie jest wyrobem wykorzystywanym do przechowywania, ochrony, przewozu, dostarczania i prezentacji produktu na drodze od producenta do konsumenta.

2.3. Zmiany zachodzące w warzywach i owocach podczas sprzedaży hurtowej, detalicznej i przechowywania u konsumenta

Po procesach przetwórczych zapakowane produkty są gotowe do sprzedaży. Do sklepów i rynków hurtowych trafiają dzięki dobrze zorganizowanemu procesowi transportu i logistyki. Transport obejmuje nie tylko dostawy do sklepów, ale również z miejsca zbioru owoców i warzyw, na przykład: sadów, magazynów lub zakładów przetwórstwa. Produkcja większości warzyw, i owoców skoncentrowana jest w pewnych rejonach kraju, co wymaga transportu nawet na znaczne odległości. Szacuje się, że straty podczas transportu mogą wynosić nawet 30% (Dani, 2016).

Gotowe produkty przechowywane są specjalnie do tego przystosowanych magazynach, gdzie panuje temperatura, wilgotność i cyrkulacja powietrza odpowiednia dla poszczególnych gatunków owoców i warzyw oraz ich przetworów. Układ budynków magazynowych, ich lokalizacja i wyposażenie mogą mieć ogromny wpływ na dostępność i bezpieczeństwo zapasów. Dlatego tak ważne jest, aby zapasy były składowane blisko miejsc ich przetwórstwa. Świeże warzywa, owoce i ich przetwory wymagają szczególnego traktowania podczas magazynowania i transportu. Nie można dopuścić, aby podczas transportu do żywności dostawały się zanieczyszczenia, ponieważ mogą one spowodować uszkodzenie żywności lub stworzyć zagrożenie dla zdrowia konsumentów.

Warunki chłodnicze i skład kontrolowanej atmosfery ustalany jest indywidualnie w zależności od gatunku i rodzaju transportowanych warzyw i owoców. Bierze się także pod uwagę wrażliwość na koncentrację ditlenku węgla lub niedostatek tlenu, stopień dojrzałości, czas przechowywania, temperaturę transportu i przechowywania. Zmiany zachodzące w owocach i warzywach podczas transportu mogą być takie same jak podczas ich przechowywania. Obniżona zawartość tlenu może powodować niekorzystne oddychanie beztlenowe, natomiast nadmiar ditlenku węgla skutkować powierzchniowymi oparzeniami i uszkodzeniami wewnętrznymi (Górecka-Orzechowska i Raczek, 2012).

Do transportu świeżych owoców i warzyw wykorzystuje się komory chłodnicze, kontenery i specjalistyczne naczepy, które muszą spełniać określone kryteria. Działania logistyczne odbywają się w czterech zakresach temperatur: temperaturze otoczenia, temperaturze odpowiedniej dla świeżych produktów, temperaturze chłodzenia i temperaturze mrożenia. Po dobraniu odpowiedniej temperatury przechowywania surowców i utrzymaniu jej przez cały łańcuch chłodniczy mogą zostać osiągnięte korzyści z zastosowania technologii kontrolowanej atmosfery. Bardzo istotne w transporcie w obniżonej temperaturze jest wyznaczenie odpowiedniej wielkości komory chłodniczej, która pozwala na cyrkulację powietrza (Górecka-Orzechowska i Raczek, 2012).

Transportowanie żywności traktuje się jaką mobilną formę magazynowania, ponieważ podczas transportu na przemiany zachodzące w owocach i warzywach wpływają takie same czynniki, jakie oddziałują podczas przechowywania. W czasie transportowania dochodzi do niewielkich przemieszczeń produktów i ich wzajemnych oddziaływań wskutek drgań, które powodują przyspieszenie procesów życiowych i mogą powodować zepsucie owoców i warzyw. Drgania mogą skutkować obniżeniem zawartości cukrów oraz kwasu askorbinowego. Wpływ na ilość tych związków ma również temperatura, której wzrost przyczynia się do spadku ich zawartości. Drgania powstałe podczas transportu powodują także zmniejszenie liczby przeżywających komórek bakteryjnych, co można tłumaczyć spadkiem zawartości składników odżywczych, które stanowią pożywkę dla bakterii (Idaszewska i Bieńczak, 2013).

Ogniwem łańcucha logistycznego poprzedzającym przekazanie żywności konsumentowi jest handel detaliczny. Organizacje handlowe tworzą infrastrukturę, w postaci sklepów, gdzie klienci mogą obejrzeć i zakupić gotowe produkty. Miejsca zakupu owoców i warzyw, ale również ich przetworów to m.in.: sieci hipermarketów, dyskonty, indywidualne sklepy spożywcze różnej wielkości, targowiska i portale internetowe. Powyższe działania mogą również realizować firmy gastronomiczne i cateringowe. Od momentu opuszczenia zakładów przetwórstwa przez produkty w łańcuchu żywnościowym uczestniczą następujące podmioty: dystrybutorzy, hurtownicy, handlowcy i pośrednicy oraz duże sieci handlowe (Dani, 2016).

Świeże lub mało przetworzone owoce i warzywa cechują się zwykle krótkim okresem przydatności do spożycia. Ze względu na niewielką obróbkę w dalszym cią-

gu, nawet na sklepowej półce, zachodzą w nich procesy biochemiczne, które mogą zdyskwalifikować produkty ze względu chociażby na zmiany sensoryczne. Dużo warzyw i owoców od momentu zbioru traci swoje biologicznie aktywne składniki, głównie witaminy. Nadal zachodzi proces oddychania, transpiracji i przejrzenia. Istotne podczas przechowywania w magazynach sklepowych i podczas ekspozycji jest utrzymanie stałej temperatury, odpowiedniej dla poszczególnych gatunków owoców i warzyw. Nagły wzrost temperatur może spowodować szybsze tempo zachodzenia procesów biochemicznych, szybsze psucie się owoców i warzyw, a w rezultacie odrzucenie produktu ze sprzedaży. Tak samo jak podczas transportu i magazynowania ważną jest cyrkulacja powietrza, dostęp światła i odpowiednia wilgotność otoczenia w pomieszczeniach, w których odbywa się ekspozycja towarów. Świeże warzywa i owoce w dalszym ciągu narażone są na choroby i działanie szkodników. W sklepach powinny znajdować się środki odstraszające owady i gryzonie.

Okres trwałości nieprzetworzonych warzyw i owoców jest krótki, dlatego ich ekspozycja w sklepie powinna trwać zaledwie kilka dni. Po tym okresie produkty tracą swój estetyczny wygląd, barwę i zapach, zaczynają się psuć, tracą wodę i więdną.

Owoce i warzywa wprowadzone do obrotu powinny spełniać wymogi w zakresie jakości handlowej określonej w przepisach Unii Europejskiej. Jakość handlowa to cechy artykułu spożywczego dotyczące jego właściwości organoleptycznych, fizykochemicznych i mikrobiologicznych. Są to również wymagania wynikające ze sposobu produkcji, opakowania, prezentacji i oznakowania (Nierzwicki, 2013; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1308/2013; Rozporządzenie Rady (WE) nr 2200/96; Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 543/2011).

Artykuły żywnościowe z przetworzonych warzyw i owoców mają ustalony okres trwałości, który rozpoczyna się w momencie wyprodukowania i zależy od składników produktu, rodzaju opakowania, metody utrwalenia i warunków przechowywania. Celem umieszczania daty przydatności do spożycia na opakowaniu jest przekazanie konsumentom informacji, do kiedy mogą bezpiecznie spożyć produkt. Po zakupie produktów istotne jest, aby przechowywać owoce, warzywa i ich przetwory w odpowiednim miejscu i temperaturze. Umożliwia to zapewnienie bezpieczeństwa produktów i pozwala zachować na dłużej ich walory smakowe i odżywcze. Należy pamiętać, aby mrożone owoce i warzywa przechowywać w temperaturze nie większej niż -18°C . Warzywa świeże, które należy przechowywać w warunkach chłodniczych (w lodówce), to papryka, seler, brukselka, szparagi, sałata, kukurydza, a z owoców śliwki, wiśnie, winogrona, maliny, truskawki i jabłka. Takich warunków wymagają również wszystkie warzywa i owoce obrane ze skórki, pokrojone oraz sałatki i surówki na bazie owoców i warzyw (Dani, 2016).

W przechowywaniu warzyw i owoców w lodówce ważne jest ich umiejscowienie: powinny być przechowywane w dolnej szufladzie, wyłożonej ręcznikiem papierowym, który chłonie wilgoć. Warzywa i owoce powinny być przechowywane oddzielnie. Warzywa zielone (sałata, ogórki) nie mogą być w pobliżu owoców i warzyw wydzielających etylen (papryka, jabłka), ponieważ powoduje to żółknię-

cie warzyw. Trzymanie warzyw i owoców w pojemnikach, w których skrapla się para wodna, może spowodować ich gnicie. Warzywa i owoce, których nie należy przechowywać w lodówce, to: cebula, pomidory, ogórki, banany, owoce cytrusowe, mango, papaja, ananas i inne owoce egzotyczne, arbuz, melon, nektarynki, brzoskwinie, morele, kiwi i wszystkie niedojrzałe owoce, np. banany, śliwki (Górska, 2016). Ze względu na zimno tracą one swój zapach i smak, ciemnieją lub pojawiają się na nich szkliste plamy, a chłód niszczy ich odporność na choroby pleśniowe i bakteryjne (Oh Deer Mama, b.d.).

Warzywa i owoce to produkty bogate w witaminy i substancje odżywcze. Na każdym z etapów łańcucha dostaw owoców i warzyw zachodzi wiele procesów biochemicznych, w trakcie których dochodzi do utraty tych cennych związków. Zmieniają one swoją strukturę chemiczną pod wpływem działania energii cieplnej, katalizatorów, środowiska i składników powietrza. Codziennie do sklepów trafiają produkty łatwo psujące się, których transport i przechowywanie to duże wyzwanie. Dlatego tak ważne jest utrzymanie optymalnych warunków tych operacji dla poszczególnych gatunków owoców i warzyw.

2.4. Czynniki chemiczne, fizyczne i biologiczne wpływające na zmiany w warzywach i owocach

Wraz ze spożywanymi owocami i warzywami do organizmu człowieka mogą przedostać się substancje szkodliwe, które są w stanie wywoływać choroby. Mogły one zostać dodane do żywności celowo lub przypadkowo. Zanieczyszczenia owoców i warzyw mogą być wywołane przez czynniki chemiczne (środowiskowe: metale ciężkie, pozostałości po pestycydach, nawozach i środkach ochrony roślin lub technologiczne: środki myjące i dezynfekujące stosowane podczas przetwórstwa warzyw i owoców), fizyczne (naturalne, mechaniczne, powstające wskutek nieumiejętnego działania personelu i konsumenta, promieniotwórczość – radionuklidy) oraz biologiczne (bakterie, pasożyty, szkodniki i wirusy, substancje powstające w procesach metabolicznych) (Kołożyn-Krajewska, 2019; Sikorski, 2014).

W owocach i warzywach najczęściej pozostałości po pestycydach znajduje się na powierzchni skórki. Pozostałości znajdują się też w przetworzonych owocach i warzywach, nawet w mrożonkach. Z raportu EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) z 2019 roku wynika, że prawie połowa przebadanych próbek produktów żywnościowych zawierała pozostałości pestycydów. Do najbardziej zanieczyszczonych warzyw i owoców należały pietruszka (87% badanych próbek), gruszki (98%), winogrona (92%) i truskawki (68%) (Witczak i Sikorski, 2020).

Opakowania spożywcze pełnią funkcję ochronną przed czynnikami zewnętrznymi, takimi jak światło, mikroorganizmy czy zanieczyszczenia fizyczne lub chemiczne. Najczęściej są one wykonane z tworzyw sztucznych, które powinny być obojętne dla żywności i charakteryzować się odpowiednią barierowością. Zdarza się jednak, że opakowania wyprodukowane są z surowców o niskiej jakości lub otrzymywane

są w niewłaściwym procesie produkcyjnym i stanowią zagrożenie dla jakości pakowanych owoców, warzyw i ich przetworów. Zagrożenie to wywołuje bezpośrednia lub pośrednia styczność produktów spożywczych z materiałem oraz przemieszczanie się substancji chemicznych z opakowania do zapakowanej żywności (Witczak i Sikorski, 2020).

Najpowszechniejszymi związkami niebezpiecznymi dla zdrowia człowieka występującymi w opakowaniach żywnościowych są zazwyczaj: pierwszorzędowe aminy aromatyczne (związki chemiczne o właściwościach rakotwórczych; mogą powstać z materiałów dozwolonych), fenol, melamina, bisfenol, fitalany i inne plastyfikatory.

Niewykryte uszkodzenie owoców i warzyw może powodować przedostanie się do ich wnętrza drobnoustrojów, co z kolei powoduje psucie się, rozwój pleśni i gromadzenie się toksycznych substancji.

Spożycie żywności z ciałem obcym może być bardzo niebezpieczne dla zdrowia i życia człowieka. Szczególną trzeba zwrócić uwagę na szkło, które jest trudne do wykrycia, a spożycie go może powodować groźne skaleczenia przewodu pokarmowego. W celu wykrycia zanieczyszczeń stosuje się sita i magnesy. Ważne są okresowe przeglądy maszyn i urządzeń, przestrzeganie przez pracowników zasad bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zasad określonych w tzw. dobrych praktykach – higienicznej i produkcyjnej (np. spięte włosy, brak biżuterii) (Witczak i Sikorski, 2020).

Wśród zagrożeń mikrobiologicznych szczególnie miejsce zajmują grzyby, czyli pleśnie. Około 300 szczepów pleśni wytwarza szkodliwe mykotoksyny, które są produktem przemiany materii grzybów strzępkowych. Przede wszystkim są to *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*. Mykotosyny rozwijają się na każdym etapie – od wzrostu owoców i warzyw po zbiór, złe przechowywanie i transport. Rozwój mykotoksyn jest uwarunkowany obecnością konkretnego szczepu i sprzyjających warunków, takich jak temperatura, wilgotność powietrza, dostęp światła i tlenu, skład chemiczny podłoża. Ze względu na odporność mykotoksyn na czynniki fizykochemiczne nie da się wyeliminować ich całkowicie, można je jedynie ograniczyć. Można to osiągnąć, stosując odpowiednią segregację i mycie zebranych plonów, pasteryzację lub sterylizację. Uważa się, że stosowanie nawozów (azotan amonu, azotan wapnia) wpływa na zmniejszenie zanieczyszczeń grzybami pleśniowymi (Ogórek, 2014; Sikorski, 2014). Kolejnym produktem pleśni są aflatoksyny. Są to metabolity pleśni *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*. Podobnie jak mykotoksyny są kancerogenne. Aflatoksyny odporne są na działanie wysokich temperatur, a wrażliwe na promieniowanie.

Dla jakości owoców i warzyw szkodliwe mogą być również szkodniki magazynowe. Najpopularniejsze wśród nich to gryzonie, owady i roztocza. Z grupy owadów najbardziej powszechne są muchy, które psują żywność i przenoszą choroby zakaźne, następnie karaczany, a także mole i mkiiki. Gryzonie, wśród których najgroźniejsze są szczury oraz myszy, zjadają produkty spożywcze, zanieczyszczają je swoimi odchodami i przenoszą drobnoustroje. Roztocza najczęściej można spotkać w su-

szonych owocach i ziołach, dżemach, marmoladach. Psują one żywność i przenoszą toksykotwórcze i patogenne mikroorganizmy (Kołożyn-Krajewska, 2019).

Jak zauważono, w środowisku istnieje wiele czynników, które pogarszają stan owoców i warzyw, co ma wpływ na zdrowie ludzi. Dlatego zadaniem nauki jest coraz lepsze poznawanie czynników szkodliwych dla owoców i warzyw. Natomiast obowiązkiem przedsiębiorców jest obrót i przetwórstwo warzyw i owoców zgodnie z przyjętymi normami i przepisami, które minimalizują straty i ubytki cennych żywniowo składników.

3. Sposoby przedłużania trwałości warzyw i owoców

3.1. Optymalne warunki przechowywania i transportu warzyw i owoców

Odpowiednie warunki podczas przechowywania owoców i warzyw są kluczowe, aby zachować ich trwałość. Istnieje wiele metod przechowywania, które zależne są od gatunku warzyw i owoców, czasu przechowywania i możliwości finansowych. Mogą to być zwykle miejsca do składowania, magazyny z chłodzonym powietrzem zewnętrznym, magazyny chłodzone za pomocą maszyn oraz z regulowaną atmosferą. Do najprostszych metod przechowywania świeżych warzyw i owoców zaliczamy zimowanie warzyw w polu, dołowanie, kopcowanie i przechowywanie w piwnicach (Przerwa, 2015).

Istotne dla zachowania walorów smakowych i estetycznego wyglądu warzyw i owoców jest ich przechowywanie w komorach chłodniczych w warunkach, które pozwalają na utrzymanie właściwej dla danego produktu regulowanej temperatury i wilgotności. W czasie magazynowania warzyw i owoców nadal dochodzi do procesu oddychania. Prawidłowy poziom wilgotności sprawia, że procesy biochemiczne przebiegają we właściwym tempie, a rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych zostaje zahamowany. Odpowiednio dobrana i stabilna temperatura i wilgotność względna spowalnia proces oddychania i transpiracji. Intensywność oddychania można zmniejszyć, obniżając temperaturę produktów i powietrza, a także stężenie tlenu w komorze przechowalniczej.

Najlepszą technologią dla przechowywania warzyw i owoców są chłodnie z kontrolowaną atmosferą (KA). Metoda ta polega na zastosowaniu obniżonej temperatury – mieszczącej się w granicach od 1°C do 3°C. Stężenie tlenu zostaje obniżone do 3% objętościowo, a stężenie ditlenku węgla od 0,5% do 5% objętościowo, resztę stanowi azot. Zastosowanie kontrolowanej atmosfery wydłuża okres przechowywania owoców i warzyw w porównaniu wyłącznie do obniżonej temperatury. Dochodzi wtedy do zmniejszenia tempa procesów fizjologicznych (dojrzewanie i przejrzwianie) oraz aktywności patogenów. Wadą zastosowania KA może być niezdolność do wykształcenia prawidłowej barwy i typowego aromatu przechowywanych produktów. Nieumiejętne zastosowanie tej technologii może doprowadzić do dużych strat wynikających z niedoboru tlenu, jak również nadmiaru dwutlenku węgla (Zin, 2008).

Warunki przechowywania owoców i warzyw powinny zapewnić minimalny poziom przebiegu procesów życiowych. Baza techniczna, która służy do przechowywania surowców, powinna być dostosowana do takich czynności, jak: przyjęcie surowych owoców i warzyw, przygotowanie ich do długotrwałego składowania w odpowiednich warunkach i właściwego przygotowania surowców do transportu. Niewłaściwie dobrana i źle zaprojektowana komora chłodnicza, a także zaburzona cyrkulacja powietrza są przyczyną utraty jakości świeżych warzyw i owoców (Chądzyński i Piróg, 2013).

Warunki transportu świeżych warzyw i owoców są tak samo ważne, jak ich przechowywanie, ponieważ nadal zachodzą w nich przemiany biochemiczne i dochodzi do strat jakościowych. Przedsiębiorstwa w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego zobowiązane są do zachowania łańcucha chłodniczego, który polega na utrzymaniu stałej temperatury produktów od zbioru do zakupu przez konsumentów. W tym celu wykorzystywane są nie tylko magazyny, chłodnie z kontrolowaną atmosferą, ale również służą na wejściach i wyjściach z magazynu i samochody chłodnie. Istnieją punkty krytyczne, w których może dojść do przerwania ciągłości temperatury, dlatego tak ważna jest kontrola temperatury (Baran i Małachowska, 2017).

Warunki przewozu towarów szybko psujących się, takich jak warzywa i owoce, określono w umowie o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów, zwanej umową ATP, opracowanej w ramach Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (Wasiak i Leleń, 2018). Określono w niej optymalną temperaturę przewozu i warunki, jakie powinny spełniać pojazdy. Do transportu warzyw i owoców najczęściej wykorzystuje się pojazdy wyposażone w chłodnie z kontrolowaną atmosferą, specjalistyczne naczepy transportowe i kontenery (Górecka-Orzechowska i Raczek, 2012). Za pomocą czujników kontroluje się temperaturę, wilgotność, stężenie ditlenku węgla, tlenu i etylenu. Dane z czujników przekazywane są do komputera, który realizuje założony program. Niezbędny jest system alarmowy, który umożliwi redukcję strat. Istotne jest zapewnienie odpowiedniej obsługi całego przewozu przez wykwalifikowany personel i kierowców, ponieważ owoce i warzywa należą do produktów wrażliwych na różne czynniki zewnętrzne (Górecka-Orzechowska i Raczek, 2012).

Transport kolejowy staje się alternatywą dla obciążonego transportu samochodowego. Zaletą takiego transportu jest niska emisja ditlenku węgla i niższa tereno-chłonność, jak również mniejsze ryzyko wypadków w porównaniu z transportem samochodowym. Na niektórych etapach transport odbywa się z wykorzystaniem wagonów chłodni, kontenerów chłodniczych lub chłodniczych naczep drogowych przewożonych w wagonach towarowych (Leleń, 2015).

3.2. Metody utrwalania warzyw i owoców

Przedstawione uprzednio metody utrwalania żywności, w tym warzyw i owoców, mogą powodować straty składników odżywczych i niekorzystne zmiany fizykoche-

miczne. Ważne jest poznanie tych zmian – zarówno korzystnych, jak i niekorzystnych – dla jakości produktu.

Nowoczesne metody chłodnicze i zamrażalnicze wymagają utrzymania ciągłości temperatury na każdym etapie łańcucha. W chłodnictwie stosuje się temperatury w zakresie od 10°C do 0°C, a w zamrażalnictwie poniżej –18°C, ale zazwyczaj nie mniej niż –30°C. Zmiana wody w lód powoduje zatrzymanie procesów biologicznych i chemicznych, a także pozbawia mikroorganizmy naturalnego środowiska.

W celu utrwalania żywności stosuje się również wysokie temperatury w procesach pasteryzacji (blanszowanie warzyw 90-95°C/2-3 min) i sterylizacji. Podstawowym założeniem utrwalania warzyw i owoców przez ogrzewanie jest osiągnięcie ich mikrobiologicznej stabilności (Zin, 2014). Zastosowanie wyższych temperatur powoduje zniszczenie bakterii, pleśni, drożdży i przetrwalników bakterii, a także usunięcie tlenu. Warunki beztlenowe zapobiegają powtórnemu zakażeniu, ale jednocześnie sprzyjają rozwojowi bakterii beztlenowych. Negatywnym skutkiem działania podwyższonej temperatury jest obniżenie wartości biologicznej żywności, szczególnie witamin. Proces blanszowania nie obniża zawartości witamin w produktach, a przed zamrożeniem pozwala na zachowanie ich naturalnego koloru. Blanszowanie powoduje również mycie surowca i zmniejszenie liczebności form wegetatywnych drobnoustrojów, polepszenie struktury żywności, ale również stratę rozpuszczalnych w wodzie składników odżywczych (Krzysztofik i in., 2015). Kozłowicz i in. (2017) stwierdzili jednak, że blanszowanie, a w następnej kolejności zamrażanie, zmniejszają zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą oraz zmieniają barwę w różach brokułu.

Zakwaszanie jest tradycyjną metodą utrwalania żywności. Większość drobnoustrojów wykazuje optimum wzrostu w środowisku obojętnym. W kwaśnym środowisku rozwijają się bakterie fermentacji mlekowej, octowej oraz drożdże. Fermentacja mlekowa ma duże znaczenie dla przemysłu żywnościowego, ponieważ przedłuża okres przydatności do spożycia produktów, nadaje korzystne cechy organoleptyczne i zwiększa ich właściwości prozdrowotne. Mikroorganizmy odpowiedzialne za fermentację mlekową to nieprzetrwalnikujące bakterie kwasu mlekowego. Do produktów przeznaczonych do kiszenia dodaje się sól kuchenną, która pobudza wydzielanie soku, przyspiesza rozwój bakterii kwasu mlekowego przy zahamowaniu działalności bakterii niepożądanych. Kiszonki po uzyskaniu stałego pH na poziomie 3,5 i ograniczonym dostępie tlenu można przechowywać przez dłuższy czas w obniżonej temperaturze (Zin, 2008).

Owoce i warzywa mają w swoim składzie duże ilości wody, w środowisku i z udziałem której zachodzą zmiany biologiczne i chemiczne, czasem niekorzystne. Ilość wody wpływa zatem na trwałość żywności. Odparowywanie jest metodą zwiększającą ilość suchej masy w produkcie o 60-80%. Ma zastosowanie w produkcji soków, przecierów, past owocowych i warzywnych, marmolad i powideł. Zagęszczanie, inaczej koncentracja, polega na częściowym usunięciu wody z żywności – do zawartości ok. 30%. Zadaniem suszenia jest zmniejszenie zawartości wody do

15% lub mniej. Dzięki temu nie zachodzą procesy enzymatyczne i życiowe drobnoustrojów. Niestety suszenie nie zabezpiecza przed utlenianiem, dlatego tak ważne jest nie tylko szczelne zamknięcie opakowania z produktem suszonym, ale także barierowość samego materiału opakowaniowego (Krzysztofik i in., 2015).

W technologii żywności stosuje się też inne metody utrwalania owoców i warzyw oparte na regulacji aktywności wody. Jedną z nich jest dodawanie substancji osmoaktywnych, np. cukru czy soli. Cukier odciąga wodę z tkanek owoców, zagęszcza soki i hamuje rozwój drobnoustrojów. Rozwój bakterii jest zatrzymywany przy stężeniu cukru w środowisku wynoszącym ok. 25-35%, a drożdży przy stężeniu ponad 65%, z kolei dla pleśni stężenie to wynosi aż 75-80%. Taka koncentracja cukru powoduje zwiększenie ciśnienia osmotycznego i działa odwadniająco na komórki mikroorganizmów (Krzysztofik i in., 2015).

Chlorek sodu, czyli sól kuchenna, ma większe zdolności hamowania rozwoju drobnoustrojów niż cukier. Drobnoustroje mają różną odporność na zasolenie, np. bakterie fermentacji mlekowej hamują swój rozwój przy zasoleniu 12-15%. Zabezpieczenie żywności osiąga się przy stężeniu soli ok. 18-20%. Sól działa na zasadzie dyfuzji i osmozy. Niestety, podczas solenia dochodzi do zmniejszenia ilości cennych składników rozpuszczalnych w wodzie, takich jak sole mineralne czy niektóre witaminy. Dlatego metodę tę stosuje się do konserwacji produktów, których podstawowe składniki odżywcze są trudno lub wcale nierozpuszczalne w wodzie (Krzysztofik i in., 2015). Niestety część tych substancji jest tracona podczas odsalania produktów.

Owoce i warzywa można utrwalać za pomocą środków chemicznych, które mają działanie bakteriobójcze i bakteriostatyczne (Zin, 2008). Chemiczne utrwalanie żywności polega na dodaniu substancji chemicznych w małych dawkach (ok. 0,1-0,2%), które wywołują pożądany efekt. Metoda ta ma charakter pomocniczy w stosunku do innych metod utrwalania żywności, takich jak chłodzenie, suszenie czy sterylizacja. Środki chemiczne, które niszczą wszystkie organizmy żywe, to germicydy, te, które niszczą bakterie, to bakteriocydy, a substancje działające na grzyby to fungicydy. Środki zapobiegające zmianom mikrobiologicznym mogą powodować uszkodzenia ściany komórkowej i inaktywację enzymów ważnych w procesach życiowych mikroorganizmów (Zin, 2008).

Owoce i warzywa utrwaląć można w zalewie octowej z dodatkiem przypraw, soli i cukru. Metodę tę nazywa się marynowaniem. Czynnikiem utrwalającym jest tutaj kwas octowy zawarty w occie. Wystarczy 3% kwasu, aby chronił on przed psuciem; im jest go więcej, tym działanie jest silniejsze. Ze względów zdrowotnych jego ilość w żywności nie powinna jednak przekraczać 4% (Krzysztofik i in., 2015).

Przedstawione metody utrwalania żywności mogą powodować straty składników odżywczych i niekorzystne zmiany fizykochemiczne. Technika radiacyjna pozwala uniknąć tych zjawisk. Mimo wielu korzyści, jakie przynosi ta technika, jest ona słabo rozwinięta w porównaniu z innymi metodami. Z pewnością wpływ na to ma dezinformacja i uprzedzenia konsumentów co do promieniowania. W Unii Europejskiej zezwala się na stosowanie radiacyjnych metod utrwalania

żywności, jeśli jest to niezbędne pod względem technologicznym, nie powoduje ryzyka zdrowotnego i przynosi korzyści konsumentom. Żywność poddana radiacyjnym metodom utrwalania musi być właściwie oznakowana – musi się na niej znaleźć informacja, że dany produkt został napromieniony lub poddany działaniu promieniowania jonizującego (Buczowska, Jabczyk, Górski, Garbicz i Trela, 2020; Jędrzejczyk, Hoffman i Świętochowska, 2010).

Promieniowanie jonizujące wykorzystuje się do niszczenia mikroorganizmów, pasożytów, grzybów i owadów, a także do opóźnienia procesu dojrzewania warzyw i owoców. Dawki promieniowania muszą być odpowiednio dobrane, aby nie doprowadzić do niepożądanych przemian biochemicznych. Małe dawki promieniowania potrzebne są do zatrzymania kiełkowania ziemniaków, cebuli, czosnku i konserwacji suszonych warzyw. Średnie dawki promieniowania sprawdzają się przy wydłużaniu trwałości owoców i warzyw, jak również przy niszczeniu mikroorganizmów chorobotwórczych, które mogą powodować zatrucia pokarmowe. Wysokie dawki promieniowania wykorzystywane są do sterylizacji żywności. Radiacyjne utrwalanie owoców cytrusowych jest skuteczną metodą w walce z muszką owocówką. Wadą promieniowania jest to, że w jego wyniku o 20-60% zmniejsza się zawartość witamin A, B₁, C i E. Proces utrwalania radiacyjnego powinien odbywać się w opakowaniach finalnych, co pozwoli zapobiec wtórnemu skażeniu mikrobiologicznemu (Jędrzejczyk i in., 2010).

3.3. Wykorzystanie opakowań chroniących i konserwujących owoce i warzywa

Opakowania mają bezpośredni kontakt z przechowywaną żywnością, stanowią jej integralną część. Jest to bariera ochronna, która pozwala na zachowanie pożądanej jakości i trwałości warzyw i owoców. Zastosowanie odpowiednich materiałów opakowaniowych hamuje niepożądane procesy zachodzące w żywności, a także chroni wyrób podczas procesów transportu i przechowywania. Ponadto opakowanie dostarcza informacji o produkcie, a dzięki dobrej prezentacji wizualnej może w znacznym stopniu wpływać na chęć jego zakupu przez konsumentów.

Przez to, że opakowanie ma styczność z żywnością, może stanowić źródło zanieczyszczenia i być miejscem rozprzestrzeniania się mikroorganizmów – ze względu na nieszczelność. Opakowania biodegradowalne stwarzają idealne warunki do rozwoju mikroflory rozkładającej żywność. Niewłaściwy dobór materiału opakowaniowego może powodować migrację niepożądanych substancji chemicznych z opakowania lub jego powierzchni (Tauber, Borowy i Kovinko, 2019). Powodem migracji może być także zbyt wysokie stężenie substancji w opakowaniu lub nieprzestrzeganie przez producentów żywności zasad związanych z magazynowaniem i użytkowaniem opakowań. Wszystkie opakowania warzyw i owoców muszą spełniać rygorystyczne wymagania zgodne z dobrymi praktykami produkcyjnymi, a substancje wykorzystywane do ich produkcji muszą znajdować się na unijnym wykazie substancji dozwolonych (Witeczak i Sikorski, 2020).

Najpopularniejszymi materiałami stosowanymi do produkcji opakowań dla przemysłu żywnościowego są tworzywa sztuczne (polietylen, polipropylen, polistyren, poliwęglan i poliamid, a także celuloza regenerowana i estry celulozy), następnie papier i tektura oraz inne opakowania biodegradowalne.

Alternatywą dla opakowań biodegradowalnych mogą stać się folie i powłoki jadalne, zmniejszające również masę produkowanych odpadów. Za ich pomocą tworzy się barierę wokół produktów żywnościowych. Ich podstawową funkcją jest utrzymanie wysokiej jakości produktów. Powlekanie owoców i warzyw może poprawić ich jakość mikrobiologiczną, biochemiczną i organoleptyczną, zmniejszając występowanie na nich uszkodzeń mechanicznych, oddziaływań fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych (Mikus i Galus, 2020). Ponadto zastosowanie ochronnych powłok jadalnych na powierzchni owoców i warzyw, w tym krojonych, powoduje utworzenie zmodyfikowanej atmosfery. Dzięki niej następuje obniżenie wymiany gazowej, zmniejszenie utraty wody i związków zapachowych między produktem a otoczeniem, przy jednoczesnym zachowaniu barwy (inhibicja enzymatycznego brązowienia) i poprawie ogólnego wyglądu produktu w czasie przechowywania (Galus i Lenart, 2019). Tym samym powłoki i folie jadalne wydłużają trwałość przechowalniczą produktów, ograniczając oddychanie i opóźniając proces dojrzewania (Milani i Tirgarian, 2020).

Folie i powłoki jadalne mogą również poprawić jakość mrożonych owoców i warzyw, opóźniając utratę wody i lotnych aromatów. Powłoki i folie jadalne mogą być nośnikiem substancji aktywnych, np. związków o działaniu antybakteryjnym, inhibitorów enzymatycznego brązowienia ograniczających aktywność oksydazy polifenolowej, antyoksydantów, mogą również wykazywać funkcje zdrowotne dzięki wbudowanym w ich strukturę składnikom odżywczym, tj. witaminom czy składnikom mineralnym (Hassan i in., 2018; Kapetanakou, Manios i Skandamis, 2014; Lesiów, 2020).

Do produkcji folii i powłok jadalnych stosuje się wiele polimerów, różniących się swoimi właściwościami, dzięki czemu można otrzymać powłokę o pożądanych cechach dla konkretnego surowca. Składniki bazowe używane do powlekania owoców i warzyw można podzielić na:

- zwierzęce: chityna, kolagen, kazeina, żelatyna, białka mleka i serwatki, wosk pszczeli,
- roślinne: skrobia, pektyny, celuloza, dekstryny, gluten, białko soi, zeina, olej palmowy, olej sojowy,
- mikrobiologiczne: celuloza z alg morskich, celuloza bakteryjna, ksantan (Lesiów, 2020).

Zastosowanie zbyt grubych powłok na powierzchni owoców i warzyw uniemożliwia wymianę tlenową, co prowadzi do powstawania obcych zapachów. Duża barierowość powłok sprzyja niekorzystnemu oddychaniu beztlenowemu, w którym zostaje zaburzony proces dojrzewania, a higroskopijne właściwości sprzyjają namnażaniu się komórek bakteryjnych (Lesiów, 2020). Selektywna przepuszczalność

gazów lub wody przez jadalne folie lub powłoki jest również pożądana w przypadku owoców i warzyw, ponieważ w przeciwnym razie dojdzie do procesów beztlenowej fermentacji, które prowadzą do ich zepsucia. Wymaga to optymalizacji jadalnych powłok w oparciu o dojrzewanie owoców/warzyw przed ich zastosowaniem (Sucheta, Chaturvedi, Sharma i Yadav, 2019).

Pomimo że folie jadalne stanowią barierę dla szkodliwej mikroflory, nie stosuje się ich samodzielnie i nie uznaje za pełnowartościowe opakowanie. Wymagają dodatkowego opakowania, które chroni przed zniekształceniem i zabrudzeniem i spełnia funkcję marketingową. Plusem stosowania tego typu opakowań jest odciążenie środowiska naturalnego od tworzyw sztucznych wykorzystywanych do produkcji tradycyjnych opakowań (Pająk, Fortuna i Przetaczek-Rożnowska, 2013).

Dotychczas znane sposoby pakowania żywności, np. używanie opakowań z tworzyw sztucznych, z papieru lub szklanych butelek czy słoików, są rozumiane jako bierna bariera chroniąca przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi. Ochronę bierną zaczęto zastępować ochroną czynną – w opakowaniach aktywnych. Ich zadaniem jest zmiana warunków środowiska panującego wewnątrz opakowania w celu przedłużenia trwałości produktów i zachowania ich wyjściowej jakości i właściwości sensorycznych. Opakowania aktywne zapewniają różne rozwiązania w zależności od tego, jaki cel ma być osiągnięty. Na przykład jeżeli mają zostać spowolnione procesy utleniania, zastosowane będą opakowania aktywne zawierające pochłaniacze tlenu lub antyutleniacze (Popowicz i Lesiów, 2014). Substancje, które usuwają tlen, albo są wbudowane w materiał opakowaniowy lub dodaje się je w formie proszku w saszetkach.

Pochłaniacze wiążą tlen, który znajduje się w pustej przestrzeni pomiędzy produktem a opakowaniem, jak również ten, który przenika do opakowania przez mikropory. Wysoka zawartość tlenu obniża wartość odżywczą i skraca przydatność do spożycia, przyspiesza degradację witamin i wspomaga wzrost mikroorganizmów.

Obecność wody w zapakowanych produktach jest spowodowana oddychaniem świeżych produktów. Duża ilość wody wewnątrz opakowania sprzyja rozwojowi drobnoustrojów oraz powoduje mięknięcie suchych produktów. W celu ograniczenia zawartości wody w opakowaniach umieszcza się saszetki, podkładki, tacki lub folie polimerowe wiążące wodę. Produkty te wchłaniają nadmiar płynu wydzielanego przez świeżo pokrojone i zapakowane warzywa i owoce. Do polimerowych pochłaniaczy wilgoci zalicza się kopolimery skrobi, biopolimery na bazie celulozy i kwas poliakrylowy (Lesiów, 2020).

Zadaniem absorbentów etylenu jest wyeliminowanie tego gazu z atmosfery opakowania, ponieważ jego obecność skraca trwałość przechowalniczą warzyw i owoców (Popowicz i Lesiów, 2014; Sharma, Shehin, Kaur i Vyas, 2019). Aktywne właściwości opakowania/powłoki umożliwiają powolne uwalnianie substancji o działaniu antybakteryjnym, które zapobiegają rozwojowi bakterii patogennych i spowalniają procesy degradacji żywności (Mikus i Galus, 2020).

Nowe, innowacyjne technologie, np. opakowania aktywne, powłoki i folie jadalne, są kierunkiem rozwoju dla opakownictwa żywności. Oprócz podstawowego zadania opakowań, czyli ochrony produktów przed uszkodzeniami w transporcie lub podczas magazynowania, spełniają one inne dodatkowe funkcje, takie jak: przedłużanie trwałości, zmniejszenie strat masy, utrzymanie naturalnej barwy i zapachu. Mają w swoim składzie związki przeciwdrobnoustrojowe, które działają korzystnie na pakowane owoce i warzywa. Jest to dobra i ekologiczna alternatywa dla tradycyjnych opakowań z tworzyw sztucznych, szkła czy papieru.

Do innych metod umożliwiających przedłużenie trwałości przechowalniczej świeżych owoców i warzyw można zaliczyć pakowanie w modyfikowanej atmosferze (*Modified Atmosphere Packaging*, MAP) lub kontrolowanej atmosferze (*Controlled Atmosphere Packaging*, CAP), które ogranicza szybkość oddychania zapakowanego produktu i hamuje wzrost mikroorganizmów oraz wielowarstwowe opakowania barierowe względem wody, gazów (tlenu) i zapachów, które opóźniają degradację produktu (Sharma i in., 2019; Verghese, Lewis, Lockrey i Williams, 2015).

4. Zakończenie

Poznanie czynników, które mają wpływ na trwałość i jakość zarówno owoców i warzyw, jak i innych produktów żywnościowych w łańcuchu logistycznym, jest krokiem w kierunku ograniczenia marnotrawstwa i strat żywności. Nowym technologiom pakowania, udoskonaleniom funkcjonowania poszczególnych ogniw w łańcuchu logistycznym powinna towarzyszyć edukacja pracowników obsługujących łańcuch dostaw żywności, aby poprawić efektywność i zminimalizować uszkodzenia podczas transportu i magazynowania, aby dostarczyć produkty w takiej ilości i o takiej jakości, jakich oczekuje konsument.

Literatura

- Baran, J. i Małachowska, A. (2017). Uwarunkowania i zmiany funkcjonowania łańcucha dostaw na rynku owoców w Polsce. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 2(2), 17-31.
- Buczowska, M., Jabczyk, M., Górski, M., Garbicz, J. i Trela, K. (2020). Napromieniowanie żywności – aspekt prawny, handlowy i toksykologiczny. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 26(20), 106-117. doi: 10.26444/monz/121994
- Chądzyński, A. i Piróg, M. (2013). Technologia procesu przechowywania owoców, warzyw i ziemniaków a układy funkcjonalno-przestrzenne obiektów. *Budownictwo i Architektura*, 12(4), 21-28.
- Dani, S. (2016). *Zarządzanie łańcuchem dostaw żywności*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Duda, M. i Sokołowska, B. (2018). Metody dezynfekcji marchwi i innych warzyw korzeniowych. *Żywność: Nauka. Technologia. Jakość*, 25, 1(114), 17-29. doi: 10.15193/zntj/2018/114/218
- Galus, S. i Lenart, A. (2019). Wpływ powlekania na stabilność żywności. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, (2), 106-114.
- Górecka-Orzechowska, J. i Raczek, A. (2012). Transport świeżych owoców i warzyw w kontrolowanej atmosferze. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, (5), 192-198.

- Górska, P. (2016). *Warzywa i owoce – właściwe przechowywanie*. Pobrane z <https://kcalmar.com/blog/2016/12/30/warzywa-i-owoce-wlasciwe-przechowywanie/>
- Grudzińska, M. (2020). *Owoce klimakteryczne i nieklimakteryczne – co to znaczy?* Pobrane z <https://zywienie.abczdrowie.pl/owoce-klimakteryczne-i-nieklimakteryczne>
- Gwóźdź, E. i Gębczyński, P. (2015). Prozdrowotne właściwości owoców, warzyw i ich przetworów. *Postępy Fitoterapii*, (4), 269-271.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M. i Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, (109), 1095-1107. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097
- Idaszewska, N. i Bieńczak, K. (2013). Wpływ drgań powstałych w trakcie transportowania na wybrane owoce. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, (2), 98-99.
- Jędrzejczyk, H., Hoffman, M. i Świętochowska, E. (2010). Metoda radiacyjna w utrwalaniu żywności. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, (2), 98-102.
- Kapetanakou, A. E., Manios, S. G. i Skandamis, P. N. (2014). Application of edible films and coatings on food. W: I. S. Boziaris (red.), *Novel food preservation and microbial assessment techniques* (s. 237-273). Boca Raton, FL: Taylor & Francis, CRC Press. Pobrane z https://www.researchgate.net/publication/273636738_Application_of_Edible_Films_and_Coatings_on_Food
- Kapusta, F. (2014). Produkcja i przetwórstwo warzyw w Polsce na początku XXI wieku. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 1(12), 43-58.
- Kołożyn-Krajewska, D. (2019). *Higiena produkcji żywności*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Kozłowicz, K., Góral, D., Kluza, F., Jabłońska-Ryś, E., Zalewska-Korona, M., Wójtowicz, A. i Góral, M. (2017). Wpływ obróbki cieplnej na barwę i właściwości antyoksydacyjne róż i lodygi brokołu. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 590, 29-38. doi: 10.22630/ZPPNR.2017.590.31
- Krzysztofik, B., Drózdź, T., Sobol, Z., Nawara, P. i Wrona, P. (2015). *Metody zabezpieczania i utrwalania surowców oraz produktów żywnościowych*. Kraków: Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej.
- Kunachowicz, H., Nadolna, I., Iwanow, K. i Przygoda, B. (2017). *Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Kutkowski, D. (2007). *Zbiór i przechowywanie owoców*. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy.
- Leleń, P. (2015). Trendy zmian w organizacji transportu w obrocie produktami żywnościowymi na przykładzie warzyw i owoców. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, (107), 69-83.
- Lesiów, T. (2020). *Zastosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych oraz powłok i folii jadalnych w przemyśle żywnościowym*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Michalczyk, M. i Macura, R. (2008). Wpływ warunków przechowywania na jakość wybranych dostępnych w obrocie handlowym mało przetworzonych produktów warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(58), 96-107.
- Mikus, M. i Galus, S. (2020). Powlekanie żywności – materiały, metody i zastosowanie w przemyśle spożywczym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 27, 4(125), 5-24. doi: 10.15193/zntj/2020/125/355.
- Milani, J. M. i Tirgarian, B. (2020). An overview of edible protein-based packaging: Main sources, advantages, drawbacks, recent progressions and food applications. *Journal of Packaging Technology and Research*, (4), 103-115. doi:10.1007/s41783-020-00086-w
- Nierzwicki, W. (2013). *Jakość żywności*. Gdańsk: Publikacja Wyższej Szkoły Turystyki i Hotelarstwa w Gdańsku.
- Ogórek, R. (2014). Znaczenie mikotoksyn w produkcji rolniczej. *Tasomix. Nasze Pasze*, 1-7.
- Pająk, P., Fortuna, T. i Przetaczek-Rożnowska, I. (2013). Opakowania jadalne na bazie białek i polisacharydów- charakterystyka i zastosowanie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(87), 5-18.

- Pathak, N., Caleb, O., Geyer, M., Herppich, W., Rauh, C. i Mahajan, P. (2017). Photocatalytic and photochemical oxidation of ethylene: potential for storage of fresh produce – a review. *Food and Bioprocess Technology*, 10(6), 982-1001. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1889-0>
- Popowicz, R. i Lesiów, T. (2014). Zasada działania innowacyjnych opakowań aktywnych w przemyśle żywnościowym. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 1(12), 82-101.
- Porta, R., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Sorrentino, A., Giosafatto, V., Marilena Esposito, M. i Di Piero, P. (2013). Edible coating as packaging strategy to extend the shelf life of fresh-cut fruits and vegetables. *Journal of Biotechnology and Biomaterials*, 3(4)e124. doi:10.4172/2155-952X.1000e124
- Przerwa, M. (2015). *Innowacyjne metody przechowywania warzyw*. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
- Raghav, P. K., Agarwal, N. i Saini, M. (2016). Edible coating of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Scientific Research and Modern Education*, 1(1), 2455-5630. doi: 10.12691/jfnr-9-1-1
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1308/2013 z dnia 17 grudnia 2013 roku ustanawiające wspólną organizację rynków produktów rolnych oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 922/72, (EWG) nr 234/79, (WE) nr 1037/2001 i (WE) nr 1234/2007
- Rozporządzenie Rady (WE) NR 2200/96. z dnia 28 października 1996 r. w sprawie wspólnej organizacji rynku owoców i warzyw
- Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) NR 543/2011 z dnia 7 czerwca 2011 r. ustanawiające szczegółowe zasady stosowania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w odniesieniu do sektora owoców i warzyw oraz sektora przetworzonych owoców i warzyw
- Sharma, P., Shehin, V. P., Kaur, N. i Vyas, P. (2019). Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: A review. *International Journal of Vegetable Science*, 25(3), 295-314. Pobrane z https://www.researchgate.net/profile/Poorva_Sharma3/publication/327333235_Application_of_edible_coatings_on_fresh_and_minimally_processed_vegetables_a_review/links/5b93ae9b299bf147392767fe/Application-of-edible-coatings-on-fresh-and-minimally-processed-vegetables-a-review.pdf?origin=publication_detail
- Sikorski, Z. (2014). *Chemia żywności. Odżywcze i zdrowotne właściwości składników żywności*. Warszawa: Wydawnictwo WNT.
- Sucheta, Chaturvedi, K., Sharma, N. i Yadav, S. K. (2019). Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improves sensory liking of tomatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*, (133), 284-293. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.132>
- Sykut B., Kowalik, K. i Drożdżel, P. (2013). Współczesne opakowania dla przemysłu żywnościowego. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 3(10), 114-121.
- Tauber, R. D., Borowy, T. i Kovinko, O. (2019). Niebezpieczne migracje substancji chemicznych z opakowań do żywności. *Agroindustry*. Pobrane z <https://www.agroindustry.pl/index.php/2019/03/19/niebezpieczne-migracje-substancji-chemicznych-z-opakowan-do-zywnosci/2/>
- Tokarska, M. (2010). *Rynek owoców i warzyw w Polsce. Uczelnia dla gospodarki – gospodarka dla uczelni* (tom II, s. 41-49). Krosno: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie.
- Vergheese, K., Lewis, H., Lockrey, S. i Williams, H. (2015). Packaging's role in minimizing food loss and waste across the supply chain. *Packaging Technology and Science*, (28), 603-620. doi: 10.1002/pts.2127.
- Wasiak, M. i Leleń, P. (2018). Uwarunkowania prawne realizacji przewozu ładunków szybko psujących. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, (120: Transport), 437-446.
- Wawrzyniak, A., Krotki, M. i Stoparczyk, B. (2011). Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw. *Medycyna Rodzinna*, 1, 19-23.
- Witczak, A. i Sikorski, Z. (2020). *Szkodliwe substancje w żywności: pochodzenie, działanie, zagrożenia zdrowotne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA.
- Zin, M. (red.). (2008). *Utrwalanie i przechowywanie żywności*. Rzeszów: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Internet

Oh Deer Mama. (b.d.). *Jak przechowywać warzywa i owoce, aby nie traciły swoich wartości*. Pobrane 28 lutego 2022 z <http://ohdeermama.pl/jak-przechowywac-warzywa-i-owoce/#:~:text=Nie%20ka%C5%BCdy%20%C5%9Bwie%C5%BCy%20produkt%20przechowuje%20si%C4%99%20dobrze%20w,niszczy%20ich%20odporno%C5%9B%C4%87%20na%20choroby%20ple-%C5%9Bniowe%20i%20bakteryjne>

Przechowalnictwo Żywności. (2017, 20 maja). *Oddychanie roślin*. Pobrane 28 lutego 2022 z <http://przechowalnictwo-zywnosci.eu/oddychanie-roslin/>