

PAULINA NOWICKA, ANETA WOJDYŁO, JAN OSZMIAŃSKI

## ZAGROŻENIA POWSTAJĄCE W ŻYWNOŚCI MINIMALNIE PRZETWORZONEJ I SKUTECZNE METODY ICH ELIMINACJI

### Streszczenie

Produkty minimalnie przetworzone odznaczają się jakością zbliżoną do surowców pierwotnych. Są jednak dużo bardziej narażone na niekorzystne oddziaływanie czynników biologicznych, chemicznych i fizycznych aniżeli produkty wysoko przetworzone. W celu poprawy ich trwałości poszukuje się nowych i skutecznych metod nietermicznego utrwalania. Należą do nich ultradźwięki, techniki wysokich ciśnień, techniki membranowe, promieniowanie jonizujące, techniki z wykorzystaniem pulsacyjnego pola elektrycznego, pakowanie w modyfikowanej atmosferze, a także obniżanie aktywności wody i metody fizykochemiczne. Odpowiednio dobrane parametry tych procesów gwarantują stabilność mikrobiologiczną produktów o niskim stopniu przetworzenia oraz zachowanie ich wyjściowych cech sensorycznych.

**Słowa kluczowe:** żywność minimalnie przetworzona, zagrożenia mikrobiologiczne, nowoczesne metody utrwalania żywności

### Wprowadzenie

Głównym założeniem produkcji żywności minimalnie przetworzonej jest otrzymywanie produktów zbliżonych składem chemicznym oraz cechami sensorycznymi do surowców wyjściowych. Pierwsze wzmianki na temat tego typu żywności pojawiły się w drugiej połowie lat 80. XX wieku w Stanach Zjednoczonych, gdzie roczny obrót produktami minimalnie przetworzonymi wynosi około 25 mld dolarów [33]. Zainteresowanie konsumentów tymi produktami wynika głównie z promowania w ostatnich latach zdrowego trybu życia, który przejawia się w zmianie nawyków żywieniowych oraz w zwiększeniu aktywności fizycznej. Niedobory żywieniowe, jak i nadmierne spożywanie żywności, mogą prowadzić do rozwoju w ludzkim organizmie przewle-

---

*Mgr inż. P. Nowicka, dr hab. inż. A. Wojdyło, prof. dr hab. J. Oszmiański, Katedra Technologii Owo-  
ców, Warzyw i Zbóż, Wydz. Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chelmoń-  
skiego 37/41, 51-630 Wrocław. Kontakt: paulina.nowicka@up.wroc.pl*

kłych chorób niezakaźnych tj. otyłości, cukrzycy, nadciśnienia tętniczego krwi czy nowotworów. Z tego powodu konsumenci poszukują na rynku produktów naturalnych, o dużej wartości żywieniowej. W celu zaspokojenia potrzeb konsumentów przemysł żywnościowy wprowadził m.in. technologie łagodnego przetwarzania surowców, które sprzyjają zachowaniu w nich cech naturalnych [8, 33].

Pod pojęciem żywności minimalnie przetworzonej rozumie się produkty żywnościowe otrzymywane nowoczesnymi metodami niskoenergetycznymi, zapewniającymi ochronę naturalnych właściwości surowca wyjściowego [29]. Według innych źródeł jest to żywność, której produkcja ogranicza się do podstawowych zabiegów, umożliwiających uzyskanie produktu gotowego do użycia, o zachowanych naturalnych właściwościach [2, 6, 22]. Rzadziej natomiast pojęcie to rozumiane jest dosłownie, jako żywność dostarczana klientowi w pierwotnej formie, typowej dla surowca lub przetworzonej wyłącznie kulinarnie [29].

Pomimo różnic w interpretacji samego pojęcia „żywności minimalnie przetworzonej” wyróżnić można wspólne właściwości tej grupy produktów, do których należą [2, 16, 29, 32, 38]:

- zachowanie sensorycznych cech świeżości, np. turgoru, barwy, zapachu, smaku, dzięki wykorzystaniu łagodnych metod obróbki termicznej i utrwalania,
- zachowanie składników odżywczych wrażliwych w procesach przetwórczych, głównie witamin, prowitamin, fitoskładników i składników mineralnych,
- stosowanie metod kombinowanych, w których łagodnym metodom przetwarzania i utrwalania żywności towarzyszą metody biologiczne lub fizykochemiczne,
- wykorzystanie w procesie pakowania żywności modyfikowanych warunków i specjalnych opakowań indywidualnie dobranych do rodzaju produktu,
- zachowanie temperatury chłodniczej w całym łańcuchu produkcji i dystrybucji.

Powyższe wyróżniki pozwalają otrzymać żywność podobną lub identyczną pod względem składu do surowca wyjściowego i wydłużyć jej przydatność do spożycia nawet do 21 dni [16].

### **Owoce i warzywa minimalnie przetworzone**

Zainteresowanie owocami i warzywami minimalnie przetworzonymi wynika z prozdrowotnego działania ich składników na organizm człowieka. Zawierają one łatwo przyswajalne witaminy, związki fenolowe, składniki mineralne oraz pektyny. Wszystkie one są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, a ponadto zmniejszają ryzyko zachorowań na choroby cywilizacyjne. Stąd też pojawia się potrzeba przedłużenia możliwości spożycia niektórych owoców i warzyw poprzez optymalizację sposobów przechowywania i umiarkowanego przetwarzania [8]. Produkcja owoców i warzyw minimalnie przetworzonych polega w głównej mierze na zastosowaniu następujących etapów [2, 8, 22, 32]:

- sortowania – jest to jedna z najważniejszych operacji jednostkowych, ponieważ umożliwia wybór surowców o najlepszych właściwościach i optymalnej jakości: dojrzałe, zdrowe, jędrne, o pożądanym kształcie, barwie i wielkości,
- mycia i odkażania – to proces, którego istotą jest usunięcie wszelkich zewnętrznych zanieczyszczeń nieorganicznych, mikrobiologicznych i organicznych,
- osuszania, którego celem jest zapobieżenie rozwojowi bakterii, drożdży i pleśni,
- obierania, usuwania części niejadalnych i rozdrabniania, dzięki czemu otrzymuje się produkty gotowe do spożycia lub użycia,
- mieszania – to etap stosowany tylko w niektórych procesach, celem jego jest przygotowanie mieszanki surowców objętych recepturą bądź też otrzymanie żywności typu „*ready to eat*”,
- pakowania, które wraz z przechowywaniem chłodniczym odgrywa najważniejszą rolę w zachowaniu właściwości produktu i jego przydatności do spożycia,
- przechowywania chłodniczego, które dzięki utrzymaniu temperatury w przedziale 0 - 7 °C jest w stanie spowolnić przebieg procesów zachodzących w produktach żywnościowych.

W wyniku opisanych zabiegów uzyskuje się szeroki asortyment produktów owocowych i warzywnych o minimalnym stopniu przetworzenia, do których należą między innymi: pozbawione części niejadalnych i odpowiednio rozdrobnione owoce do koktajli, deserów, ciast, sałatek owocowych lub przekąsek. Ponadto otrzymuje się zestawy do sporządzania surówek, zup, galaretek, puddingów, kompotów, sosów, puree i soków oraz mieszanki sałat i kiełków [25, 33, 38].

### **Produkty pochodzenia zwierzęcego o minimalnym stopniu przetworzenia**

Produkty pochodzenia zwierzęcego o minimalnym stopniu przetworzenia pojawiły się w handlu znacznie wcześniej niż tego typu asortyment owocowo-warzywny. Wśród produktów tych wyróżnia się trzy podstawowe grupy [29]:

- mięso,
- mleko i produkty mleczne,
- ryby i jadalne bezkręgowce morskie.

Na schemat technologiczny produkcji mięsa porcjowanego składa się szereg etapów: przechowywanie chłodnicze surowca, mycie, porcjowanie, osuszanie, pakowanie. W zależności od sposobu pakowania trwałość mięsa można wydłużyć nawet do 14 dni, przy czym musi być zachowana temperatura przechowywania od -1 do 1 °C. W tym celu stosuje się tacki wykonane z materiału absorbującego wydzielający się sok komórkowy, folię obkurczającą się na produkcie oraz pakowanie w modyfikowanej atmosferze [29].

Mleko, ze względu na dużą zawartość wody oraz możliwość zanieczyszczenia podczas udoju, uważane jest za produkt nietrwały. Dlatego też istotne jest jego natychmiastowe schłodzenie po udoju. Poza tym, w celu podwyższenia jego trwałości prowadzi się szereg dodatkowych zabiegów, takich jak: baktofugacja, paskalizacja, homogenizacja, oczyszczanie na membranach czy pakowanie za pomocą właściwie dobranych systemów przemysłowych. Do grupy tej należą także napoje fermentowane, głównie kefir i jogurt. W tych produktach łagodne przetworzenie polega na wykorzystaniu fermentacji mlekowej, czyli biologicznym utrwaleniu [29].

Ryby i jadalne bezkręgowce morskie, analogicznie jak mięso, są chłodzone, myte, porcjowane i pakowane w modyfikowanej atmosferze. Podobnie jak w przypadku większości produktów minimalnie przetworzonych, podstawowym warunkiem jest zachowanie temperatury chłodniczej w całym łańcuchu produkcji i dystrybucji [29].

### **Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej**

W technologii minimalnego przetwarzania żywności najważniejsze jest prowadzenie procesu z wykorzystaniem łagodnych zabiegów, które zapewniają świeżość surowca poprzez ochronę biologiczną żywej tkanki. W ten sposób przygotowane produkty zachowują cechy zbliżone do surowców pierwotnych. Należy jednak pamiętać o aspekcie bezpieczeństwa żywności. Bezpieczna produkcja wymaga, aby poziom zanieczyszczenia produktów mikroorganizmami był poniżej dopuszczalnej wartości, a przydatność do spożycia – nie krótsza niż 4 dni, ze względu na konieczność dystrybucji produktów spożywczych [38]. Ryzyko związane z psuciem się żywności minimalnie przetworzonej jest wysokie, ponieważ jest ona narażona na niekorzystne oddziaływanie ze strony czynników biologicznych, chemicznych i fizycznych. Wykluczenie metod wysokotemperaturowych podczas utrwalania powoduje jedynie zmniejszenie liczby drobnoustrojów i ograniczenie ryzyka ich wzrostu, a nie zupełną ich eliminację [5, 39].

#### *Zagrożenia mikrobiologiczne*

Ryzyko związane z występowaniem zanieczyszczeń mikrobiologicznych w żywności minimalnie przetworzonej jest dużo większe aniżeli w produktach wysoko przetworzonych. Mięso porcjowane, mleko fermentowane, napoje mleczne, ryby, owoce i warzywa, tworzące gamę produktów niskopretworzonych, mogą być zanieczyszczone bakteriami, drożdżami, pleśniami czy wirusami, które powodują nie tylko niekorzystne zmiany w samym produkcie, ale są także bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia i życia konsumenta. Przez wiele lat główną przyczyną zatruć pokarmowych były bakterie z rodzaju: *Salmonella*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Escherichia* i *Pseudomonas*. Obecnie szczególną uwagę zwraca się na nowe czynniki chorobotwórcze, do których należą bakterie z rodzaju: *Listeria*, *Yersinia* i *Campylobacter* [5, 35, 38, 40].

Bakterie rodzaju *Listeria* występują w różnorodnych produktach żywnościowych, a szczególnie zasobnym ich źródłem jest żywność o niskim stopniu przetworzenia. Surowcami pochodzenia roślinnego szczególnie narażonymi na zanieczyszczenie tymi bakteriami są: sałata, szpinak, kapusta, kalafior, seler i brokuł oraz wszelkie surówki i sałatki pakowane w modyfikowanej atmosferze. Omawiane bakterie są bowiem mikroorganizmami mikroaerofilnymi, dla których 5 - 10-procentowa zawartość ditlenku węgla zwiększa intensywność ich namnażania [4, 26]. *L. monocytogenes* należą do bakterii psychrotrofowych, które są w stanie rozwijać się w szerokim przedziale temperaturowym: od -1 do 45 °C. Przechowywanie chłodnicze nie hamuje ich wzrostu, a jedynie wydłuża czas generacji. Poza odpornością na zmiany temperaturowe drobnoustroje te przeżywają w produktach o aktywności wody wynoszącej 0,90, a także tolerują wysokie stężenia chlorku sodu. Wytrzymują również szereg zabiegów technologicznych, jak: zamrażanie, krótkotrwałą pasteryzację oraz długotrwałe wysuszenie. Rosną zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. Ewentualność zanieczyszczenia żywności bakteriami *Listeria* jest więc bardzo duża [4, 26, 38]. *L. monocytogenes* są wewnątrzkomórkowymi patogenami zdolnymi do infekowania wielu typów komórek. Wywoływana przez nie choroba to listerioza, zaliczana do chorób bakteryjnych przenoszonych drogą pokarmową [37]. Pomimo że na infekcje wywołane tymi drobnoustrojami narażona może być duża część populacji, to listerioza występuje stosunkowo rzadko. Rocznie na milion mieszkańców odnotowuje się od 4 do 7 przypadków listeriozy. Choroba ta ma jednak najwyższy współczynnik śmiertelności w grupie pokarmowych chorób bakteryjnych. Wynosi ona 20 % u osób dorosłych, a w przypadku noworodków przekracza nawet 50 % [37].

*Yersinia* to rodzaj bakterii Gram-ujemnych, należących do rodziny *Enterobacteriaceae*. Gatunkiem tego rodzaju, najpowszechniej występującym w żywności, jest *Yersinia enterocolitica*. Obejmuje on przede wszystkim szczepy saprofityczne, ale znane są także szczepy chorobotwórcze, powodujące zakażenia pokarmowe, zwane jersiniozą. Jersinioza to odzwierzęca choroba zakaźna, wywołująca ostre lub przewlekłe dolegliwości przewodu pokarmowego. Wspomniany gatunek bakterii wykazuje cechy psychrotrofowe, rozwija się bowiem, podobnie jak *L. monocytogenes*, w temp. od -2 do 45 °C. Jest także odporny na długotrwałe chłodnicze przechowywanie oraz pakowanie w modyfikowanej atmosferze, ponieważ jest w stanie przeżyć wysokie stężenia CO<sub>2</sub>, a całkowita inaktywacja następuje dopiero w 100 % tego gazu [19]. Najczęstszą przyczyną zachorowań jest spożycie surowego mleka, produktów mięsnych, warzyw i skorupiaków. Zatrucia bakteriami *Y. enterocolitica* występują zdecydowanie rzadziej aniżeli zakażenia powodowane przez inne bakterie [25].

Najczęściej odnotowywaną przyczyną zakażeń pokarmowych w krajach wysoko rozwiniętych, takich jak: USA, Wielka Brytania, Francja, Norwegia, Dania czy Szwecja, są bakterie z rodzaju *Campylobacter*. W Stanach Zjednoczonych liczba kampylo-

bakterioz wynosi rocznie 2,4 mln. Bakteria ta, w odróżnieniu od wcześniej omawianych patogenów jelitowych, należy do mikroorganizmów bardzo wrażliwych na działanie czynników środowiskowych. Ludzie zakażają się najczęściej *Cambylobacter jejuni* przez zanieczyszczoną wodę lub żywność: głównie mleko i niewłaściwie przygotowany drób. Aby skutecznie wyeliminować omawiane mikroorganizmy z pożywienia, należy pamiętać o właściwej obróbce termicznej produktów spożywczych oraz o przestrzeganiu podstawowych zasad higieny [9].

Poza bakteriami, które zanieczyszczają produkty spożywcze, w żywności minimalnie przetworzonej identyfikuje się także grzyby pleśniowe. Niekorzystne oddziaływanie pleśni wynika ze strat, jakie powstają na skutek ich rozwoju na produktach spożywczych. Powodują one rozkład białek, tłuszczów, witamin i składników mineralnych. Na rozwój grzybów strzępkowych szczególnie narażone są warzywa i owoce o minimalnym stopniu przetworzenia. Pleśnie, poza niekorzystnymi zmianami w samym produkcie, są także szczególnie niebezpieczne dla człowieka. Wywołują alergię, a ich wtórne metabolity – mikotoksyny, mogą być przyczyną ostrych zatruc [30].

Ryzyko zanieczyszczenia mikrobiologicznego produktów minimalnie przetworzonych jest bardzo duże. Istnieje szereg drobnoustrojów zdolnych do rozwoju w różnych warunkach, w tym także w czasie chłodniczego przechowywania. Podczas procesów utrwalania należy więc korzystać z takich rozwiązań, które będą w stanie skutecznie eliminować bakterie, wirusy i grzyby.

### **Nowoczesne metody utrwalania żywności skutecznym narzędziem eliminacji zagrożeń w żywności minimalnie przetworzonej**

Do nowoczesnych metod utrwalania, które można wykorzystać podczas produkcji żywności o niskim stopniu przetworzenia, należą: ultradźwięki, techniki wysokich ciśnień, utrwalanie radiacyjne, techniki z wykorzystaniem pulsacyjnego pola elektrycznego oraz pakowanie w modyfikowanej atmosferze.

Fale akustyczne o częstotliwości powyżej 20 kHz, czyli tzw. ultradźwięki (sonifikacja ultradźwiękowa), mają w przemyśle spożywczym coraz większe zastosowanie. Wykorzystuje się je m.in. do rozdrabniania cząstek fazy rozproszonej emulsji i zawiesin na przykład w przetwórstwie mleczarskim oraz w procesach przetwarzania i utrwalania żywności [15]. W technologii żywności wykorzystuje się przede wszystkim fale ultradźwiękowe o wysokiej mocy i małej częstotliwości od 20 do 100 kHz, w celu wywołania efektu kawitacji, który wpływa na biochemiczne i fizykochemiczne właściwości produktu, a w szczególności na dezintegrację struktur komórkowych [18]. Niszczenie ścian i błon komórkowych przyczynia się do inaktywacji mikroorganizmów, ale bardzo często powoduje także łatwiejsze uwalnianie zawartości komórki do środowiska. Z tego też względu technika ta nie nadaje się do utrwalania surowców

pochodzenia roślinnego. Może jednak być skuteczna w procesach utrwalania mięsa, mleka, soków i sosów. Szczególnie dobre efekty niszczenia drobnoustrojów uzyskuje się z połączenia sonifikacji ultradźwiękowej z odpowiednio dobranym, wysokim ciśnieniem (manosonifikacją) [15, 27, 37].

Zastosowanie wysokich ciśnień to niekonwencjonalna metoda utrwalania żywności, polegająca na nietermicznym niszczeniu mikroorganizmów za pomocą wysokiego ciśnienia hydrostatycznego, określanego jako UHP (*Ultra High Pressure*), bądź HHP (*High Hydrostatic Pressure*) [34]. Zasada metody wysokociśnieniowego utrwalania żywności polega na umieszczeniu produktu spożywczego w komorze ciśnieniowej, w której jest on poddawany ciśnieniu hydrostatycznemu rzędu od 100 do 1000 MPa przez kilka minut [27]. Wolną przestrzeń w komorze wypełnia się cieczą, która przenosi ciśnienie bezpośrednio na produkt. W ten sposób dochodzi do zmniejszenia odległości między cząsteczkami i zachodzącymi między nimi interakcjami. Pod wpływem ciśnienia zmniejsza się objętość molowa produktu, co jest procesem odwracalnym. Wysokie ciśnienie oddziałuje na duże cząstki tj. białka, enzymy i polisacharydy, ponieważ ich objętość molowa łatwiej maleje. Cząstki mniejsze natomiast, tj. witaminy, aminokwasy czy substancje smakowe zostają nienaruszone. W ten sposób powstaje sterylny produkt bez konieczności wykorzystania wysokich temperatur, promieniowania czy użycia środków konserwujących. Poza unieszkodliwianiem zagrożeń biologicznych, w wyniku utrwalania wysokociśnieniowego, może dochodzić także do inaktywacji enzymów. Nie obserwuje się natomiast powstawania substancji toksycznych, a ponadto produkt ma cechy świeżego surowca o tylko nieznacznie zmniejszonej wartości odżywczej [6, 11, 12, 28].

Utrwalanie radiacyjne żywności odbywa się za pomocą promieniowania jonizującego i zaliczane jest do „technologii dużych możliwości”, które stanowią alternatywę dla tradycyjnych, wysokotemperaturowych metod utrwalania. W żywności o niskim stopniu przetworzenia wykorzystywane są przede wszystkim średnie dawki (1 – 10 kGy) promieniowania [10, 13]. Zastosowanie ich powoduje znaczne ograniczenie liczby mikroorganizmów, przyspiesza obumieranie pozostałych przy życiu komórek oraz hamuje proces rozmnażania. Średnie dawki zmniejszają albo całkowicie eliminują ryzyko zatrucia pokarmowych, wywołanych patogenami: *Salmonellą* i *Staphylococcus*, a także przyczyniają się do zmniejszenia produkcji toksyn. Poza skuteczną eliminacją mikroorganizmów, utrwalanie radiacyjne może przedłużać trwałość żywności poprzez zahamowanie procesów kiełkowania oraz spowolnienie dojrzewania. W niektórych produktach możliwa jest także eliminacja pozostałości substancji chemicznych oraz unieszkodliwianie szkodników płodów rolnych. Zaletą utrwalania radiacyjnego jest to, że żywność może być napromieniana w opakowaniach, co skutecznie zapobiega jej wtórnemu zanieczyszczeniu. Zastosowanie odpowiednich opakowań pozwala ponadto napromieniać żywność w różnych warunkach, np. w niskiej temperaturze czy w mody-

fikowanej atmosferze [5, 6, 10, 13]. Żywność utrwalana radiacyjnie nie jest toksyczna ani radioaktywna. Faktem jest jednak, że wraz ze zwiększaniem dawki promieniowania dochodzi do intensyfikacji zmian niektórych składników odżywczych. Pod wpływem promieniowania jonizującego mogą tworzyć się wolne rodniki, dochodzi także do pewnych ubytków witamin i białek, szczególnie wrażliwych na napromienianie [6, 10, 13].

Pulsacyjne pole elektryczne (ang. *pulsed electric fields* – PEF) jest jedną z nowoczesnych metod nietermicznego utrwalania żywności, gwarantującą uzyskanie produktów o wyższej, w porównaniu z utrwalaniem termicznym, zawartości składników odżywczych i fitozwiązków [41]. Proces z wykorzystaniem pulsacyjnego pola elektrycznego polega na podaniu krótkich impulsów wysokiego napięcia (od 20 do 80 kV/cm) do materiału umieszczonego pomiędzy dwiema elektrodami. Prąd elektryczny o wysokim napięciu przepływa przez produkt zaledwie przez kilka mikro- lub milisekund. W ten sposób nie dochodzi do ogrzania żywności, ale następują lokalne zmiany struktury i zniszczenie błon komórkowych [27]. Utrwalanie żywności metodą PEF jest zdecydowanie lepszą technologią niż tradycyjna obróbka termiczna żywności, ponieważ gwarantuje zachowanie cech sensorycznych i fizycznych produktów, przy jednoczesnej inaktywacji zanieczyszczeń biologicznych. Nie do końca nadaje się jednak do utrwalania owoców i warzyw, ponieważ stres spowodowany chwilowymi zmianami w momencie osiągania potencjału membranowego może prowadzić do utraty turgoru i zwiększenia możliwości ekstrakcji z komórek wartościowych składników [27, 34, 39, 41].

Zainteresowanie konsumentów żywnością świeżą, jak najmniej przetworzoną, a równocześnie o długiej trwałości, sprzyja rozwojowi nowych technik pakowania żywności i sposobów jej przechowywania. Do najbardziej popularnych należą: pakowanie w warunkach podwyższonej czystości powietrza (CRT), pakowanie w modyfikowanej atmosferze (MAP) oraz przechowywanie w kontrolowanej atmosferze (CAS) [31].

CRT jest technologią najczęściej stosowaną w produkcji wymagającej wysokiej czystości tj. w optyce, biotechnologii, farmacji, elektronice, ale coraz częściej również w technologii spożywczej np. w mleczarstwie. Polega ona na zaprojektowaniu pomieszczenia o kontrolowanym stopniu zanieczyszczeń: kurzu, bakterii, pyłów, cząstek chemicznych. Pomieszczenia takie są specjalnie zaprojektowane, aby nie generowały dodatkowych zanieczyszczeń, wyposażone są w specjalne układy filtrów, wejście do nich poprzedza śluza powietrzna, a pracownicy wewnątrz zaopatrzeni są w specjalne ubrania ochronne. W przemyśle spożywczym wykorzystanie tej technologii może stanowić jeden z elementów Dobrej Praktyki Produkcyjnej, dodatkowo gwarantując eliminację wtórnych zanieczyszczeń żywności [1].



MAP polega na modyfikacji składu atmosfery znajdującej się wewnątrz opakowania poprzez wprowadzenie właściwie dobranej mieszaniny gazów. Najczęściej wykorzystywanymi gazami w omawianej technologii są: azot, tlen i ditlenek węgla. Azot jest gazem obojętnym, który nie wykazuje działania bakteriostatycznego. Tlen hamuje rozwój bakterii beztlenowych, ale sprzyja wzrostowi bakterii tlenowych. Poza tym odpowiedzialny jest za szereg niekorzystnych procesów zachodzących w żywności, jak: utlenianie, jęlczenie tłuszczów, dojrzewanie i starzenie się surowców pochodzenia roślinnego. Ditlenek węgla natomiast ma działanie bakteriostatyczne i spowalnia dojrzewanie niektórych produktów. MAP wykorzystuje te gazy w odpowiednich stężeniach, w zależności od rodzaju pakowanej żywności oraz przepuszczalności zastosowanego materiału [3, 14, 36]. Poza mieszaniną gazów, istotnymi w technice pakowania w MA są właściwości i rodzaj zastosowanego opakowania [21, 24]. Przemysł MAP ma coraz większy wybór materiałów opakowaniowych, ale nadal większość z nich wykonana jest z trwałych polimerów: polichlorku winylu, polietylenu etylu, polipropylenu i polietylenu [20, 36]. Odpowiednio dobrane opakowanie i skład atmosfery wpływają m.in. na: zmniejszenie transpiracji, intensywności oddychania oraz biosyntezy etylenu w tkance owoców i warzyw. Dodatkowo powoduje znaczne ograniczenie wzrostu mikroorganizmów tlenowych oraz Gram-ujemnych. Produkt zapakowany w modyfikowanej atmosferze jest także skutecznie chroniony przed niekorzystnym wpływem środowiska zewnętrznego, dzięki czemu jest dłużej świeży i bezpieczny dla konsumenta [31, 36].

CAS jest metodą zbliżoną do MAP, jednak poza zmianą składu powietrza (najczęściej  $O_2 < 8\%$ ,  $CO_2 > 1\%$ ) sposób ten wymaga również stałej i dokładnej kontroli poszczególnych składników atmosfery oraz korygowania jej w czasie – poprzez wprowadzenie świeżego powietrza lub azotu albo chemiczne usunięcie nadmiaru ditlenku węgla [14].

MAP nie zawsze może być stosowane. Kiedy nie jest to możliwe, alternatywą staje się wykorzystanie opakowań aktywnych (AP) czyli takich, które zmieniają warunki otoczenia żywności tak, aby umożliwić przedłużenie jej trwałości, zapewnienie bezpieczeństwa lub poprawę cech sensorycznych, zachowując przy tym optymalną jakość. AP stanowią liczną i zróżnicowaną grupę zarówno pod względem przeznaczenia, jak i wykorzystywanych w nich rozwiązań. Wśród nich wyróżnia się:

- opakowania zdolne do pochłaniania tlenu, wyposażone najczęściej w saszetki przepuszczające tlen, w których znajdują się pochłaniacze tlenu np. związki żelaza, siarki i boru, alkohole lub kwasy tłuszczowe,
- opakowania regulujące wilgotność, w których saszetki wypełnione są: żelem krzemionkowym, zeolitami, włóknami celulozy lub chlorkiem sodu,

Tabela 1. Warunki przechowywania wybranych owoców i warzyw w CA.

Table 1. Storage conditions of selected fruit and vegetables under CA.

Produkty Products	Warunki przechowywania w CA Storage Conditions under CA				Czas magazynowania [dni] Storage life [days]
	T [°C]	RH [%]	O <sub>2</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	
Czarna porzeczka Blackberry	0 - 5	90 - 95	1 - 3	1 - 5	3-6
Wiśnia / Sour cherry	0 - 5	90 - 95	3 - 10	10- 12	3-7
Kiwi / Kiwifruit	0 - 5	90 - 95	1 - 2	3 - 5	3 - 5 (miesiące / months)
Brzoskwinia / Peach	0 - 5	90 - 95	1 - 2	3 - 5	14 - 28
Śliwka / Plum	0 - 3	90 - 95	1 - 2	0 - 5	14 - 35
Raspberry	0 - 5	90 - 95	5 - 10	15-20	3 - 6
Banan / Banana	10 - 15	85 - 90	2 - 5	2 - 5	7 - 28
Cytryna / Lemon	9 - 15	85 - 90	5 - 10	0 - 10	1 - 6 (miesiące / months)
Kabaczek / Cabbage	0 - 5	95 - 100	3 - 5	3 - 7	5 - 6 (miesiące / months)
Lettuce	0 - 5	98 - 100	2 - 5	0	14 - 21
Grzyby / Mushrooms	8	90	1 - 21	1 - 10	7 - 14
Cebula / Onion, dry	0 - 5	65 - 70	1 - 3	5 - 10	1 - 8 (miesiące / months)
Pomidor / Tomato	8 - 12	85 - 90	3 - 5	0 - 5	7 - 21

Źródło: / Source: [14]

- opakowania regulujące przepuszczalność gazów, wykonane z materiałów opakowaniowych, które zmieniają swoje właściwości barierowe wobec gazów w zależności od temperatury,
- opakowania pochłaniające etylen, wzbogacone w saszetki z materiału przepuszczającego etylen, wypełnione porowatymi materiałami, takimi jak glinki i wermikulity,
- opakowania antymikrobowe, które chronią zapakowaną żywność przed drobnoustrojami dzięki czynnikom chemicznym dodawanym do opakowań w formie pakietów. Najczęściej stosowanymi czynnikami antymikrobowymi są: kwasy organiczne i ich sole, siarczki, siarczyny i alkohole. Dopuszczalne jest także stosowanie gazów o charakterze bakteriostatycznym i bakteriobójczym, jak: ditlenki siarki, węgla lub chloru [7, 17, 23].

W technologii minimalnego przetwarzania, poza wspomnianymi nowoczesnymi metodami, stosuje się również metody tradycyjne związane z obniżaniem aktywności

wody produktu lub dodatkiem niewielkiej ilości związków chemicznych tj. kwasów organicznych i nieorganicznych, ekstraktów roślinnych, ziół i przypraw [35].

### Podsumowanie

W technologii minimalnego przetwarzania istotą jest zastąpienie utrwalania wysokotemperaturowego inną, równie skuteczną metodą, która w znacznie mniejszym stopniu będzie powodowała ubytki składników odżywczych w produkcie. Otrzymanie żywności podobnej do surowców wyjściowych, ale o wydłużonej przydatności do spożycia nie jest proste pod względem technologicznym. Wymaga bowiem stosowania metod kombinowanych lub nowoczesnych metod utrwalania i całkowitego wyeliminowania wysokoenergetycznych sposobów przetwarzania żywności. Aby więc otrzymać bezpieczną żywność minimalnie przetworzoną, należy przestrzegać określonych zasad w całym łańcuchu produkcji. Należą do nich:

- wybór surowca o najlepszych właściwościach i optymalnej jakości,
- zachowanie łańcucha chłodniczego w całym procesie produkcji,
- przestrzeganie zasad Dobrej Praktyki Produkcyjnej (GMP), Dobrej Praktyki Higienicznej (GHP) oraz HACCP,
- dobór odpowiednich parametrów w procesie nietermicznego utrwalania żywności.

Spełnienie podanych wymagań pozwoli na skuteczną eliminację zagrożeń mikrobiologicznych i chemicznych w produkcie finalnym, gwarantując tym samym stabilność mikrobiologiczną produktów minimalnie przetworzonych oraz zachowanie ich wyjściowych cech sensorycznych.

*Praca współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.*



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



### Literatura

- [1] Aires G.S.B., Walter E.H.M., Faria J.,A.,F., Roig S.M.: Restrictions to the use of clean rooms for packaging and pasteurized milk. *Int. J. Dairy Technol.*, 2010, **63** (2), 266-273.
- [2] Biegańska-Marecik R., Czapski J.: Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plastrów o małym stopniu przetworzenia. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2003, **2** (2), 115-127.
- [3] Caleb O.J., Mahajan P.V., Al-Said F.A., Opara U.L.: Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the microbial consequences – A review. *Food Bioprocess. Technol.*, 2013, **6**, 303-329.

- [4] Carlin F., Nguyen-the C., Silva A.A.D., Cochet C.: Effects of carbon dioxide on the fate of *Listeria monocytogenes*, of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. *Int. J. Food Microbiol.*, 1996, **32**, 159-172.
- [5] Czapski J., Limanówka-Jacygrad D.: Nietermiczne metody przedłużania trwałości żywności o małym stopniu przetworzenia. *Przem. Spoż.*, 1996, **3**, 27-30.
- [6] Czapski J.: Czy nowe znaczy bezpieczne? *Przem. Spoż.*, 2007, **4**, 12-15.
- [7] Czapski J.: Trendy w technologii aktywnych opakowań żywności ze szczególnym uwzględnieniem produktów owocowo-warzywnych. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2007, **10**, 36-38.
- [8] Czapski J.: Wpływ procesów przetwórczych na właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2007, **11**, 8-9.
- [9] Daczowska-Kozon E.: Jak przeciwdziałać obecności *Campylobacter* w żywności? *Przem. Spoż.*, 2002, **2**, 42-43.
- [10] Dzwolak W.: Radiacyjna obróbka żywności. *Przem. Spoż.*, 2010, **64 (4)**, 24-25.
- [11] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Perspektywy techniki wysokich ciśnień w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.*, 2006, **4**, 24-27.
- [12] Hać-Szymańczuk E., Mroczek J.: Zastosowanie techniki wysokich ciśnień w technologii żywności, a szczególnie w przetwórstwie mięsa. *Med. Weter.*, 2006, **62 (6)**, 637-640.
- [13] Janowicz M.: Wykorzystanie promieniowania jonizującego w technologii żywności. *Przem. Spoż.*, 2006, **4**, 30-37.
- [14] Kandasamy P., Monitra R., Mukherjee S.: Diffusion Channel System for Enhancing the Shelf Life of Fruits and Vegetables under Controlled/Modified Atmosphere. *Int. J. Biol.-Resource Stress. Manag.*, 2012, **3 (3)**, 394-403.
- [15] Kapturowska A., Stolarzewicz I., Chmielewska I., Białecka-Florjańczyk E.: Ultradźwięki – narzędzie do inaktywacji komórek oraz izolacji białek wewnątrzkomórkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **4 (77)**, 160-171.
- [16] Kowalska H.: Żywność minimalnie przetworzona-owoce i warzywa. *Przem. Spoż.*, 2006, **6**, 24-31.
- [17] Kozak W., Cierpiszewski R.: Opakowania aktywne. *Przem. Spoż.*: 2010, **64**, 54-57.
- [18] Kozłowska M., Górka A.: Możliwości zastosowania ultradźwięków w przetwórstwie mięsa. Część II. Wpływ ultradźwięków na proteolizę i ultrastrukturę mięśni, proces gotowania mięsa i inaktywację mikroflory. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2007, **1**, 56-59.
- [19] Latiful Bari M., Anwar Hossain M., Isshiki K., Ukuku D.: Review article. Behavior of *Yersinia enterocolitica* in foods. *J. Pathog.*, 2011, **1**, 1-14.
- [20] Lin D., Zhao Y.: Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *CRFSFS*, 2007, **6**, 60-75.
- [21] Mangaraj S., Goswami T.K., Mahajan P.V.: Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Eng. Rev.*, 2009, **1**, 1-26.
- [22] Martins C.G., Behrens J.H., Destro M.T., Franco B.D.G.M., Vizeu D.M., Hutzler B., Landgraf M.: Gamma radiation in the reduction of *Salmonella* spp. inoculated on minimally processed watercress (*Nasturtium officinalis*). *Rad. Phys. Chem.*, 2004, **71**, 87-91.
- [23] Martyn A., Targoński Z.: Antymikrobiologiczne opakowania żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **5 (72)**, 33-44.
- [24] Mastromatteo M., Conte A., Del Nobile M.A.: Combined use of modified atmosphere packaging and natural compounds for food preservation. *Food Eng. Rev.*, 2010, **2**, 28-38.
- [25] Molska I.: Znaczenie bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w produktach spożywczych. *Przem. Spoż.*: 2007, **3**, 30-32.
- [26] Oliveira M.A., Ribeiro E.G.A., Bergamini A.M.M., Martinis E.C.P.: Quantification of *Listeria monocytogenes* in minimally processed leafy vegetables using a combined method based on enrichment and 16S rRNA real-time PCR. *Food Microbiol.*, 2010, **27**, 19-23.

- [27] Oszmiański J.: Nowe trendy w utrwalaniu soków owocowych i warzywnych. Ważenie-Dozowanie-Pakowanie, 2009, **4 (36)**, 44-47.
- [28] Pietrzak D.: Perspektywa stosowania wysokich ciśnień w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **2 (69)**, 16-28.
- [29] Pietrzyk S.: Żywność minimalnie przetworzona. Laboratorium Przemysłowe, 2008, **11** 18-23.
- [30] Postupolski J., Rybińska K., Ledzion E., Kurpińska-Jaworska J., Szczęśna M., Karłowski K.: Mikotoksyny w żywności – zmiany w ustawodawstwie Unii Europejskiej. Przem. Spoż., 2010, **64**, 16-18.
- [31] Radziejewska-Kubzdela E., Biegańska-Marecik R.: Pakowanie mało przetworzonych owoców i warzyw w atmosferze modyfikowanej. Przem. Spoż., 2009, **6**, 30-33.
- [32] Radziejewska-Kubzdela E., Czapski J., Czaczyk K., Zielińska A.: Wpływ moczenia w wodzie utlenionej oraz pakowania w atmosferze modyfikowanej na przedłużenie trwałości selera korzeniowego mało przetworzonego. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., **2003**, **2 (2)**, 129-137.
- [33] Ragaert P., Devlieghere F., Debevere J.: Review. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. Postharves Biol. Technol., 2007, **44**, 185-194.
- [34] Ramaswamy H.S., Chen C., Marcotte M.: Novel processing technologies for food preservation. In: Processing Fruits: science and technology. Barrett D.M. Somogyi L.P. Ramaswamy H. Boca Raton, CRC Press, FL, USA 2005, pp. 211-214.
- [35] Raybaudi-Massilia R., Mosqueda-Melgar J., Soliva-Fortuny R., Mart'in-Belloso O.: Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. CRFSFS, 2009, **8**, 157-180.
- [36] Rodriguez-Aguilera R., Oliveira J.C.: Review of design engineering methods and applications of active and modified atmosphere packaging systems. Food Eng. Rev., 2009, **1**, 66-83.
- [37] Sip A.: Bakterie *Listeria monocytogenes* – część I. Występowanie i źródła zanieczyszczeń żywności. Przem. Spoż., 2010, **64**, 40-43.
- [38] Szwejdka J., Czapski J.: Warzywa minimalnie przetworzone a skażenie mikrobiologiczne. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2007, **5**, 21-23.
- [39] Witrowa-Rajchert D.: Pulsacyjne pole elektryczne – zastosowanie w produkcji żywności projektowej. Przem. Spoż., 2012, **66**, 32-34.
- [40] Zielińska A., Czapski J.: Wpływ okresowego podwyższenia temperatury w czasie przechowywania na jakość mikrobiologiczną marchwi o małym stopniu przetworzenia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **1 (46) Supl.**, 235-245.
- [41] Zhao W., Tang Y., Lu L., Chen X., Li C. Review: Pulsed Electric Fields Processing of Protein – Based Food. Food Bioproc Technol, **1**, 1-12.

## MICROBIOLOGICAL HAZARDS IN MINIMALLY PROCESSED FOODS AND EFFECTIVE METHODS TO ELIMINATE THEM

### S u m m a r y

Minimally processed products are distinguished by a quality similar to that of original raw materials. However, they are much more vulnerable to the adverse effects of biological, chemical, and physical factors than the highly processed products. In order to improve their stability, new and effective methods of non-thermal preservation are sought. Among them, there are ultrasounds, high-pressure processing, membrane techniques, ionizing radiation, techniques utilizing pulsed electric field, packing under a modified atmosphere, and, also, reduction of water activity and physical-chemical methods. The properly se-

lected parameters of those processes assure the microbiological stability of low-processed products and the maintaining of their initial sensory attributes.

**Key words:** minimally processed foods, microbiological risks, new methods of food preservation 