



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

MROŻONE MIESZANKI WARZYNNE

analiza jakości rynkowej



Badania realizowane w ramach:

**Zadanie 1. Określenie wymogów jakościowych dla mieszanek warzyw mrożonych
na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Umowa nr DRR.prz.070.2.2025.)**



Opracowanie:

dr inż. Joanna Markowska, mgr inż. Anna Drabent, mgr inż. Natalia Grzybowska,
dr hab. inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska, prof. IBPRS-PIB,
mgr inż. Ewelina Włodarczyk, dr inż. Łukasz Przybysz,
mgr inż. Agata Szkup, mgr inż. Klaudia Miłak

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Wacława Dąbrowskiego - Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa w Łodzi

Wymagania jakościowe dla mrożonych mieszanek warzywnych

Mrożone mieszanki warzywne stanowią istotną grupę produktów utrwalonych, zapewniających całoroczną dostępność warzyw przy zachowaniu ich wysokiej użyteczności technologicznej oraz konsumpcyjnej. O jakości tych wyrobów decyduje zarówno właściwy dobór surowców roślinnych, jak i prawidłowy przebieg procesów technologicznych obejmujących ich przygotowanie, w tym zamrożenie oraz przechowywanie w kontrolowanych warunkach. Warzywa, jako surowce charakteryzujące się wysoką zawartością wody oraz intensywną aktywnością metaboliczną, wykazują również ograniczoną trwałość w stanie świeżym. Zastosowanie technologii mrożenia pozwala na szybkie zahamowanie procesów enzymatycznych i mikrobiologicznych odpowiedzialnych za pogorszenie jakości surowca. W porównaniu z innymi metodami utrwalania żywności, zamrażanie umożliwia zachowanie w największym stopniu naturalnej struktury tkankowej, barwy, smaku oraz wartości odżywczej warzyw, bez konieczności stosowania dodatków konserwujących. Alternatywne metody utrwalania, takie jak suszenie, pasteryzacja, sterylizacja czy procesy fermentacyjne (kiszenie), mimo że skutecznie przedłużają trwałość produktów, wpływają znacząco na jakość końcowa produktu. Suszenie prowadzi do znacznej utraty wody, co skutkuje nieodwracalnymi zmianami tekstury, skurczeniem tkanek oraz obniżeniem zawartości związków, w tym witamin i substancji bioaktywnych. Obróbka cieplna stosowana w procesach pasteryzacji i sterylizacji może powodować degradację barwników naturalnych, zmiany smaku oraz obniżenie wartości odżywczej, szczególnie w przypadku witaminy C i niektórych składników mineralnych. Z kolei fermentacja, choć nadaje produktom pożądane cechy sensoryczne, istotnie modyfikuje ich pierwotny profil smakowy i ogranicza możliwości dalszego zastosowania kulinarnego. Technologia mrożenia jest szczególnie korzystna w przypadku warzyw mrożonych oraz wieloskładnikowych mieszanek warzywnych, ponieważ pozwala na utrzymanie wysokiej jakości poszczególnych komponentów przy jednoczesnym zachowaniu ich zróżnicowanej struktury i właściwości sensorycznych. Szybkie mrożenie ogranicza tworzenie dużych kryształów lodu, minimalizując uszkodzenia ścian komórkowych, co ma kluczowe znaczenie dla zachowania jędrności i atrakcyjnego wyglądu warzyw po rozmrożeniu. Ponadto umożliwia łączenie składników o różnej wrażliwości na procesy utrwalania, zapewniając jednorodną jakość całego produktu. W rezultacie mrożone mieszanki warzywne stanowią wygodną, trwałą i wartościową alternatywę dla surowców świeżych, spełniając oczekiwania zarówno konsumentów, jak i przemysłu spożywczego.

Warzywa przeznaczone do mrożenia powinny spełniać stosowne wymagania dotyczące jakości handlowej, wydajności surowcowej oraz udziału części jadalnych. Istotne znaczenie mają także wyrównany stopień dojrzałości technologicznej, odporność na choroby i szkodniki, możliwość zbioru zmechanizowanego oraz ograniczona podatność na uszkodzenia mechaniczne, co sprzyja uzyskaniu jednorodnego produktu końcowego, w tym mieszanek warzywnych.

Mrożone mieszanki warzywne mogą charakteryzować się zróżnicowanym składem – od prostych kompozycji dwuskładnikowych, takich jak połączenia warzyw korzeniowych i strączkowych (np. marchew z groszkiem zielonym), po rozbudowane propozycje wieloskładnikowe zawierające kilka gatunków warzyw o odmiennych właściwościach fizykochemicznych. Zróżnicowanie to wymaga indywidualnego podejścia do doboru surowców oraz parametrów procesu technologicznego. W przypadku mieszanek o niewielkiej liczbie składników kluczowe znaczenie ma jednorodność surowca oraz zachowanie właściwych proporcji poszczególnych komponentów. Natomiast w produktach wieloskładnikowych szczególnie istotna jest spójność technologiczna warzyw, obejmująca m.in. ich zbliżoną reakcję na procesy blanszowania, zamrażania i rozmrażania, a także stabilność struktury tkankowej i cech sensorycznych po dalszej obróbce kulinarnej, takiej jak gotowanie, smażenie czy duszenie.

Na etapie kwalifikacji surowców do mrożenia ocenie podlegają m.in. świeżość warzyw, stopień dojrzałości technologicznej, wartość odżywcza oraz cechy wizualne, w tym barwa, wielkość i kształt elementów. Równie istotna jest czystość mikrobiologiczna surowców oraz ich odporność na uszkodzenia powstające podczas zbioru, transportu i wstępnej obróbki. Odpowiednie przygotowanie warzyw do mrożenia, obejmujące sortowanie, mycie, rozdrabnianie oraz blanszowanie, w połączeniu z utrzymaniem stabilnych warunków temperaturowych na etapie zamrażania, magazynowania i dystrybucji, umożliwia zachowanie wysokiej jakości sensorycznej oraz wartości odżywczej mrożonych mieszanek warzywnych przez długi okres przechowywania.

W Tabeli 1 zestawiono zbiór cech produktu, które podlegają ocenie celem oszacowania jakości gotowych mrożonych mieszanek warzywnych.

Tabela 1. Wytyczne dotyczące mrożonych mieszanek warzyw

Cechy produktu
Klasa jakości – Ekstra, I, II
Wygląd, zawartość % wag. – warzywa pokruszone, – warzywa uszkodzone mechanicznie, – zawartość zlepieńców trwałych, – warzywa z oparzeliną mrozową, – warzywa niekształtne, fragmenty, – warzywa oblodzone
Barwa i wygląd warzyw, % wag. – warzywa przejrzałe, – warzywa niedojrzałe, – warzywa o barwie zmienionej na powierzchni przekroju cięcia, – inne wady wyglądu
Zdrowotność zawartość warzyw uszkodzonych przez choroby i szkodniki, sztuk/500g
Smak, zapach i konsystencja (przed i po rozmrożeniu)
Aktywność enzymatyczna (test na peroksydazę)
Czystość – zawartość nieszkodliwych zanieczyszczeń pochodzenia roślinnego, sztuk/500g, – zawartość zanieczyszczeń mineralnych, % wag.

Material badawczy

Analizom poddano mrożone mieszanki warzywne dostępne w sprzedaży detalicznej na rynku polskim reprezentujące typowe rozwiązania oferowane konsumentom. Produkty pochodziły z upraw sezonu 2024/2025, zgodnie z informacjami deklarowanymi przez producentów na opakowaniu.

Podstawowy skład mieszanek stanowiły: marchew, fasolka szparagowa, kalafior, brokuł, seler, groszek zielony oraz brukselka. Warzywa należały do różnych grup użytkowych i botanicznych, tj: korzeniowych, kapustnych oraz strączkowych, charakteryzujących się odmienną strukturą, barwą i właściwościami fizykochemicznymi. Pozwoliło to na przeprowadzenie kompleksowej analizy jakości rynkowej mrożonych mieszanek warzywnych dostępnych w handlu detalicznym. Wyniki przedstawiono jako średnie zakresy, obejmujące

dane dla rodzaju warzywa pochodzącego od różnych producentów, przy czym od każdego producenta analizowano co najmniej po pięć partii produkcyjnych.

Metody badań

Mrożone warzywa poddano ocenie wybranych cech jakościowych zgodnie z metodyką opracowaną na podstawie obowiązujących norm, danych literaturowych oraz doświadczenia Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego, Zakładu Technologii i Techniki Chłodnictwa (IBPRS-PIB ZT). W ramach realizowanych prac, przeprowadzono ocenę stanu opakowań oraz dokonano analizy organoleptycznej i klasyfikacji jakościowej mrożonych mieszanek warzywnych zgodnie z normą PN-A-78608 „Mieszanek warzywnych zamrożonych” jak również ocenę następujących parametrów jakościowych:

- sucha masa zgodnie z PN-90/A-75101/03 Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową;
- kwasowość ogólna (metoda potencjometryczna wg PN-90/A-75101/04 Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody fizykochemicznych. Oznaczanie kwasowości ogólnej);
- pH według PN-90/A-75101/06 Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody fizykochemicznych. Oznaczanie pH metodą potencjometryczną.

W trakcie badań uwzględniono ocenę stanu opakowań foliowych, obejmującą ich szczelność, stopień oszronienia produktu, obecność deformacji warzyw oraz czytelność informacji zamieszczonych na etykiecie. Analiza tych elementów jest istotna z punktu widzenia jakości przechowalniczej, gdyż uszkodzenia opakowań mogą sprzyjać utracie wilgoci na skutek sublimacji lodu oraz prowadzić do występowania oparzeliny mrozowej surowca.

Zakres oceny organoleptycznej poszerzono o instrumentalną analizę barwy przeprowadzoną w przestrzeni barw CIE $L^*a^*b^*$, z wyznaczeniem parametrów L^* , a^* , b^* , C^* oraz h^* przy użyciu spektrofotometru CM-5 (Konica Minolta):

— L^* - jasność (wartości mieszczą się w przedziale od 0 (czerni) do 100 (bieli))

- a^* , b^* - chromatyczność barwy, oś a^* : $-a^*$ (zieleń), $+a^*$ (czerwień), oś b^* : $-b^*$ (niebieski), $+b^*$ (żółć)
- C^* - stopień nasycenia barwy próbki w porównaniu do wzorca
- h - odcień barwy próbki w porównaniu do wzorca

Oznaczenie twardości wykonano z zastosowaniem analizatora tekstury CT3 TA firmy Brookfield Ametek. Dodatkowo wykonano próby aktywności peroksydazy, umożliwiające ocenę skuteczności procesu blanszowania warzyw przed zamrożeniem.

Wyniki

Jakość żywności, w tym mrożonych mieszanek warzywnych, jest pojęciem złożonym, obejmującym zarówno spełnienie wymagań formalnoprawnych, jak i zespół cech determinujących przydatność produktu do spożycia oraz jego akceptację przez konsumenta. W praktyce oznacza to nie tylko zgodność z obowiązującymi przepisami, lecz także odpowiedni poziom cech fizycznych, chemicznych, sensorycznych i mikrobiologicznych, które łącznie decydują o wartości użytkowej produktu. W przypadku świeżych owoców i warzyw kryteria jakościowe określone są w przepisach Unii Europejskiej, w tym w Rozporządzeniu Delegowanym Komisji (UE) 2023/2429 z dnia 17 sierpnia 2023 r., definiującym minimalne wymagania dotyczące m.in. wielkości, wybarwienia oraz dopuszczalnych wad zewnętrznych. Dla warzyw mrożonych i ich mieszanek, ocena jakości opiera się głównie na normach krajowych, wytycznych branżowych oraz specyfikacjach zakładowych, które – mimo fakultatywnego charakteru – pozostają istotnym narzędziem oceny jakości rynkowej i technologicznej. Brak jednoznacznych przepisów i wytycznych jakościowych ze strony prawnej pozostawia lukę dla zagwarantowania i przestrzegania najwyższej jakości produktów wobec konsumentów. Istotnym z tego względu jest określanie wymogów jakościowych oraz stałe monitorowanie produktów dostępnych w obrocie handlowym.

Specyfika mieszanek warzywnych polega na łączeniu surowców różniących się strukturą, składem chemicznym oraz wrażliwością na procesy technologiczne. Z tego względu jakość takich produktów należy rozpatrywać nie tylko w odniesieniu do pojedynczych składników, lecz również do ich wzajemnego oddziaływania w trakcie przechowywania. Zróżnicowanie gatunkowe wpływa zarówno na cechy sensoryczne produktu, jak i na stabilność jego barwy, tekstury oraz wartości odżywczej.

Ważnym elementem jakości mrożonych mieszanek warzywnych jest zachowanie składników o znaczeniu prozdrowotnym, takich jak witaminy, błonnik pokarmowy oraz związki bioaktywne. Ich zawartość może ulegać zmianom na kolejnych etapach procesu technologicznego, co sprawia, że właściwy dobór parametrów przetwarzania ma kluczowe znaczenie dla końcowej wartości żywieniowej produktu. Równorzędnym aspektem jakości pozostaje bezpieczeństwo zdrowotne. W przypadku mrożonych mieszanek warzywnych szczególnego znaczenia nabiera kontrola pozostałości środków ochrony roślin oraz ograniczanie ryzyka zanieczyszczeń fizycznych i mikrobiologicznych. Chociaż proces zamrażania skutecznie hamuje rozwój drobnoustrojów, nie prowadzi do ich eliminacji, dlatego wysoka jakość surowca oraz zachowanie odpowiednich standardów higieny na wszystkich etapach produkcji są warunkiem uzyskania produktu bezpiecznego dla konsumenta.

Ostateczna jakość mrożonych mieszanek warzywnych jest wypadkową wielu czynników, obejmujących dobór surowca, ocenę wstępną jakości, zastosowane procesy technologiczne, warunki zamrażania i przechowywania oraz właściwości opakowania, które powinno skutecznie chronić produkt przed dostępem tlenu i wilgoci.

Informacje zestawione w tabeli 2 pochodzą z deklaracji zamieszczonych na opakowaniach przez producentów/dystrybutorów. Produkty różniły się liczbą składników, typem mieszanek oraz gramaturą. Dominującą grupą warzyw w badanych mieszankach były warzywa korzeniowe, wśród których najczęściej deklarowana była marchew. Tylko jedna mieszanka zawierała przewagę warzyw typu owoc (np. pomidor, papryka, bakłażan), natomiast jedna została określona jako „bukiet warzyw” o zmiennych proporcjach składników bez zadeklarowanego procentowego ich udziału. Liczba składników w mieszankach dostępnych w obrocie handlowym wahała się od dwóch do sześciu, przy czym największy udział stanowiły mieszanki wieloskładnikowe (z co najmniej trzema składnikami). Gramatura opakowań była zróżnicowana i wynosiła od 300 do 2500 g, co pozwala dostosować produkt do różnych potrzeb klientów oraz sposobu przygotowania.

Tabela 2. Informacje producentów zebrane z opakowań mieszanek mrożonych warzyw

Producent	Typ mieszanki	Liczba składników	Dominująca grupa warzyw	Gramatura [g]	Rodzaj opakowania	Data ważności
1	wieloskładnikowa	6	typu owoc	300	nw.	11/2025
2	wieloskładnikowa	4	korzeniowe	1000	folia 07 Inne	01/2027
3	wieloskładnikowa	6	korzeniowe	1000	nw.	09/2026
4	dwuskładnikowa	2	korzeniowe	450	folia LDPE 4	09/2026
5	dwuskładnikowa	2	korzeniowe	2500	folia LDPE 4	01/2027
6	bukiet warzyw	3	nw.	750	folia LDPE 4	03/2027
7	wieloskładnikowa	3	kapustne	750	folia LDPE 4	04/2027

nw. – nie wskazano („warzywa z zmiennych proporcjach”)

W kontekście jakości i bezpieczeństwa żywności istotne znaczenie ma rodzaj zastosowanego opakowania. Nie wszyscy producenci deklarowali szczegółowo materiał opakowaniowy, ograniczając się do ogólnego określenia „folia 07 inne”. Najczęściej deklarowano zastosowanie folii LDPE 4 (ang. *low density polyethylene*), uznawanej za odpowiednią do kontaktu z żywnością oraz powszechnie stosowanej w opakowaniach mrożonek ze względu na dobrą barierowość względem wilgoci oraz odporność na niskie temperatury. Brak jednoznacznej deklaracji rodzaju materiału opakowaniowego u części producentów może jednak ograniczać pełną ocenę jakości zabezpieczenia produktu. Wszystkie analizowane mieszanki posiadały wyraźnie oznaczoną datę minimalnej trwałości, co świadczy o spełnieniu podstawowych wymagań informacyjnych wobec konsumenta. Ponadto na opakowaniach zamieszczono informację o tym, że produkt jest głęboko mrożony, wraz z zaleceniem, aby nie zamrażać go ponownie po rozmrożeniu. Deklaracja ta jest zgodna z wytycznymi bezpieczeństwa żywności opracowanymi przez FAO/WHO oraz wymaganiami w zakresie znakowania produktów mrożonych określonych w ustawie z dnia 21 grudnia 2000 r. *o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych* (Dz. U. z 2005 r. Nr 187, poz. 1577 z późn. zm.). Tego typu oznakowanie ma kluczowe znaczenie dla zachowania jakości sensorycznej oraz bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów.

Dla każdej grupy warzyw dokonano analizy cech wizualnych oraz wybranych wyróżników jakości sensorycznej. Wskazano na wady i nieprawidłowości stwierdzone w badanych partiach produktów.

Warzywa kapustne

Do grupy warzyw kapustnych obecnych w badanych mrożonych mieszankach warzywnych należały kalafior, brokuł oraz kapusta brukselska. Surowce te występowały w postaci różyczek, kwiatostanów, głąbików oraz główek liściowych, a ich jakość oceniano na podstawie rozmiarów, jednorodności surowca, wybarwienia, zdrowotności oraz obecności innych wad identyfikowanych w ocenie wizualnej (tabela 3, rysunek 1).



różyczka uszkodzona przez chorobę



głębiki luzem



oparzelina mrozowa



oblodzenia



niedostateczne naświetlanie



zmiany chorobowe

Rysunek 1. Wady warzyw identyfikowane w opakowaniach handlowych, przykłady

Tabela 3. Ocena jakościowa mrożonych warzyw kapustnych

Cecha	Warzywo		
	Kalafior	Kapusta brukselska	Brokuł
Wymiary (mm)			
długość	12,45 – 69,28	-	15,76 – 72,91
średnica	6,80 – 72,00	30,90 – 36,24	8,00 – 63,00
Wygląd, zawartość różyczek % (m/m)			
uszkodzonych mechanicznie	0	0	0 – 2,49
niekształtnych, fragmentów	0	0	0
z oparzeliną mrozową	0	0	0
pokruszonych	0 – 11,07	0 – 1,97	0 – 5,40
oblodzonych	0	0	0 – 100
zlepnięć trwałych	0 – 100	0 – 0,77	0
głębików luzem	0 – 6,42	0	0
inne wady wyglądu	0	0	0 – 2,78
Barwa i wygląd warzyw, % (m/m)			
o barwie zmienionej na powierzchni przekroju cięcia	0	0	0
niedojrzałe	0	0	0
przejrzałe	0	0	0
Zdrowotność			
uszkodzonych przez choroby i szkodniki, sztuk/500g	0 – 1	0	0 – 4
Smak i zapach			
charakterystyczny	tak	tak	tak
Konsystencja			
w stanie zamrożonym (twarda)	tak	tak	tak
po rozmrożeniu (osłabiona, ale swoista)	tak	tak	tak
Aktywność enzymatyczna			
ujemny test peroksydazy	tak	tak	tak
Zanieczyszczenia			
fragmenty z pozostałością skórki, sztuk/500g	0	0	0
zawartość innych nieszkodliwych zanieczyszczeń pochodzenia roślinnego, sztuk/opakowanie	0 – 1	0 – 2	0 – 1
zanieczyszczenia mineralne, % (m/m)	0	0	0

W przypadku kapusty brukselskiej średnica główek była zbieżna niezależnie od rodzaju mieszanki czy producenta/dystrybutora i wynosiła od 16,85 mm do 27,21 mm. Świadczy to o prawidłowym i stosunkowo jednolitym sortowaniu surowca. Kalafior charakteryzował się dużą zmiennością długości pojedynczych różyczek (9,67–51,50 mm), co może wskazywać na różnice w metodach rozdrabniania lub selekcji surowca przed zamrażaniem. Długość różyczek brokułu mieściła się w zakresie 9,67–23,72 mm, natomiast ich średnice wykazywały szeroki przedział wartości (12,80–51,00 mm), co jest typowe dla naturalnej zmienności morfologicznej tego gatunku.

Wielkość różyczek oraz udział głąbków stanowią istotne parametry jakościowe mrożonych warzyw kapustnych, ponieważ nadmierne zróżnicowanie rozmiarów może prowadzić do nierównomiernego przebiegu procesów technologicznych, w szczególności blanszowania, a także do niejednorodnej obróbki cieplnej podczas przygotowywania potraw przez konsumenta. W większości badanych próbek nie stwierdzono istotnych wad, jak np. wybarwień. Najczęściej obserwowanymi nieprawidłowościami były uszkodzenia mechaniczne, których udział w przypadku kalafiora i brokułu mieścił się w zakresie 0–6,29% i wpływał głównie na walory estetyczne produktu. Obecność pokruszonych fragmentów warzyw odnotowano w kalafiorze (do 11,77%) oraz brokule (do 5,40%), przy czym u jednego z producentów mieszanki z kalafiorem występował on niemal wyłącznie w postaci drobnych fragmentów. Zjawisko to może świadczyć o nadmiernej intensywności rozdrabniania lub nieprawidłowych warunkach pakowania. W pojedynczych partiach mieszanek z brokułem odnotowano cechy przejrzałości (9,52%) oraz niedojrzałości (2,72%). Przykłady niedostatecznego wybarwienia i zmian strukturalnych różyczek brokułu przedstawiono na rysunku 1. W niemal wszystkich próbkach liczba różyczek porażonych chorobami była zerowa. Jedynie sporadycznie stwierdzano pojedyncze przypadki takich defektów, które mieściły się w granicach dopuszczalnych norm jakościowych (rysunek 1).

W jednej z mieszanek zawierających brokuł stwierdzono występowanie różyczek całkowicie oblodzonych (100% zawartości), co może wskazywać na niewłaściwą kontrolę wilgotności, nieodpowiednie parametry mrożenia lub krótkotrwałe rozmrożenie produktu w trakcie transportu lub magazynowania. Obserwowano również obecność głąbków luzem (do 6,49%) w opakowaniach z kalafiorem i brokułem; wada ta miała niewielkie znaczenie jakościowe i nie wpływała na bezpieczeństwo zdrowotne produktu. Oparzelinę mrozową stwierdzono wyłącznie w jednej partii mieszanki z kalafiorem, gdzie jej udział wynosił 30,28%, co jednoznacznie wskazuje na nieprawidłowy przebieg procesu zamrażania lub przerwanie łańcucha

chłodniczego. Przykłady tej wady oraz obecność głąbików luzem przedstawiono na rysunku 1. Ponadto, w jednej z analizowanych mieszanek z kalafiolem zaobserwowano występowanie zlepieńców trwałych obejmujących 100% produktu, co świadczy o poważnych nieprawidłowościach w warunkach przechowywania, w szczególności w zakresie wahań temperatury.

Wszystkie oceniane partie warzyw kapustnych i różyczkowych charakteryzowały się prawidłowym, typowym dla danego gatunku zapachem. Wśród zanieczyszczeń roślinnych odnotowano jedynie pojedyncze elementy obcego pochodzenia (m.in. groch, kapar oraz drobne fragmenty roślinne), które nie miały istotnego wpływu na ogólną ocenę jakościową produktów.

Warzywa strączkowe

Warzywa strączkowe, reprezentowane były przez groch zielony oraz fasolkę szparagową. Ich ocenę przeprowadzono również z uwzględnieniem parametrów wymiarowych, jednorodności surowca oraz obecności wad wizualnych mogących wpływać na jakość technologiczną i użytkową produktu (tabela 4).

Średnica ziaren grochu zielonego mieściła się w zakresie od 4,97 do 11,82 mm, co wskazuje na zróżnicowanie ich wielkości dostępnych na rynku oferowanych przez różnych producentów jak również pośrednio może być tłumaczona niezgodnościami w trakcie procesów sortowania tego warzywa. W przypadku fasolki zielonej też odnotowano znaczne różnice długości fragmentów strąków, wynoszące od 12,07 do 46,79 mm, co jednoznacznie świadczy o zastosowaniu różnych długości cięcia lub nieprawidłowej mechanicznej obróbce u poszczególnych producentów. Zmienność ta może wpływać na jednorodność obróbki cieplnej, zarówno na etapie blanszowania, jak i podczas przygotowania produktu przez konsumenta.

W części mieszanek stwierdzono obecność wolnych ziaren fasolki, niezwiązanych z fragmentami strąków. Ich liczba nie przekraczała kilku sztuk na 500 g produktu i mieściła się w granicach wartości uznawanych za dopuszczalne. Z punktu widzenia jakości rynkowej zjawisko to może być jednak postrzegane jako efekt nadmiernego kruszenia surowca w trakcie obróbki mechanicznej (rysunek 2). Podobną kategorię nieprawidłowości stanowiły pozostałości niejadalnych części fasolki, w szczególności krótkie, twarde fragmenty ogonków, które nie zostały całkowicie usunięte podczas cięcia i sortowania (rysunek 2).

Tabela 4. Ocena jakościowa mrożonych warzyw strączkowych

Cecha	Warzywo	
	Groszek zielony	Fasola szparagowa
Wymiary (mm)		
długość	-	12,07 – 46,79
średnica	4,97 – 11,82	4,70 – 8,50
Wygląd, zawartość % (m/m)		
uszkodzonych mechanicznie	0 – 2,91	0 – 16,03
warzyw niekształtnych, fragmentów	0	0
z oparzeliną mrozową	0 – 1,97	0
warzyw pokruszonych	0 – 11,77	0 – 11,77
zawartość wolnych ziaren, sztuk/500g	0 – 3,56	0 – 0,71
inne wady wyglądu	0	0
oblodzonych	0	0 – 6,29
zlepieńców trwałych	0 – 0,84	0
Barwa i wygląd warzyw, % (m/m)		
przejrzale	0	0 – 0,43
warzywa niedojrzałe	0	0
o barwie zmienionej na powierzchni przekroju cięcia	0 – 0,06	0
Zdrowotność		
uszkodzonych przez choroby i szkodniki, sztuk/500g	0 – 3	0 – 10
Smak i zapach		
charakterystyczny	tak	tak
Konsystencja		
w stanie zamrożonym (twarda)	tak	tak
po rozmrożeniu (osłabiona, ale swoista)	tak	tak
Aktywność enzymatyczna		
ujemny test peroksydazy	tak	tak
Zanieczyszczenia		
fragmenty z pozostałością skórki, sztuk/500g	0	0
zawartość innych nieszkodliwych zanieczyszczeń pochodzenia roślinnego, sztuk/opakowanie	0	0 – 2
zanieczyszczenia mineralne, % (m/m)	0	0

Choć ich udział procentowy był niewielki, obecność takich elementów wskazuje na niedostateczną precyzję procesu mechanicznego przygotowania surowca.



wolne ziarna



części niejadalne



wady barwy



uszkodzone chorobowo ziarna



oparzelina mrozowa

Rysunek 2. Przykłady wad warzyw strączkowych

W produktach pochodzących od jednego z producentów zaobserwowano niewielki odsetek strąków fasolki o pożółkłej barwie (rysunek 2), co może świadczyć o częściowej degradacji chlorofilu, związanej z opóźnionym przetwarzaniem surowca lub niewłaściwymi warunkami jego krótkotrwałego przechowywania przed zamrożeniem. Zjawisko to nie stanowi zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego, jednak jest wyraźnym odstępstwem od przyjętych standardów jakości wizualnej. Należy podkreślić, że stwierdzone ilości miały charakter śladowy. W przypadku groszku zielonego odnotowano pojedyncze ziarna wykazujące objawy zmian chorobowych, manifestujące się w postaci nieregularnych plam na powierzchni nasion (rysunek 2). Ich udział był niski i nie wskazuje na istotne zanieczyszczenie surowca. Dodatkowo, stwierdzono obecność zlepieńców trwałych w przypadku grochu, sięgającą maksymalnie 0,84%, co może być wynikiem lokalnych nieprawidłowości w procesie

zamrażania lub krótkotrwałego wzrostu temperatury podczas dystrybucji. W fasolce zielonej identyfikowano zanieczyszczenia roślinne obcego pochodzenia, w tym pojedynczą sztukę kapara oraz niewielką liczbę nasion oraz ziaren, które nie miały istotnego wpływu na ogólną ocenę jakości produktu. Wśród groszku zielonego identyfikowano również w jednych z partii warzywa pokryte oparzeliną mrozową, objawiającej się w postaci bladoszarych, pomarszczonych ziaren (rysunek 2). Oparzelina mrozowa stanowi efekt lokalnej sublimacji lodu oraz wskazuje na niedostateczną kontrolę w trakcie mrożenia lub niewystarczającą ochronę produktu przed utratą wilgoci, jednak jej udział w badanych próbkach miał charakter śladowy i nie wpływał na bezpieczeństwo zdrowotne produktu.

Warzywa korzeniowe

Kolejną badaną grupą były warzywa korzeniowe występujące w mrożonych mieszankach, tj. marchew i seler. Warzywa te należały do najczęściej identyfikowanych składników mieszanek, przy czym dominującym surowcem była marchew, występująca w kilku formach przetworzenia oraz odmianach barwnych. W badanych próbkach obecna była marchew kolorowa (fioletowa, żółta, czerwona i biała) krojona w plastry, a także marchew zwyczajna w postaci kostki, plastrów oraz w odmianie mini.

Seler występował głównie jako seler korzeniowy krojony w kawałki, natomiast w jednej z mieszanek obecny był seler naciowy, co wpłynęło na większe zróżnicowanie cech morfologicznych ocenianych próbek. Wymiary analizowanych warzyw korzeniowych mieściły się w szerokich zakresach i były silnie uzależnione od formy krojenia (Tabela 5 i 6). Najmniejsze wymiary odnotowano dla marchwi krojonej w kostkę (6,45 mm), natomiast największe dla marchwi w plastrach (63,67 mm) oraz w formie mini (48,57 mm). Fragmenty selera osiągały długości od 7,97 do 12,12 mm, przy czym większą nieregularność wymiarów obserwowano w przypadku selera naciowego, co wynika z jego odmiennej budowy anatomicznej w porównaniu do selera korzeniowego, który był w postaci regularnej kostki.

Tabela 5. Ocena jakościowa mrożonych warzyw korzeniowych – marchew

Cecha	Marchew			
	Kolorowa	Kostka	Plastry	Mini
Wymiary (mm)				
długość	11,87 – 43,18	6,45 – 12,95	12,68 – 63,67	23,86 – 48,57
średnica	2,82 – 7,62	-	20,20 – 38,26	13,28 – 15,71
Wygląd, zawartość % (m/m)				
uszkodzonych mechanicznie	0 – 1,62	0 – 15,71	0 – 6,96	0
niekształtnych, fragmentów	0	0 – 9,81	0	0
z oparzeliną mrozową	0	0	0	0
pokruszonych	0 – 2,47	0 – 8,78	0 – 18,41	0
inne wady wyglądu	0	0 – 2,73	0 – 4,48	0 – 0,59
oblodzonych	0	0	0 – 100	0
zlepieńców trwałych	0 – 64,70	0 – 44,71	0 – 25,09	0
Barwa i wygląd warzyw, % (m/m)				
zawartość o barwie zmienionej na powierzchni przekroju cięcia	0	0	0 – 2,00	0
warzywa niedojrzałe	0	0 – 0,13	0	0
Zdrowotność				
zawartość kostek uszkodzonych przez choroby i szkodniki, sztuk/500g	4	0	0	0
Smak i zapach				
charakterystyczny	tak	tak	tak	tak
Konsystencja				
w stanie zamrożonym (twarda)	tak	tak	tak	tak
po ugotowaniu (osłabiona, ale swoista)	tak	tak	tak	tak
Aktywność enzymatyczna				
ujemny test peroksydazy	tak	tak	tak	tak
Zanieczyszczenia				
fragmenty z pozostałością skórki, sztuk/500g	0	0 – 8,00	0	0
zawartość innych nieszkodliwych zanieczyszczeń pochodzenia roślinnego, sztuk/opakowanie	0 – 0,58	0	0	0
zanieczyszczenia mineralne, % (m/m)	0	0	0	0

Tabela 6. Ocena jakościowa mrożonych warzyw korzeniowych – seler

Cecha	Seler	
	Korzeniowy	Naciowy
Wymiary (mm)		
długość	7,97 – 12,12	8,01 – 10,58
Wygląd, zawartość % (m/m)		
uszkodzonych mechanicznie	0 – 1,00	
warzyw niekształtnych, fragmentów	0 – 3,09	
z oparzeliną mrozową	0	
warzyw pokruszonych	0 – 0,55	0 – 0,22
inne wady wyglądu	0 – 2,48	0
oblodzonych	0	0
zlepieńców trwałych	0 – 100	0
Barwa i wygląd warzyw, % (m/m)		
o barwie zmienionej na powierzchni przekroju cięcia	0 – 16,89	0
przejrzałe	0	0
niedojrzałe	0	0
Zdrowotność		
uszkodzonych przez choroby i szkodniki, sztuk/500g	0	0
Smak i zapach		
charakterystyczny	tak	tak
Konsystencja		
w stanie zamrożonym (twarda)	tak	tak
po rozmrożeniu (osłabiona, ale swoista)	tak	tak
Aktywność enzymatyczna		
ujemny test peroksydazy	tak	tak
Zanieczyszczenia		
fragmenty z pozostałością skórki, sztuk/500g	0	0 – 1
zawartość innych nieszkodliwych zanieczyszczeń pochodzenia roślinnego, sztuk/opakowanie	0 – 1	0
zanieczyszczenia mineralne, % (m/m)	0	0

W ocenie wad mechanicznych stwierdzono obecność uszkodzeń w postaci zdeformowanych fragmentów, nieregularnych krawędzi cięcia oraz pęknięć, szczególnie w marchwi krojonej w plastry oraz w selerze naciowym (rysunek 3).



zlepieniec trwały



zmiany chorobowe



przebarwienie rdzenia marchwi



uszkodzenia mechaniczne

przebarwienia na powierzchni
cięcia

brązowienie oksydacyjne



skazy na powierzchni

Rysunek 3. Przykłady wad warzyw korzeniowych

W pojedynczych próbkach obserwowano zlepienie trwałe. Analiza wyglądu zewnętrznego wykazała sporadyczne występowanie innych wad wizualnych, takich jak smugi, pozostałości piątek, zielone części marchwi oraz pozostałości skórki u selera (rysunek 3). Na powierzchni przekroju cięcia marchwi i selera miejscami obserwowano fragmenty o zmienionej barwie, w tym brązowienie oksydacyjne. Szczególnie zostało to udokumentowane w przypadku selera, co może być związane z procesami utleniania zachodzącymi po mechanicznym uszkodzeniu tkanki. Wady te miały charakter powierzchniowy i nie wpływały istotnie na ogólną ocenę jakości produktu. W badanych próbkach stwierdzono pojedyncze przypadki porażenia chorobami fragmenty warzyw (rysunek 3). Konsystencja i zapach wszystkich analizowanych warzyw korzeniowych oceniono jako prawidłowe i typowe dla produktów mrożonych. Konsystencja w stanie zamrożonym była twarda, natomiast po ugotowaniu określona jako odpowiednia, bez nadmiernego rozmiękczenia lub rozpadu struktury.

Wszystkie próbki marchwi i selera wykazały ujemny wynik testu peroksydazy, co potwierdza prawidłowo przeprowadzony proces blanszowania i skuteczne zahamowanie aktywności enzymatycznej przed zamrażaniem. W zakresie zanieczyszczeń nie stwierdzono obecności zanieczyszczeń mineralnych, a jedynie sporadycznie notowano śladowe ilości zanieczyszczeń pochodzenia roślinnego, mieszczące się w granicach dopuszczalnych.

Mrożone warzywa korzeniowe – marchew i seler – charakteryzowały się dobrą jakością handlową i zdrowotną. Stwierdzone wady miały głównie charakter wizualny i technologiczny oraz były bardziej widoczne w przypadku form delikatniejszych strukturalnie, takich jak marchew krojona w plastry oraz seler naciowy. Nie wykazano nieprawidłowości mogących negatywnie wpływać na bezpieczeństwo konsumenta ani przydatność produktów do spożycia.

Przeprowadzona analiza wykazała, że jakość badanych mrożonych mieszanek warzywnych była w przeważającej mierze zgodna z obowiązującymi wymaganiami handlowymi oraz zdrowotnymi. Stwierdzane nieprawidłowości miały najczęściej charakter technologiczny lub wizualny oraz wynikały z różnic w sposobie przygotowania surowca, precyzji obróbki mechanicznej oraz stabilności warunków mrożenia i przechowywania. Uzyskane wyniki potwierdzają, że kluczowe znaczenie dla jakości mieszanek wieloskładnikowych ma zachowanie jednorodności wymiarowej poszczególnych komponentów oraz ciągłość łańcucha chłodniczego na wszystkich etapach produkcji i dystrybucji. Jednocześnie niewielka skala zaobserwowanych wad wskazuje na ogólnie wysoki poziom technologiczny procesu wytwarzania mrożonych warzyw dostępnych na rynku.

Parametry fizykochemiczne mrożonych warzyw

Parametry fizykochemiczne stanowią podstawowy wyznacznik jakości surowców roślinnych poddanych procesowi mrożenia. Wartości takie jak zawartość suchej masy, pH, kwasowość ogólna oraz twardość odzwierciedlają zarówno właściwości gatunkowe poszczególnych warzyw, jak i również stopień zachowania ich integralności biochemicznej oraz strukturalnej po rozmrożeniu. Parametry te ściśle zależą od struktury anatomicznej, zawartości wody, składu chemicznego oraz obecności charakterystycznych grup związków biologicznych, takich jak polisacharydy ściany komórkowej, kwasy organiczne i białka enzymatyczne. Mrożenie, mimo że jest metodą łagodną, prowadzi do szeregu zmian biochemicznych i strukturalnych, które mogą przejawiać się w wartościach pH, kwasowości, twardości, suchej masy czy zawartości wody. W zależności od warzywa — warzywa korzeniowe czy typu owoc — zakres i intensywność tych zmian różni się znacząco, co wynika z ich odmiennej budowy komórkowej oraz składu tkankowego.

Zawartość suchej masy stanowi istotny wskaźnik jakości surowca, determinujący zarówno teksturę, jak i odporność na zmiany podczas zamrażania i rozmrażania (Tabela 7).

Uzyskane wartości mieściły się w szerokim zakresie od ok. 5,8% (seler naciowy) do ponad 30% (groch zielony). Podwyższona sucha masa, charakterystyczna dla roślin strączkowych, sprzyja zachowaniu bardziej stabilnej struktury po rozmrożeniu, co potwierdza literatura wskazująca na mniejszą podatność tkanek o wysokiej koncentracji suchej substancji na uszkodzenia spowodowane kryształami lodu powstające w procesie mrożenia. Z kolei niższa zawartość suchej masy, w przypadku warzyw kapustnych, sprzyja intensywniejszym zmianom tekstury pod wpływem krystalizacji lodu.

Parametry pH oraz kwasowości ogólnej badanych warzyw mrożonych wskazują, że proces mrożenia nie spowodował istotnych zmian chemicznych w surowcach, co potwierdza dobrą stabilność jakościową mieszanek warzywnych. Niskie temperatury skutecznie hamują aktywność enzymów odpowiedzialnych za rozkład związków organicznych oraz rozwój mikroorganizmów, dzięki czemu nie dochodzi do powstawania dodatkowych kwasów ani do ich rozkładu. Dlatego wartości pH pozostały zbliżone do charakterystycznych dla warzyw świeżych i mieściły się w zakresie od lekko kwaśnego do obojętnego (5,8–7,1). Zróżnicowanie pH pomiędzy poszczególnymi warzywami wynika głównie z ich naturalnego składu chemicznego – warzywa takie jak seler naciowy zawierają więcej kwasów organicznych,

natomiast groch zielony cechuje się wyższą zawartością związków buforujących, co sprzyja wartościom bliższym obojętnym.

Tabela 7. Parametry fizykochemiczne oraz twardość mrożonych warzyw

Warzywo		Sucha masa [%]	pH [-]	Kwasowość ogólna [g/100g]*	Twardość [N]
Marchew	czerwona	11,76 – 11,77	6,64 – 6,65	0,03 – 0,03	8,44 – 19,96
	żółta	10,28 – 12,20	6,31 – 6,39	0,06 – 0,08	30,17 – 74,43
	biała	9,35 – 9,35	6,26 – 6,47	0,03 – 0,05	8,44 – 19,96
	fioletowa	12,78 – 13,01	6,27 – 6,28	0,07 – 0,10	18,51 – 78,15
	pomarańczowa, kostka	10,39 – 10,77	6,40 – 6,83	0,02 – 0,07	5,33 – 9,65
	pomarańczowa, plastry	9,66 – 12,78	6,49 – 6,76	0,03 – 0,06	6,00 – 20,75
	mini	11,35 – 11,89	6,73 – 6,79	0,04 – 0,05	46,54 – 89,97
Seler	naciowy	5,81 – 5,91	5,87 – 8,88	0,05 – 0,07	2,22 – 4,97
	korzeniowy	6,03 – 12,92	5,95 – 6,77	0,06 – 0,15	4,85 – 77,47
Kalafior		6,72 – 7,41	6,50 – 7,05	0,03 – 0,07	2,41 – 17,49
Brokuł		6,71 – 10,53	6,51 – 7,10	0,03 – 0,08	3,30 – 8,11
Groszek zielony		13,98 – 31,14	6,64 – 7,04	0,05 – 0,09	15,36 – 52,99
Fasolka szparagowa		10,34 – 14,81	6,21 – 6,56	0,03 – 0,07	2,97 – 14,17
Kapusta brukselska		12,39 – 15,30	6,26 – 6,60	0,06 – 0,15	4,48 – 48,75

Niska kwasowość ogólna, typowa dla warzyw, potwierdza brak intensywnych przemian oksydacyjnych i fermentacyjnych w trakcie przechowywania mrożonek. Najniższe wartości odnotowane dla marchwi, fasolki szparagowej, kalafiora i brokułu (0,02-0,03 g/100 g) są charakterystyczne dla warzyw o niewielkiej zawartości kwasów organicznych, natomiast wyższa kwasowość kapusty brukselskiej i selera korzeniowego (0,15 g/100 g) wynika z obecności kwasów jabłkowego oraz cytrynowego, naturalnie występujących w tych gatunkach. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że mrożenie sprzyja zachowaniu stabilnych parametrów kwasowości, co ma kluczowe znaczenie dla utrzymania jakości, bezpieczeństwa mikrobiologicznego oraz wartości odżywczej warzyw wchodzących w skład mieszanek.

Analiza twardości warzyw mrożonych (tabela 7) wykazała istotne zróżnicowanie zarówno między poszczególnymi gatunkami warzyw, jak i pomiędzy produktami pochodzącymi od różnych producentów. Najwyższe wartości twardości odnotowano dla

warzyw charakteryzujących się zwartą strukturą tkankową oraz wyższą zawartością suchej masy i substancji strukturotwórczych, takich jak celuloza, hemiceluloza czy lignina. Dotyczyło to w szczególności grochu zielonego (maksymalnie 52,99 N) oraz marchwi w formie mini (do 89,97 N), których tkanki wykazują dużą odporność mechaniczną. Z kolei najniższą twardością cechowały się warzywa o delikatnej, luźnej strukturze, takie jak seler naciowy (do 4,97 N) oraz brokuł (do 8,11 N), co jest związane z wysoką zawartością wody oraz mniejszym udziałem komponentów ściany komórkowej. Zaobserwowane różnice tekstury mogą być dodatkowo determinowane stopniem dojrzałości surowca w momencie zbioru oraz intensywnością procesów technologicznych poprzedzających mrożenie, zwłaszcza blanszowanie, które może prowadzić do częściowej degradacji pektyn i w konsekwencji do osłabienia wiązań międzykomórkowych. Ponadto, szczególnie wyraźne zróżnicowanie twardości zaobserwowano w obrębie marchwi barwnej, gdzie wartości wahały się od 8,44 N dla marchwi białej do 78,15 N dla marchwi fioletowej, co można wiązać z różnicami odmianowymi, zawartością suchej masy lub różną wrażliwością na temperaturę blanszowania przed etapem mrożenia.

Jednocześnie uzyskane wartości twardości mieściły się w zakresach uznawanych w literaturze za typowe dla warzyw mrożonych dobrej jakości, co wskazuje, że proces mrożenia nie spowodował nadmiernej degradacji struktury tkanek roślinnych. Ocena twardości po rozmrożeniu ma kluczowe znaczenie w analizie jakości mieszanek warzywnych, ponieważ proces mrożenia i następującego po nim rozmrażania może prowadzić do uszkodzeń ścian komórkowych na skutek tworzenia się kryształów lodu, wypływu soku komórkowego oraz osłabienia wiązań międzykomórkowych. Niekontrolowane zmiany strukturalne skutkują nadmiernym zmiękczeniem surowca, utratą jędrności i pogorszeniem cech sensorycznych. Dlatego badanie twardości stanowi istotny wskaźnik stopnia zachowania integralności tkanek oraz skuteczności zastosowanej technologii mrożenia w ograniczaniu niepożądanych zmian strukturalnych warzyw. Uzyskane wyniki wskazują, że twardość warzyw mrożonych jest cechą silnie zależną od gatunku, odmiany oraz warunków technologicznych, a jej zachowanie stanowi istotny wskaźnik jakości sensorycznej produktów po rozmrożeniu. Po rozmrożeniu, warzywa zachowały swój kształt oraz strukturę, były jędrne i nie zauważono znaczącego wycieku wody z tkanek. Wszystkie próbki charakteryzowały się osłabionym, ale typowym dla danego rodzaju warzyw zapachem, bez obcego aromatu czy smaku. Po obróbce termicznej nie stwierdzono nietypowych cech sensorycznych produktu.

Barwa warzyw mrożonych po rozmrożeniu jest jednym z kluczowych kryteriów ich jakości, ponieważ stanowi pierwszy i najłatwiej oceniany przez konsumenta wskaźnik świeżości oraz poprawnego przebiegu procesów technologicznych.

Tabela 8. Parametry barwy mrożonych warzyw w systemie CIE L*a*b*

Rodzaj	Parametr barwy				
	L*	a*	b*	C*	h*
Marchew					
czerwona	62,65 – 63,17	-2,01 – -1,92	37,40 – 37,82	37,62 – 38,03	83,83 – 84,01
żółta	65,29 – 65,39	3,97 – 4,05	37,40 – 37,82	37,62 – 38,03	83,83 – 84,01
biała	56,09 – 56,18	25,06 – 25,21	27,32 – 27,55	37,07 – 37,34	47,46 – 47,54
fioletowa	33,14 – 34,03	1,63 – 1,73	-1,12 – -0,93	1,88 – 2,06	327,14 – 330,22
pomarańczowa	49,97 – 54,13	-8,28 – 35,75	25,06 – 36,45	26,37 – 50,63	42,60 – 108,17
mini	45,27 – 55,47	19,78 – 26,00	20,61 – 34,13	28,64 – 42,90	46,01 – 53,31
Kalafior					
-	65,74 – 70,96	-2,86 – -0,48	15,66 – 20,65	15,81 – 20,71	91,42 – 99,73
Kapusta brukselska					
-	33,50 – 56,37	-8,88 – -3,86	11,56 – 30,06	13,16 – 31,34	99,44 – 118,66
Fasola szparagowa					
-	40,05 – 47,06	-11,50 – -7,64	14,02 – 19,62	15,97 – 22,69	117,93 – 122,06
Seler					
naciowy	57,07 – 57,42	-3,58 – -3,15	17,44 – 17,98	17,72 – 18,30	100,23 – 101,32
korzeniowy	64,49 – 71,22	-0,69 – 1,53	19,45 – 29,72	19,46 – 29,73	86,23 – 91,33
Brokuł					
-	35,95 – 53,73	-9,51 – -6,97	11,24 – 27,05	13,23 – 28,67	106,19 – 121,80
Groszek zielony					
-	45,26 – 49,34	-10,30 – -8,78	16,56 – 20,47	19,11 – 22,89	114,16 – 120,46

Zmiany barwy wynikają przede wszystkim z przemian naturalnych barwników roślinnych tj. chlorofili, karotenoidów czy antocyjanów. Na każdy z nich proces blanszowania reaguje w różnym stopniu. W warzywach zielonych dominuje chlorofil, pigment stosunkowo

wrażliwy na obróbkę termiczną, który może pod wpływem kwasowości, działania enzymów i temperatury ulegać degradacji do feofityn, nadających barwę oliwkowozieloną. Typowym objawem takiej degradacji jest przesunięcie parametrów barwy – bardziej ujemne wartości a^* , wzrost b^* , spadek nasycenia C^* oraz obniżenie kąta barwy h^* , który u świeżych warzyw zielonych według literatury wynosi zwykle $110\text{--}120^\circ$. W badanym materiale te charakterystyczne zmiany nie wystąpiły. Groch zielony osiągał wartości h° rzędu $114\text{--}117^\circ$ (Tabela 8), fasola szparagowa $117\text{--}122^\circ$, a brokuły $106\text{--}121^\circ$ (rysunek 4).

Jedynie kapusty brukselskie odnotowały nieco niższe wartości, które wynikały z jaśniejszych tonów zieleni im bliżej głęba, w zakresie $99\text{--}118^\circ$. Wyniki wskazują na zachowanie intensywniej zieleni i stabilności chlorofilu po rozmrożeniu. Oznacza to, że proces blanszowania i mrożenia został przeprowadzony prawidłowo, a aktywność enzymów utleniających zastała skutecznie zahamowana.



fasola szparagowa



groch zielony



brukselka



brokuł

Rysunek 4. Właściwa barwa w warzywach zielonych

W przypadku marchwi dominującymi barwnikami są karotenoidy, a zwłaszcza β -karoten i luteina, które wykazują dużo większą odporność na procesy mrożenia niż chlorofile. Dlatego też w marchwi rzadko obserwuje się utratę intensywności barwy w procesach zamrażania i rozmrażania.



Rysunek 5. Właściwa barwa marchwi i warzyw jasnych

Dane potwierdzają tę obserwację – wartości b^* , odpowiadające za komponent żółto-pomarańczowy, utrzymywały się na poziomie średnio 35, natomiast kąt barwy h^* pozostawał w zakresie $30\text{--}80^\circ$. Różnice w zakresach wynikają z wykorzystywania przez producentów różnych gatunków marchwi. Odmiana fioletowa, bogata w antocyjany, zachowała niską jasność (L^* 33–34), co nie odbiega od standardów dla tego typu barwnika i świadczy o braku degradacji pigmentów polifenolowych (rysunek 5). Warzywa jasne, takie jak kalafior i seler są szczególnie narażone na procesy ciemnienia enzymatycznego i nieenzymatycznego, które mogą nasilać się w przypadku niedostatecznego blanszowania lub zbyt wolnego mrożenia. Objawia się to wzrostem wartości a^* w kierunku czerwieni (wartości dodatnich) oraz obniżeniem L^* . w analizowanych próbkach kalafior charakteryzował się jasnością w zakresie 65–71, a seler 64–71. Nieco niższe wartości dla selera naciowego ze względu na jego naturalny jasnozielony kolor. Wartości te jednoznacznie wskazują na brak brązowienia oraz stabilność fenoli i związków aromatycznych tkance roślinnej (rysunek 5).

W badanych warzywach nie doszło ani do degradacji chlorofilu, ani do utraty intensywności karotenoidów, ani do brązowienia warzyw jasnych. Pojedyncze identyfikowane defekty w ocenie jakości jedynie zostały znajdowane w częściowych ilościach różnych partii produktu, dlatego ogólnie świadczy to o właściwym przebiegu procesów technologicznych oraz dobrze dobranych warunkach przechowywania. Oznacza to, że pod względem stabilności barwy mieszanki warzywne spełniają wymagania stawiane produktom wieloskładnikowym przeznaczonym do szybkiego przygotowania przez konsumentów, a ich barwa po rozmrożeniu pozostaje stabilna i zgodna z charakterystyką gatunkową poszczególnych składników.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że jakość mrożonych mieszanek warzywnych jest bezpośrednio uzależniona od prawidłowego przebiegu wszystkich etapów procesu technologicznego, od kwalifikacji i przygotowania surowca, poprzez blanszowanie i zamrażanie, aż po warunki przechowywania oraz dystrybucji. Właściwy dobór parametrów technologicznych umożliwia skuteczne zahamowanie procesów enzymatycznych, zachowanie struktury tkankowej oraz stabilności cech sensorycznych i użytkowych produktu końcowego. Zgromadzone dane oraz uzyskane wyniki wskazują, że nieprawidłowości w zakresie obróbki surowca, mrożenia lub utrzymania ciągłości łańcucha chłodniczego mogą prowadzić do pogorszenia jakości handlowej wyrobów, w szczególności w odniesieniu do cech wizualnych i strukturalnych. Z tego względu kluczowe znaczenie ma systematyczna kontrola jakości prowadzona zarówno na etapie produkcji, jak i po jej zakończeniu, obejmująca ocenę cech sensorycznych, fizykochemicznych oraz stanu opakowań produktu.

Podsumowując, utrzymanie wysokiej i powtarzalnej jakości mrożonych mieszanek warzywnych wymaga kompleksowego podejścia do zarządzania jakością na wszystkich etapach łańcucha produkcyjnego. Stały nadzór nad procesem technologicznym oraz kontrola produktu gotowego stanowią podstawowy warunek zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego, trwałości oraz zgodności wyrobów z wymaganiami jakościowymi oraz oczekiwaniami konsumentów.

Dobre praktyki produkcyjne i systemy jakości

Wraz ze wzrostem świadomości konsumentów rosną także wymagania dotyczące jakości i bezpieczeństwa żywności. Z tego względu cały proces wytwarzania mrożonych mieszanek warzywnych – od selekcji surowców, przez ich obróbkę technologiczną, zamrażanie i pakowanie, aż po magazynowanie oraz transport – podlega ścisłej kontroli. Aby zapewnić pełny nadzór i powtarzalność jakości, zakłady korzystają z uznanych systemów zarządzania jakością i bezpieczeństwem. Najczęściej stosowane w przetwórstwie owocowo-warzywnym systemy to:

- HACCP (zgodny z Codex Alimentarius) – podstawowy system identyfikacji i nadzorowania zagrożeń w krytycznych punktach procesu. W przypadku mieszanek mrożonych obejmuje m.in. kontrolę mycia, blanszowania, mrożenia lub szybkiego mrożenia (IQF) oraz warunków pakowania,

- GMP – Dobre Praktyki Produkcyjne – obejmujące zasady organizacji procesu technologicznego, kontrolę parametrów urządzeń, zgodność procedur oraz właściwe postępowanie z surowcami i półproduktami,
- GHP – Dobre Praktyki Higieniczne – regulujące higienę pracowników, czystość linii produkcyjnej, zabezpieczenie przed zanieczyszczeniami krzyżowymi oraz warunki sanitarne zakładu,
- QACP – Punkty Kontrolne Zagwarantowania Jakości – wspierające monitorowanie kluczowych etapów produkcji pod kątem jakości, np. równomiernego krojenia surowca czy zgodności proporcji składników mieszanki,
- TQM (Total Quality Management) – podejście obejmujące ciągłe doskonalenie, zaangażowanie całej załogi w utrzymanie jakości oraz analizę danych produkcyjnych,
- systemy zarządzania zgodne z normami PN-EN ISO 22000:2006 i ISO serii 9000 – integrujące zarządzanie bezpieczeństwem żywności i jakością procesów oraz zapewniające jednolite standardy w całej organizacji.

Wśród systemów stosowanych w logistyce i dystrybucji znajdują się:

- IFS Logistic – obejmujący wymagania dotyczące zachowania właściwych warunków podczas transportu i magazynowania produktów świeżych, chłodzonych, mrożonych i głęboko mrożonych. Istotny jest tu zwłaszcza nadzór nad ciągłością łańcucha chłodniczego.
- BRC Global Standard – Storage & Distribution – dokument określający standardy higieny, identyfikowalności oraz kontroli warunków środowiskowych w magazynowaniu i dystrybucji żywności. Ma to szczególne znaczenie dla mieszanek warzywnych, które są wrażliwe na wahania temperatury.

Dodatkowym aspektem w produkcji mrozonek jest kontrola jakości surowca. Warzywa wykorzystywane do mieszanek poddaje się starannej ocenie pod kątem świeżości, barwy, jędrności, dojrzałości oraz obecności wad. Eliminacja surowców niespełniających wymagań jest kluczowa dla uzyskania produktu o stabilnej jakości.

Zastosowanie dobrych praktyk produkcyjnych oraz certyfikowanych systemów jakości na wszystkich etapach – od pola aż po gotowy produkt – gwarantuje, że mrożone warzywa na

patelnię trafiają do konsumenta jako produkty bezpieczne, wygodne w użyciu i spełniające najwyższe standardy jakości.

Niniejsza broszura przedstawia wyniki badań dotyczących jakości mrożonych mieszanek warzywnych, pochodzących z upraw z sezonu 2024/2025. Przeprowadzone analizy wykazały zróżnicowanie jakościowe badanych produktów, zależne zarówno od producenta i dystrybutora, jak i gatunków warzyw.

Dynamiczny rozwój rynku mrożonych mieszanek warzywnych wymaga stałego nadzoru w zakresie jakości, bezpieczeństwa zdrowotnego oraz warunków higienicznych. Kluczowe znaczenie ma nie tylko jakość świeżych warzyw przeznaczonych do mrożenia, lecz także utrzymanie właściwych parametrów produktów gotowych w całym okresie magazynowania i dystrybucji, przy zachowaniu ciągłości łańcucha chłodniczego. Jednocześnie proces mrożenia sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu plonów sezonowych oraz ograniczaniu strat żywności, co wpisuje się w aktualne cele zrównoważonego gospodarowania surowcami.

Urzędowe kontrole żywności obejmują regularny monitoring jakości mrożonych mieszanek warzywnych dostępnych na rynku detalicznym i hurtowym. Coraz częściej nadzór ten wspierany jest przez nowoczesne, cyfrowe narzędzia monitoringu, umożliwiające bieżącą kontrolę parametrów produkcji, magazynowania i transportu. Rozwiązania te zwiększają transparentność łańcucha dostaw oraz pozwalają na szybką reakcję w przypadku wystąpienia potencjalnych nieprawidłowości. W sytuacjach stwierdzenia niezgodności z obowiązującymi przepisami prawa żywnościowego Unii Europejskiej informacje o zagrożeniach oraz działaniach podejmowanych wobec produktów przekazywane są za pośrednictwem Systemu Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach (RASFF). Kontynuowanie badań i monitoringu jakości mrożonych mieszanek warzywnych typu „warzywa na patelnię” oraz innych rodzajów tego typu produktów umożliwia ocenę aktualnych trendów rynkowych, wspiera ochronę konsumentów oraz przyczynia się do podnoszenia standardów jakości i bezpieczeństwa w całym łańcuchu produkcji i dystrybucji żywności mrożonej.