



**INFORMACJE O OSIĄGNIĘTYCH WYNIKACH  
PRZEPROWADZONYCH ANALIZ, PRÓB LUB TESTÓW, KTÓRE  
POTWIERDZAJĄ MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA REZULTATÓW  
ZREALIZOWANEJ OPERACJI W PRAKTYCE**

Operacja pt: Opracowanie optymalnej technologii pozbiorczej dla owoców minikiwi (*Actinidia arguta*) oraz prototypu modułu nieinwazyjnie sortującego owoce pod względem stopnia dojrzałości (MODOM)

Realizowana przez konsorcjum o nazwie „*Minikiwi mały wielki owoc*”

Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020  
Działanie M16 „Współpraca”

**nr umowy: 00011.DDD.6509.00015.2019.07**

Warszawa, 20.06.2023



## 1. Wstęp

Owoce minikiwi są wciąż nowością na rynku ogrodniczym w Polsce. Dotychczasowe badania potwierdziły ich wartość prozdrowotną i, co równie ważne, polskie warunki glebowo-klimatyczne sprzyjają uprawie. Niestety jest to owoc sezonowy i aby wydłużyć jego podaż na rynku niezbędna jest znajomość optymalnych procedur i technologii pozbiorniczych oraz przechowalniczych, których dla minikiwi obecnie brak. Uprawa aktinidii ostrolistnej (*Actinidia arguta*) rodzącej owoce minikiwi to nowe wyzwanie, ale także dobre rozwiązanie dla sadowników. Choć oferta tego gatunku owoców pojawiła się w wielu krajach świata stosunkowo niedawno to, jak wskazują badania, są one bardzo dobrze postrzegane przez konsumentów i mogą poszerzyć asortyment owoców na rynku. Analiza chemiczna i sensoryczna owoców w wielu laboratoriach potwierdziła, że owoce minikiwi można zaliczyć do bogatych pod względem związków mineralnych, biologicznie aktywnych (o istotnym działaniu prozdrowotnym) jak i smakowitych. Badania potwierdziły także wysoką opłacalność uprawy. Utworzono sieć, w ramach której plantatorzy aktinidii ostrolistnej współpracują ze sobą na wszystkich etapach produkcji i obrotu owocami obejmującą także promocję (Kampania "Polskie Superowoce" <https://www.youtube.com/watch?v=CAajUoweBPc>).

Minikiwi to owoce klimakteryczne. Oznacza to, że są zbierane w fazie dojrzałości zbiorczej, gdy są jeszcze twarde (nie nadają się do spożycia). Dotychczasowe badania wykazały, iż zdolność przechowalnicza minikiwi w zwykłej chłodni jest krótka. Dodatkowym problemem jest ich bardzo nierównomierne dojrzewanie, co tym bardziej ogranicza ich zdolność przechowalniczą i utrudnia sprzedaż. Fakt ten sprawia, że postępowanie z owocami po zbiorze ma kluczowe znaczenie dla podtrzymania ich jakości i wydłużenia okresu przechowywania. Wraz ze wzrostem areału uprawy i zwiększaniem wielkości produkcji niezbędna staje się możliwość ich przechowywania, gwarantująca wydłużenie okresu podaży owoców na rynku i zmniejszająca ryzyko utraty plonów oraz zwiększenie opłacalności produkcji. Zatem opracowanie modelu operacji w procedurze pozbiorniczej, w tym technologii długotrwałego przechowywania chłodniczego wraz z możliwością nieinwazyjnego sortowania owoców pod względem stopnia dojrzałości, stanowi niezmiernie ważny krok w uzupełnieniu wcześniej opracowanej technologii towarowej uprawy aktinidii ostrolistnej i zwiększeniu opłacalności produkcji, umożliwiając tym samym dalszy rozwój uprawy tej rośliny w Polsce i zwiększając szansę na eksport owoców.

Ustalenie parametrów schładzania owoców po zbiorze oraz możliwość ich nieinwazyjnego sortowania pod względem stopnia dojrzałości są kluczowe dla dalszego ich przechowywania i nie zostały dotychczas opracowane dla tego owocu. Sortowanie według stopnia dojrzałości, w połączeniu z właściwymi parametrami przechowywania, zwiększa efektywność kolejnych operacji w obrocie owocami aktinidii ostrolistnej. Natomiast optymalizacja technologii przechowywania wpływa na zdolność przechowalniczą, a w efekcie na długość przechowywania i dostępność owoców na rynku.

Celem operacji, realizowanych przez grupę operacyjną „*Minikiwi mały wielki owoc*” było opracowanie optymalnej procedury pozbiorniczej owoców minikiwi, w tym określenie reżimu temperaturowego i opracowanie optymalnej technologii przechowywania chłodniczego oraz zaprojektowanie, zbudowanie i zwalidowanie prototypu modułu sortującego owoce minikiwi nieinwazyjnie pod względem stopnia dojrzałości. Badania prowadzono na podstawowej, późno dojrzewającej odmianie uprawianej towarowo w Polsce – ‘Weiki’. Badania związane z budową prototypu prowadzono także na drugiej popularnej odmianie ‘Geneva’ o wczesnym terminie dojrzewania.

Planowana operacja była realizowana w dwóch obszarach, podzielonych na etapy, jak niżej:

- a) Opracowanie optymalnej procedury postępowania po zbiorze z owoców minikiwi (schładzanie oraz wybór najlepszej technologii przechowywania chłodniczego)
  - przygotowanie obiektów chłodniczych do badań (doposażenie w system kontrolowanej atmosfery, system ozonowania, system szokowego schładzania owoców, system nawilżający),
  - zbiór owoców w pierwszym sezonie, przeprowadzenie doświadczenia w zakresie ich schładzania bezpośrednio po zbiorze, przechowywania w 4 wariantach chłodniczych, a następnie ocena wpływu badanych wariantów postępowania pozbiorniczego na fizykochemiczną (odżywczą) i sensoryczną jakość owoców.



- zbiór owoców w drugim sezonie, przeprowadzenie doświadczenia w zakresie ich schładzania i przechowywania w 4 wariantach chłodniczych, a następnie ocena wpływu badanych wariantów postępowania pozbiorczego na fizyko-chemiczną (odżywczą) i sensoryczną jakość owoców. Układ miał być zmodyfikowany po odrzuceniu wariantów najgorzej ocenionych po pierwszym sezonie.
- końcowe opracowanie wyników i promowanie rezultatów operacji
- b) Zaprojektowanie i wykonanie prototypu modułu do oceny dojrzałości owoców minikiwi, którego zadaniem będzie nieinwazyjne sortowanie owoców pod względem dojrzałości na podstawie właściwości spektralnych owoców w zakresie VNIR-SWIR.
  - zaprojektowanie i skonstruowanie komory wizyjnej do obrazowania hiperspektralnego
  - obrazowanie hiperspektralne owoców i opracowanie spektralnych wzorców klas dojrzałości na podstawie zależności funkcyjnych między charakterystycznymi wartościami refleksyjności i ekstraktu w owocach (referencyjnego wskaźnika dojrzałości)
  - połączenie komory wizyjnej z diverterem i dostrojenie systemu sterowania elementami roboczymi maszyny sortującej
  - obrazowanie hiperspektralne w kolejnym roku badań i pozyskanie danych do walidacji opracowanych algorytmów klasyfikacyjnych oraz pracy modułu sortującego
  - sporządzenie dokumentacji technicznej i konstrukcyjnej maszyny sortującej oraz promowanie rezultatów operacji.

## 2. Opracowanie optymalnej procedury postępowania po zbiorze z owoców minikiwi (INO + inni)

- Badania związane z realizacją pierwszego celu - opracowania optymalnej technologii pozbiorczej, realizowano w obiektach przechowalniczych konsorcjanta tj. gospodarstwa Adama Kostrzewy w miejscowości Bodzew (gm. Belsk Duży). Doświadczenia prowadzono bezpośrednio po zbiorze owoców czyli jesienią 2020 oraz 2021 roku. Ze względu na rodzaj badań, aby wzmocnić wiarygodność wyników konieczne były dwie serie analiz, aby oszacować wpływ lub jego brak zmienności materiału roślinnego powodowanej przez warunki środowiskowe, a zwłaszcza pogodowe w sezonie uprawowym. Po pierwszym sezonie badań odrzucono warianty najgorsze i skupiono się na porównaniu pozostałych.

Prowadzone w ramach operacji doświadczenia miały na celu odpowiedzieć na pytania:

- Czy schłodzenie owoców bezpośrednio po zbiorze i przechowywanie ich przez pierwszą noc w temp. 8-10 °C w chłodni zwykłej wraz z ich kilkugodzinnym ozonowaniem, po czym ich sortowanie i włożenie do chłodni kolejnego dnia ma wpływ na ich zdolność przechowalniczą i jakość w trakcie przechowywania.

- Jaki jest wpływ różnych warunków długotrwałego przechowania chłodniczego na zdolność przechowalniczą minikiwi oraz ich jakość fizyko-chemiczną i sensoryczną. W doświadczeniu, biorąc pod uwagę także ozonowanie owoców przed włożeniem do chłodni przyjęto 6 wariantów /kombinacji przechowywania chłodniczego – 1. Chłodnia zwykła (kontrola) (temp. 0,5-1°C, wilg. względna 95%, usuwanie etylenu); 2. Xtendy + chłodnia zwykła; 3. Chłodnia zwykła z ciągłym ozonowaniem owoców (0,2-0,3 ppm) i usuwaniem etylenu. 4. Chłodnia z kontrolowaną atmosferą (KA) o składzie procentowym: (2-3% O<sub>2</sub>: 5-6% CO<sub>2</sub>), temp. 0,5-1°C, wilg. względna 95%; 2. Chłodnia KA o składzie 2-3% O<sub>2</sub>: 5-6% CO<sub>2</sub>, temp. 0-1°C, wilg. względna 95% + jednorazowe ozonowanie owoców przed włożeniem do chłodni (8-12 godz., 3-6 ppm O<sub>3</sub>); 6. Xtendy + chłodnia zwykła z jednorazowym ozonowaniem owoców (8-12 godz., 3-6 ppm O<sub>3</sub>).

Wszystkie warianty przechowywania zostały zastosowane do owoców schładzanych i nieschładzanych we wcześniejszym etapie doświadczenia.

W pierwszym sezonie przeprowadzono komplet zaplanowanych doświadczeń. W sezonie drugim po analizie uzyskanych po pierwszym sezonie wyników wybrano najbardziej obiecujące warianty i na nich się skoncentrowano w drugim sezonie. To pozwoliło wypracować najlepsze postępowanie pozbiorcze i kombinacje przechowalnicze. Podstawowymi ocenianymi parametrami były jakość fizyko-chemiczna owoców oraz ich jakość sensoryczna. Poniżej przedstawiono wyniki poszczególnych badań



w kolejnych sezonach z podziałem na badania fizyko-chemiczne (jędrność, kwasowość, zawartość ekstraktu i suchej masy) oraz zawartość związków biologicznie aktywnych (polifenole, karotenoidy, chlorofile, cukry, glutation, aktywność antyoksydacyjna) oraz jakość sensoryczną owoców minikiwi.

Badania jakościowe owoców prowadzono w odstępach 10-dniowych (T0-T7). Część badań wykonano w terminie krótszym (T5), do czasu utrzymywania przez owoce dobrej jakości (brak oznak psucia się owoców). Wyniki opracowano statystycznie programem Statistica 13.0.

## 2.1 Podstawowe parametry fizykochemiczne owoców (jędrność, zawartość ekstraktu oraz kwasowość a także zawartość suchej masy i zawartość polifenoli). Wyniki prowadzonych badań.

### Sezon 1

**Tabela 1.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem

**Termin 0**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-I-ZW	Brak masy począt.	98,41 ± 0,09 a	9,24 ± 0,43 a
2	W-II-ZW	Brak masy począt.	98,43 ± 0,10 a	9,50 ± 0,19 b
3	W-III-ZW	Brak masy począt.	98,41 ± 0,13 a	10,08 ± 0,28 ab

*średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe*

a – b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 2.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem

**Termin 1**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-I-ZW	18,89 ± 0,08 bc	98,46 ± 0,10 a	7,67 ± 0,11 b
2	W-I-X-TEND-1	18,28 ± 0,05 a	98,51 ± 0,22 a	6,95 ± 0,18 a
3	W-I-X-TEND-1	18,47 ± 0,08 ab	98,46 ± 0,10 a	6,86 ± 0,28 a
4	W-I-OZON	18,93 ± 0,12 bc	98,53 ± 0,15 a	8,53 ± 0,36 d
5	W-1-KA	20,56 ± 0,17 f	98,55 ± 0,11 a	6,75 ± 0,15 a
6	W-II-ZW	21,71 ± 0,18 g	98,58 ± 0,04 a	7,78 ± 0,18 bc
7	W-II-X-TEND-1	21,54 ± 0,33 g	98,45 ± 0,07 a	10,79 ± 0,46 g
8	W-II-X-TEND-2	20,10 ± 0,33 ef	98,50 ± 0,07 a	10,29 ± 0,18 ef
9	W-II-KA	23,03 ± 0,33 h	98,44 ± 0,07 a	10,76 ± 0,29 g
10	W-III-ZW	19,69 ± 0,27 de	98,59 ± 0,10 a	10,01 ± 0,03 e
11	W-III-X-TEND-1	19,19 ± 0,82 cd	98,44 ± 0,11 a	8,13 ± 0,09 cd
12	W-III-X-TEND-2	19,16 ± 0,40 cd	98,46 ± 0,10 a	8,27 ± 0,24 d
13	W-III-OZON	19,21 ± 0,10 cd	98,49 ± 0,15 a	10,69 ± 0,30 fg
14	W-III-KA	18,51 ± 0,21 ab	98,41 ± 0,13 a	8,48 ± 0,03 d

*średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe*

a – g – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )



**Tabela 3.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem  
**Termin 2**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-I-ZW	21,39 ± 0,10 h	98,61 ± 0,05 a	9,49 ± 0,05 e
2	W-I-X-TEND-1	19,06 ± 0,03 b	98,53 ± 0,08 a	6,44 ± 0,66 a
3	W-I-X-TEND-1	21,37 ± 0,08 h	98,48 ± 0,06 a	6,35 ± 0,48 a
4	W-I-OZON	18,58 ± 0,10 a	98,51 ± 0,05 a	8,31 ± 0,02 cd
5	W-1-KA	21,34 ± 0,05 h	98,46 ± 0,11 a	8,28 ± 0,20 cd
6	W-II-ZW	22,78 ± 0,02 j	98,47 ± 0,09 a	9,63 ± 0,05 e
7	W-II-X-TEND-1	22,69 ± 0,07 j	98,47 ± 0,10 a	10,57 ± 0,07 fg
8	W-II-X-TEND-2	20,58 ± 0,17 e	98,53 ± 0,16 a	10,74 ± 0,08 g
9	W-II-KA	21,75 ± 0,08 i	98,48 ± 0,09 a	10,24 ± 0,20 f
10	W-III-ZW	19,51 ± 0,03 c	98,46 ± 0,16 a	8,69 ± 0,22 d
11	W-III-X-TEND-1	19,40 ± 0,09 c	98,44 ± 0,13 a	7,30 ± 0,04 b
12	W-III-X-TEND-2	20,92 ± 0,16 f	98,43 ± 0,15 a	7,50 ± 0,02 b
13	W-III-OZON	21,15 ± 0,10 g	98,50 ± 0,14 a	9,52 ± 0,30 e
14	W-III-KA	19,85 ± 0,01 d	98,47 ± 0,10 a	8,10 ± 0,14 c

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – j – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )**Tabela 4.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem  
**Termin 3**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-I-ZW	20,59 ± 0,11 f	98,47 ± 0,10 a	9,93 ± 0,07 d
2	W-I-X-TEND-1	19,68 ± 0,02 d	98,55 ± 0,08 a	9,55 ± 0,05 cd
3	W-I-X-TEND-1	19,28 ± 0,09 bc	98,54 ± 0,08 a	9,52 ± 0,37 c
4	W-I-OZON	18,27 ± 0,28 a	98,49 ± 0,17 a	9,68 ± 0,21 cd
5	W-1-KA	20,60 ± 0,14 f	98,50 ± 0,06 a	8,61 ± 0,30 b
6	W-II-ZW	21,83 ± 0,07 i	98,49 ± 0,02 a	9,58 ± 0,15 cd
7	W-II-X-TEND-1	21,61 ± 0,24 hi	98,59 ± 0,02 a	9,41 ± 0,05 c
8	W-II-X-TEND-2	21,49 ± 0,42 h	98,47 ± 0,10 a	9,37 ± 0,10 c
9	W-II-KA	23,11 ± 0,02 j	98,46 ± 0,10 a	9,38 ± 0,14 c
10	W-III-ZW	19,54 ± 0,31 cd	98,50 ± 0,07 a	8,89 ± 0,48 b
11	W-III-X-TEND-1	21,16 ± 0,15 g	98,48 ± 0,08 a	7,37 ± 0,20 a
12	W-III-X-TEND-2	19,02 ± 0,05 b	98,52 ± 0,04 a	7,51 ± 0,13 a
13	W-III-OZON	20,18 ± 0,03 e	98,50 ± 0,03 a	9,75 ± 0,04 cd
14	W-III-KA	19,49 ± 0,08 cd	98,50 ± 0,09 a	7,59 ± 0,13 a

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – j – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )**Tabela 5.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem  
**Termin 4**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-I-ZW	18,39 ± 0,06 a	98,54 ± 0,07 a	8,45 ± 0,93 abcd
2	W-I-X-TEND-1	19,18 ± 0,27 bc	98,53 ± 0,05 a	8,91 ± 0,22 abcd
3	W-I-X-TEND-1	19,26 ± 0,49 cd	98,53 ± 0,04 a	8,97 ± 0,09 bcd



4	W-I-OZON	18,53 ± 0,17 <b>ab</b>	98,55 ± 0,07 <b>a</b>	7,05 ± 0,33 <b>ab</b>
5	W-I-KA	19,95 ± 0,44 <b>de</b>	98,50 ± 0,06 <b>a</b>	9,72 ± 0,10 <b>cd</b>
6	W-II-ZW	21,38 ± 0,07 <b>f</b>	98,54 ± 0,07 <b>a</b>	9,37 ± 1,62 <b>cd</b>
7	W-II-X-TEND-1	19,81 ± 0,23 <b>cde</b>	98,52 ± 0,06 <b>a</b>	10,13 ± 0,17 <b>d</b>
8	W-II-X-TEND-2	21,35 ± 0,24 <b>f</b>	98,51 ± 0,05 <b>a</b>	8,37 ± 1,14 <b>abcd</b>
9	W-II-KA	22,43 ± 0,15 <b>g</b>	98,53 ± 0,04 <b>a</b>	8,65 ± 2,87 <b>abcd</b>
10	W-III-ZW	19,70 ± 0,88 <b>cde</b>	98,52 ± 0,06 <b>a</b>	6,77 ± 1,41 <b>a</b>
11	W-III-X-TEND-1	20,08 ± 0,07 <b>e</b>	98,52 ± 0,04 <b>a</b>	8,75 ± 0,94 <b>abcd</b>
12	W-III-X-TEND-2	20,10 ± 0,10 <b>e</b>	98,52 ± 0,05 <b>a</b>	7,95 ± 0,23 <b>abc</b>
13	W-III-OZON	19,57 ± 0,45 <b>cde</b>	98,57 ± 0,08 <b>a</b>	8,13 ± 0,05 <b>abcd</b>
14	W-III-KA	19,66 ± 0,77 <b>cde</b>	98,56 ± 0,07 <b>a</b>	8,48 ± 0,85 <b>abcd</b>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

**a – g** – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 6.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem

**Termin 5**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-I-X-TEND-1	18,56 ± 0,54 <b>a</b>	98,47 ± 0,09 <b>a</b>	7,09 ± 0,03 <b>bc</b>
2	W-I-X-TEND-1	19,96 ± 0,05 <b>b</b>	98,45 ± 0,10 <b>a</b>	8,95 ± 0,04 <b>e</b>
3	W-II-X-TEND-1	20,55 ± 0,29 <b>c</b>	98,48 ± 0,10 <b>a</b>	8,84 ± 0,63 <b>e</b>
4	W-II-X-TEND-2	21,11 ± 0,09 <b>d</b>	98,55 ± 0,06 <b>a</b>	6,52 ± 0,18 <b>a</b>
5	W-II-KA	22,23 ± 0,29 <b>e</b>	98,50 ± 0,03 <b>a</b>	6,64 ± 0,30 <b>ab</b>
6	W-III-X-TEND-1	20,50 ± 0,05 <b>c</b>	98,51 ± 0,06 <b>a</b>	7,54 ± 0,12 <b>cd</b>
7	W-III-X-TEND-2	20,53 ± 0,13 <b>c</b>	98,46 ± 0,07 <b>a</b>	9,55 ± 0,09 <b>f</b>
8	W-III-KA	18,99 ± 0,23 <b>a</b>	98,41 ± 0,05 <b>a</b>	7,66 ± 0,11 <b>d</b>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

**a – f** – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 7.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem

**Termin 6**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-III-X-TEND-1	18,47 ± 0,16 <b>a</b>	98,47 ± 0,11 <b>a</b>	7,91 ± 0,04 <b>a</b>
2	W-III-X-TEND-2	19,15 ± 0,01 <b>b</b>	98,46 ± 0,08 <b>a</b>	7,79 ± 0,13 <b>a</b>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

**a – b** – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 8.** Sucha masa liofilizatów, sucha masa próbek, zawartość polifenoli ogółem

**Termin 7**

L.p.	Nazwa próbki	Sucha masa liof. [%]	Sucha masa [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
1	W-III-X-TEND-1	19,21 ± 0,02 <b>a</b>	98,59 ± 0,01 <b>a</b>	7,47 ± 0,19 <b>a</b>
2	W-III-X-TEND-2	19,55 ± 0,12 <b>a</b>	98,48 ± 0,10 <b>a</b>	7,29 ± 0,21 <b>a</b>
3	W-III-KA	20,16 ± 1,30 <b>a</b>	98,52 ± 0,12 <b>a</b>	7,84 ± 0,14 <b>b</b>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

**a – b** – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 9.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)

**Termin 0**



L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-I-ZW	6,83 ± 0,06 a	3,51 ± 0,03 a	1,41 ± 0,06 a
2	W-II-ZW	7,00 ± 0,10 b	3,51 ± 0,02 a	1,47 ± 0,06 a
3	W-III-ZW	6,97 ± 0,06 ab	3,50 ± 0,01 a	1,39 ± 0,10 a

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 10.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)

**Termin 1**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-I-ZW	10,00 ± 0,00 bc	3,41 ± 0,01 a	1,30 ± 0,04 ef
2	W-I-X-TEND-1	9,50 ± 0,00 ab	3,36 ± 0,00 a	1,31 ± 0,03 efg
3	W-I-X-TEND-1	9,25 ± 0,25 a	3,36 ± 0,00 a	1,18 ± 0,03 bc
4	W-I-OZON	11,17 ± 0,29 de	3,35 ± 0,01 a	1,19 ± 0,05 cd
5	W-I-KA	11,17 ± 0,29 e	3,30 ± 0,01 a	1,13 ± 0,03 b
6	W-II-ZW	12,67 ± 0,29 f	3,40 ± 0,01 a	1,00 ± 0,04 a
7	W-II-X-TEND-1	11,50 ± 0,00 de	3,26 ± 0,00 a	1,31 ± 0,03 ef
8	W-II-X-TEND-2	11,75 ± 0,25 e	3,33 ± 0,01 a	1,31 ± 0,03 ef
9	W-II-KA	12,67 ± 0,29 f	3,36 ± 0,01 a	1,30 ± 0,04 ef
10	W-III-ZW	10,33 ± 0,58 c	3,27 ± 0,02 a	1,32 ± 0,04 fg
11	W-III-X-TEND-1	9,25 ± 0,25 a	3,27 ± 0,01 a	1,25 ± 0,03 de
12	W-III-X-TEND-2	9,00 ± 0,00 a	3,30 ± 0,00 a	1,37 ± 0,03 g
13	W-III-OZON	10,33 ± 0,29 c	3,29 ± 0,01 a	1,30 ± 0,04 ef
14	W-III-KA	9,33 ± 0,76 a	3,27 ± 0,01 a	1,32 ± 0,04 fg

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – g – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 11.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)

**Termin 2**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-I-ZW	13,33 ± 0,29 f	3,39 ± 0,01 e	1,23 ± 0,10 e
2	W-I-X-TEND-1	11,25 ± 0,25 bc	3,42 ± 0,00 g	1,31 ± 0,03 f
3	W-I-X-TEND-1	11,00 ± 0,00 ab	3,41 ± 0,01 fg	1,37 ± 0,03 fg
4	W-I-OZON	12,83 ± 0,29 e	3,52 ± 0,01 i	1,13 ± 0,04 d
5	W-I-KA	13,17 ± 0,29 ef	3,34 ± 0,01 c	1,07 ± 0,04 cd
6	W-II-ZW	14,67 ± 0,29 g	3,40 ± 0,01 ef	0,98 ± 0,04 ab
7	W-II-X-TEND-1	13,50 ± 0,00 f	3,42 ± 0,00 g	0,93 ± 0,03 a
8	W-II-X-TEND-2	13,25 ± 0,25 ef	3,40 ± 0,00 ef	0,93 ± 0,03 a
9	W-II-KA	14,83 ± 0,29 g	3,46 ± 0,01 h	1,02 ± 0,06 bc
10	W-III-ZW	11,67 ± 0,29 cd	3,36 ± 0,01 d	1,43 ± 0,04 g
11	W-III-X-TEND-1	11,75 ± 0,25 d	3,34 ± 0,00 bc	1,37 ± 0,03 fg
12	W-III-X-TEND-2	11,50 ± 0,00 cd	3,33 ± 0,01 b	1,31 ± 0,03 ef
13	W-III-OZON	12,83 ± 0,29 e	3,27 ± 0,00 a	1,32 ± 0,04 f
14	W-III-KA	10,75 ± 0,25 a	3,37 ± 0,01 d	1,37 ± 0,03 fg

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – i – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 12.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)**Termin 3**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-I-ZW	15,03 ± 0,06 d	3,39 ± 0,01 c	0,94 ± 0,04 bc
2	W-I-X-TEND-1	13,05 ± 0,05 b	3,31 ± 0,01 a	1,15 ± 0,06 def
3	W-I-X-TEND-1	12,95 ± 0,05 b	3,41 ± 0,01 d	0,99 ± 0,03 c
4	W-I-OZON	14,00 ± 0,10 c	3,49 ± 0,01 f	1,08 ± 0,06 d
5	W-I-KA	15,25 ± 0,25 d	3,45 ± 0,01 e	0,96 ± 0,06 c
6	W-II-ZW	16,00 ± 0,50 ef	3,60 ± 0,01 i	0,87 ± 0,04 ab
7	W-II-X-TEND-1	16,25 ± 0,25 f	3,51 ± 0,01 g	0,80 ± 0,03 a
8	W-II-X-TEND-2	15,75 ± 0,25 e	3,46 ± 0,00 e	0,92 ± 0,03 bc
9	W-II-KA	16,25 ± 0,25 f	3,59 ± 0,00 h	0,87 ± 0,04 ab
10	W-III-ZW	13,25 ± 0,25 b	3,49 ± 0,01 f	1,13 ± 0,04 de
11	W-III-X-TEND-1	13,00 ± 0,00 b	3,39 ± 0,01 c	1,11 ± 0,03 de
12	W-III-X-TEND-2	12,25 ± 0,25 a	3,34 ± 0,00 b	1,18 ± 0,03 ef
13	W-III-OZON	15,25 ± 0,25 d	3,32 ± 0,00 a	1,22 ± 0,06 f
14	W-III-KA	13,25 ± 0,25 b	3,40 ± 0,00 cd	1,13 ± 0,03 de

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – i – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )**Tabela 13.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)**Termin 4**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-I-ZW	13,00 ± 0,50 a	3,72 ± 0,01 h	0,75 ± 0,04 e
2	W-I-X-TEND-1	13,00 ± 0,50 a	3,67 ± 0,00 f	0,73 ± 0,03 e
3	W-I-X-TEND-1	13,00 ± 0,50 a	3,67 ± 0,00 f	0,61 ± 0,03 c
4	W-I-OZON	13,67 ± 0,29 ab	3,73 ± 0,01 i	1,17 ± 0,04 h
5	W-I-KA	14,83 ± 0,76 de	3,80 ± 0,01 l	0,34 ± 0,04 a
6	W-II-ZW	16,50 ± 0,50 f	3,80 ± 0,01 l	0,36 ± 0,04 a
7	W-II-X-TEND-1	18,25 ± 0,25 g	3,76 ± 0,00 k	0,66 ± 0,04 cd
8	W-II-X-TEND-2	15,50 ± 0,50 e	3,68 ± 0,00 g	0,67 ± 0,03 d
9	W-II-KA	18,00 ± 0,50 g	3,75 ± 0,01 j	0,53 ± 0,04 b
10	W-III-ZW	14,00 ± 0,50 bc	3,53 ± 0,01 c	0,49 ± 0,04 b
11	W-III-X-TEND-1	14,50 ± 0,50 cd	3,43 ± 0,01 a	1,17 ± 0,03 h
12	W-III-X-TEND-2	15,25 ± 0,25 de	3,57 ± 0,00 e	1,06 ± 0,03 g
13	W-III-OZON	15,17 ± 0,29 de	3,55 ± 0,01 d	0,85 ± 0,04 f
14	W-III-KA	15,17 ± 0,29 de	3,51 ± 0,01 b	1,04 ± 0,04 g

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – l – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )**Tabela 14.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)**Termin 5**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-I-ZW	14,00 ± 0,00 a	3,88 ± 0,01 e	0,34 ± 0,04 a
2	W-I-X-TEND-1	15,25 ± 0,25 ce	3,80 ± 0,00 a	0,48 ± 0,03 b
3	W-I-X-TEND-1	16,25 ± 0,25 df	3,94 ± 0,00 fg	0,35 ± 0,03 a
4	W-I-OZON	14,67 ± 0,29 b	3,81 ± 0,00 b	0,49 ± 0,04 b

5	W-I-KA	14,67 ± 0,29 bc	3,98 ± 0,01 i	0,49 ± 0,04 b
6	W-II-ZW	16,67 ± 0,58 f	4,11 ± 0,01 k	0,47 ± 0,04 b
7	W-II-X-TEND-1	16,75 ± 0,25 f	3,93 ± 0,00 f	0,35 ± 0,03 a
8	W-II-X-TEND-2	16,75 ± 0,25 f	3,95 ± 0,01 h	0,48 ± 0,03 b
9	W-II-KA	18,17 ± 0,29 g	4,01 ± 0,01 j	0,49 ± 0,04 b
10	W-III-ZW	15,83 ± 0,29 de	3,94 ± 0,01 gh	0,55 ± 0,04 c
11	W-III-X-TEND-1	13,75 ± 0,25 a	3,83 ± 0,01 c	0,73 ± 0,03 e
12	W-III-X-TEND-2	14,00 ± 0,50 a	3,87 ± 0,01 d	0,77 ± 0,00 e
13	W-III-OZON	13,67 ± 0,29 a	3,86 ± 0,01 d	0,74 ± 0,04 e
14	W-III-KA	15,83 ± 0,58 d	3,82 ± 0,01 bc	0,66 ± 0,04 d

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – k – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 15.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)

**Termin 6**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-II-X-TEND-1	13,25 ± 0,25 a	3,92 ± 0,00 a	0,48 ± 0,03 b
2	W-II-X-TEND-2	13,25 ± 0,25 a	3,93 ± 0,00 b	0,29 ± 0,03 a
3	W-III-KA	13,50 ± 0,00 a	4,11 ± 0,01 c	0,23 ± 0,04 a

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 16.** Ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna)

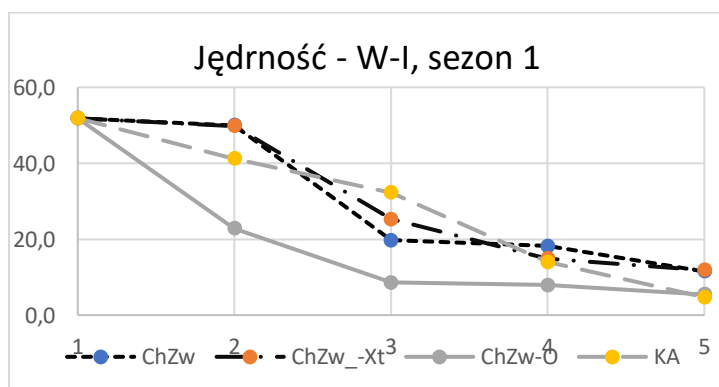
**Termin 7**

L.p.	Nazwa próbki	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]
1	W-III-X-TEND-1	14,50 ± 0,00 a	4,06 ± 0,00 a	0,41 ± 0,03 b
2	W-III-X-TEND-2	14,50 ± 0,00 a	4,13 ± 0,00 b	0,34 ± 0,03 a
3	W-III-KA	15,17 ± 0,29 b	4,16 ± 0,01 c	0,33 ± 0,03 a

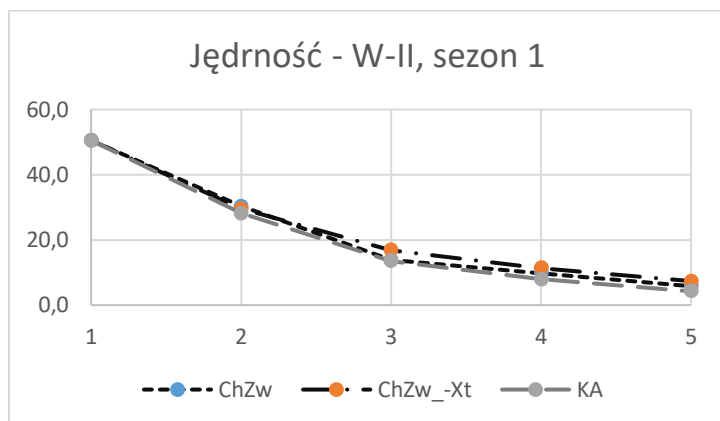
średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a – b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

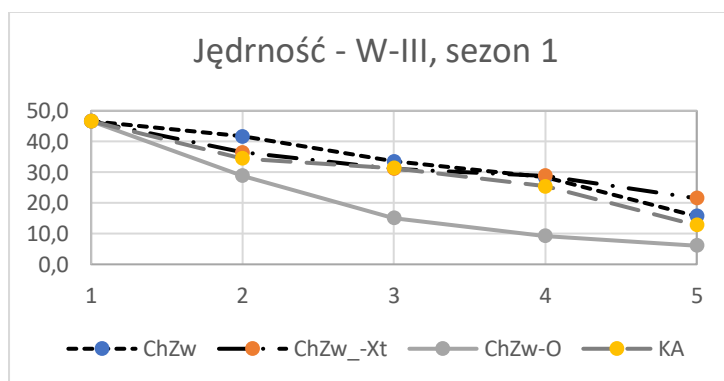
### Zmiany jędrności owoców w trakcie przechowywania.



Rys. 1. Zmiany jędrności owoców (N) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.

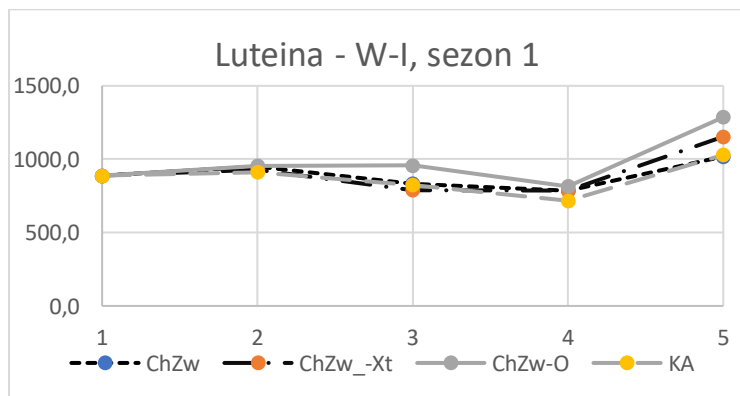


Rys. 2. Zmiany jędrności owoców (N) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, owoce ozonowane przed włożeniem do chłodni.



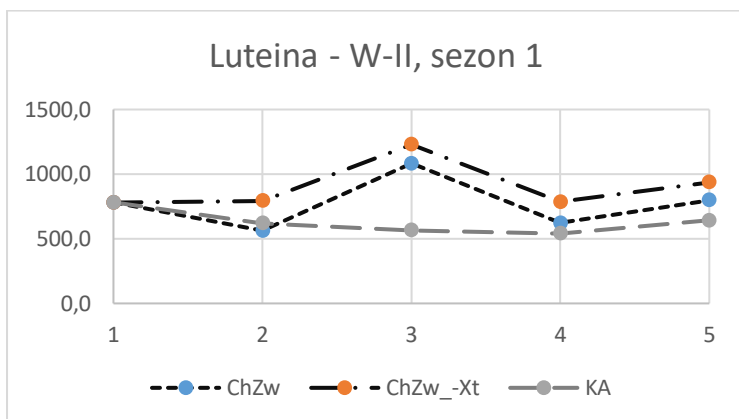
Rys. 3. Zmiany jędrności owoców (N) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.

**Zmiany zawartości karotenoidów w owocach w poszczególnych terminach zależnie od warunków przechowywania.**

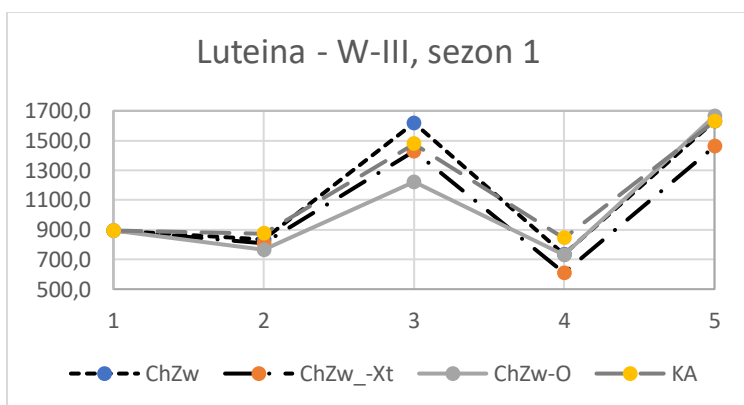


Rys. 4. Zmiany zawartości luteiny w owocach (mg/g s.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze

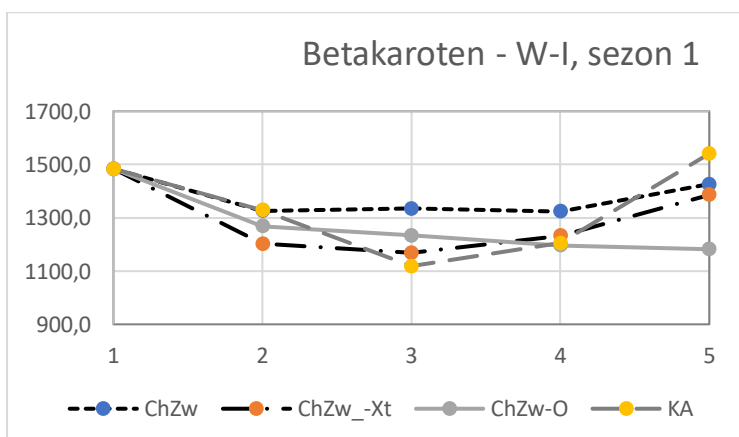




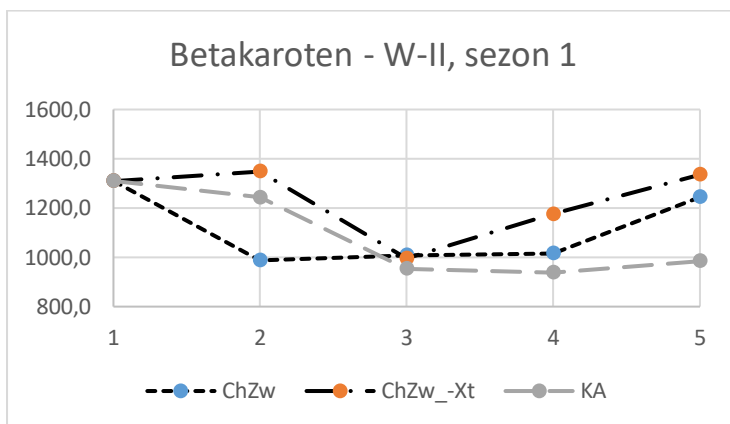
Rys. 5. Zmiany zawartości luteiny w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, z ozonowaniem owoców przed włożeniem do chłodni.



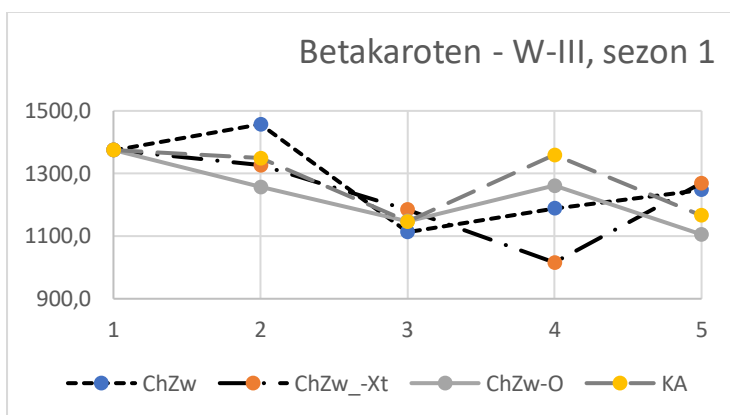
Rys. 6. Zmiany zawartości luteiny w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



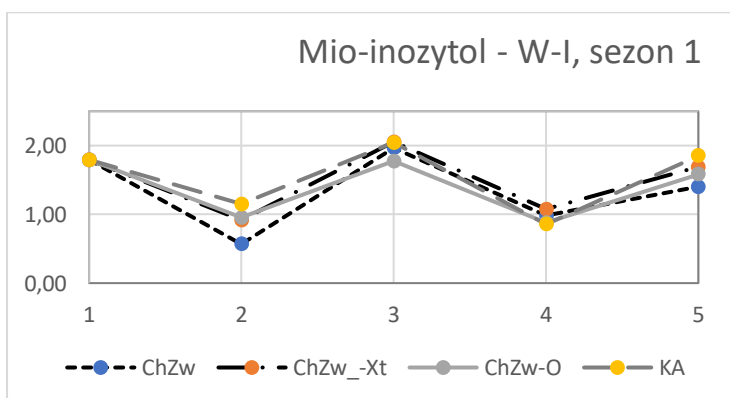
Rys. 7. Zmiany zawartości betakarotenu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



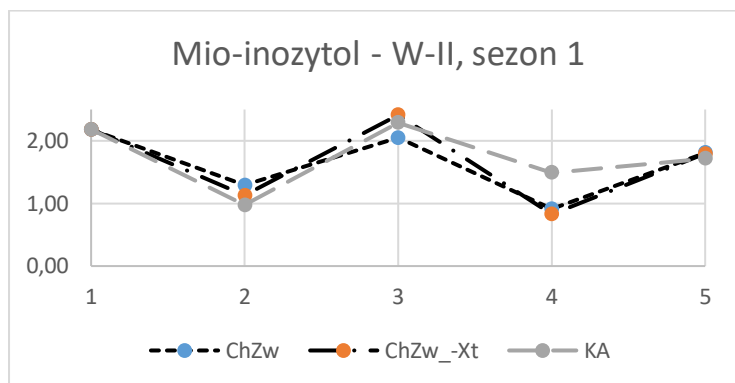
Rys. 8. Zmiany zawartości betakarotenu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, z ozonowaniem owoców przed włożeniem do chłodni.



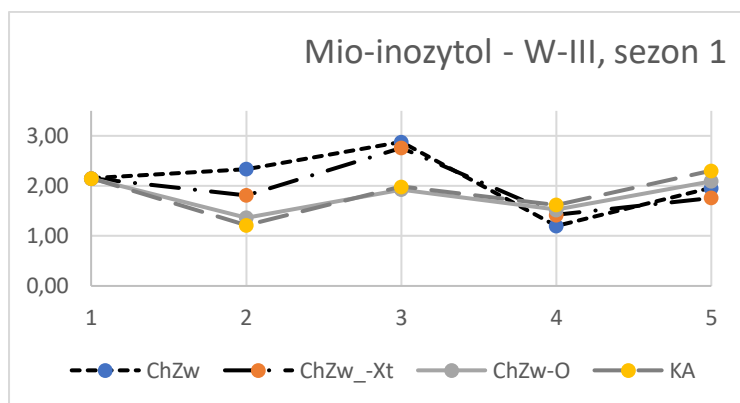
Rys. 9. Zmiany zawartości betakarotenu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



Rys. 10. Zmiany zawartości mio-inozytolu (cukier) w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze

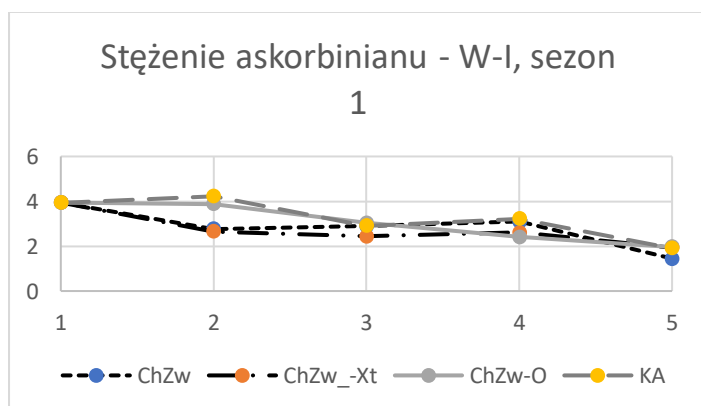


Rys. 11. Zmiany zawartości *mio*-inozytolu (cukier) w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, z ozonowaniem owoców przed włożeniem do chłodni.

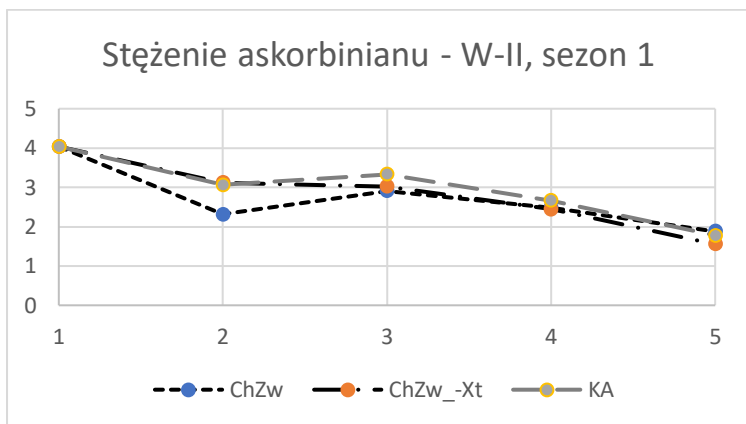


Rys. 12. Zmiany zawartości *mio*-inozytolu (cukier) w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.

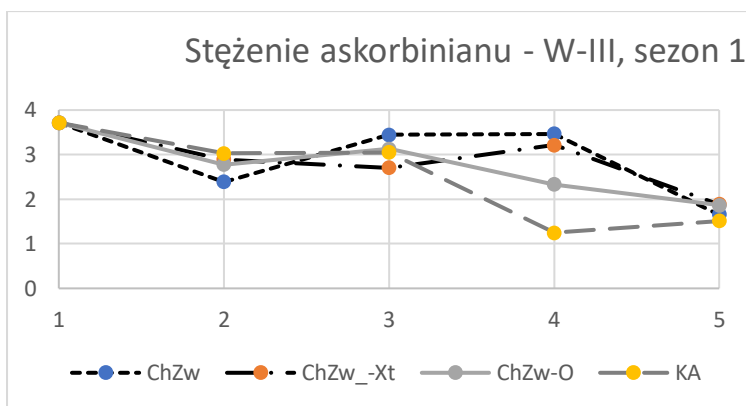
**Zmiany zawartości askorbinianu (wit. C), glutationu i szczawianów w owocach w poszczególnych terminach zależnie od warunków przechowywania.**



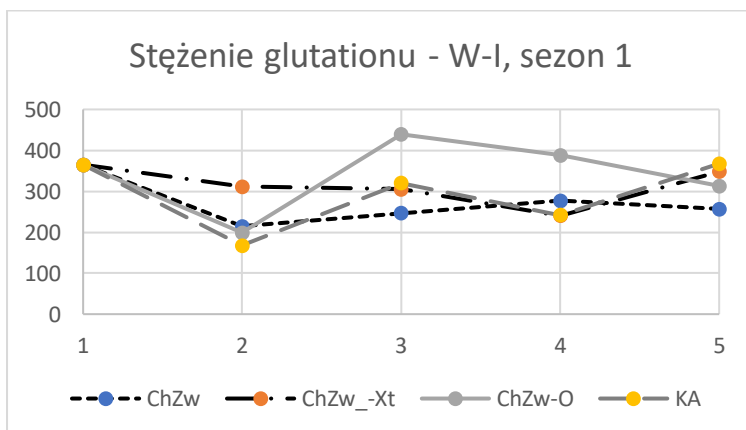
Rys. 13. Zmiany zawartości askorbinianu (wit. C) w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców przed włożeniem do chłodni.



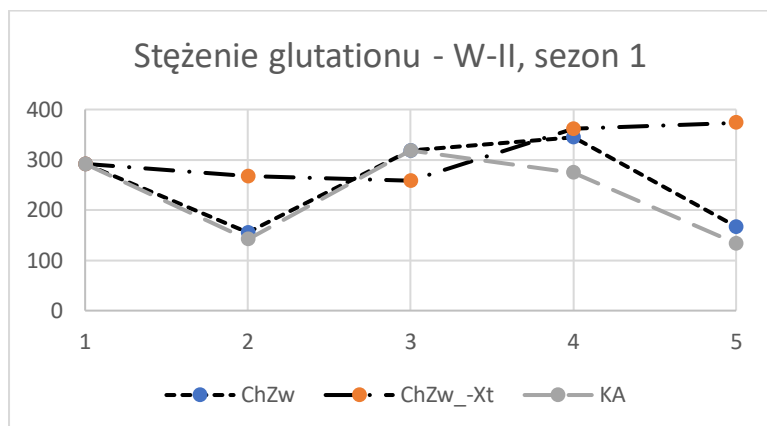
Rys. 14. Zmiany zawartości askorbinianu (wit. C) w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, z ozonowaniem owoców przed włożeniem do chłodni.



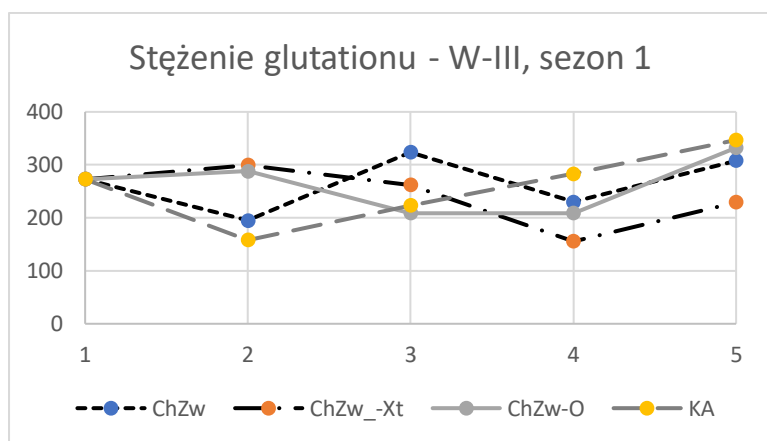
Rys. 15. Zmiany zawartości askorbinianu (wit. C) w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



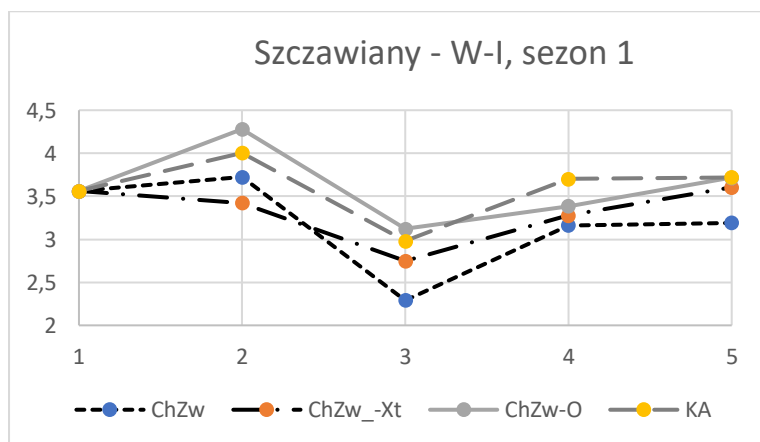
Rys. 16. Zmiany zawartości glutationu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



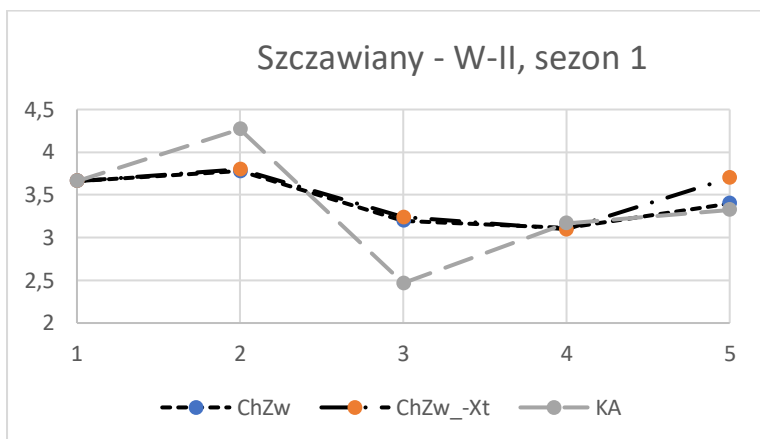
Rys. 17. Zmiany zawartości glutationu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, z ozonowaniem owoców przed włożeniem do chłodni.



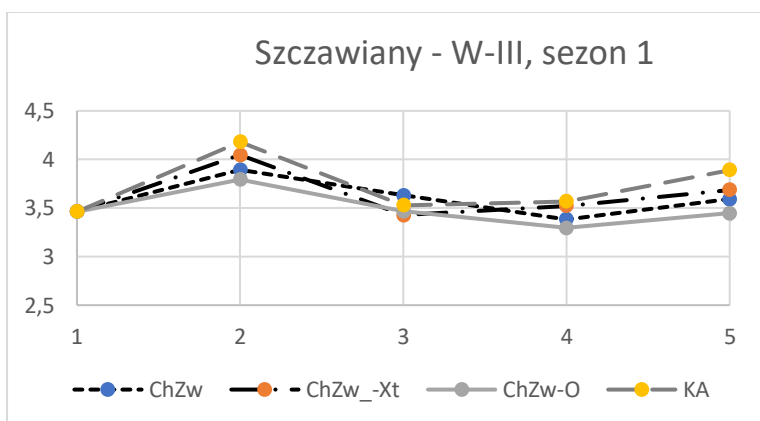
Rys. 18. Zmiany zawartości glutationu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



Rys. 19. Zmiany zawartości szczawianów w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



Rys. 20. Zmiany zawartości Szczawianów w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant II, z ozonowaniem owoców przed włożeniem do chłodni.



Rys. 21. Zmiany zawartości szczawianów w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.

### Wpływu czasu i warunków przechowywania na aktywność antyoksydacyjną owoców minikiwi.

Aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z owoców wykonano metodami: ABTS, CUPRAC i jonami żelaza(II). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach.

Wyniki uzyskane w trakcie oznaczania zdolności do dezaktywacji kationorodników ABTS przedstawiono w tabeli 16. W terminie zbiorów T<sub>0</sub> uznanym za termin kontrolny najmniejszą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w wariancie I (15,35 mg Troloxu/g liofilizatu), zaś największą w wariancie II (19,39 mg Troloxu/g liofilizatu). W tym terminie pod względem statystycznym próbki z wariantu II i III nie różniły się od siebie istotnie statystycznie, zaś próbki z wariantu I nie różniły się istotnie statystycznie z próbkami wariantu III. Po czasie przechowywania T<sub>1</sub> najmniejszą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w próbce z wariantu I X-Tendy (X-T1) – 13,01 mg Troloxu/g liofilizatu, najwyższą zdolność oznaczono w próbce z wariantu II również X-Tendy (X-T2) – 24,89 mg Troloxu/g liofilizatu. Pod względem statystycznym wszystkie próbki poddane dodatkowym procesom w poszczególnych wariantach różniły się od siebie w sposób





statystycznie istotny. Jedynie próbki zapakowane w kontrolnej atmosferze (KA) w wariacie I i II nie różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny. W owocach pochodzących z kolejnego okresu przechowywania (T<sub>2</sub>) najniższą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w próbkach przechowywanych w chłodni z ciągłym ozonowaniem (Ch-O wariant I) – 7,27 mg Troloxu/g liofilizatu, zaś najwyższą wartość tego parametru uzyskano w próbkach przechowywanych w kontrolowanej atmosferze (KA wariant I) – 17,54 mg Troloxu/g liofilizatu. Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała, że różnice statystycznie istotne nie występują między próbkami: K-ChZ z wariantu I i III; X-T1 z wariantu I i II; X-T2 we wszystkich wariantach oraz KA z wariantu II i III. W czasie przechowywania T<sub>3</sub> najniższą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w próbce X-T1 w wariacie II – 9,87 mg Troloxu/g liofilizatu. Najwyższą zdolnością do dezaktywacji kationorodników ABTS w tym czasie wykazała się próbka KA w wariacie III uzyskując wartość 15,47 mg Troloxu/g liofilizatu. W analizowanym terminie zbioru nie różniły się statystycznie istotnie: próbki K-ChZ z wariantu II i III oraz próbki X-T1, X-T2 i KA w wariacie I i II. Próbki przechowywane w czasie T<sub>4</sub> charakteryzowały się zdolnością do dezaktywacji kationorodników ABTS w zakresie od 8,57 mg Troloxu/g liofilizatu (Ch-O wariant I) do 16,76 mg Troloxu/g liofilizatu (X-T2 wariant II). Analiza statystyczna wykazała brak istotnych statystycznie różnic w próbkach K-ChZ i X-T1 (wszystkie warianty), X-T2 (wariant II i III), KA (wariant II i III) oraz KA (wariant I i III). W czasie T<sub>5</sub> wariant I analizom poddano jedynie próbki oznakowane jako X-T1 i X-T2 uzyskując wyniki, odpowiednio 8,25 mg Troloxu/g liofilizatu i 9,48 mg Troloxu/g liofilizatu. W wariacie II badano próbki X-T1, X-T2 i KA, w których oznaczono zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS na poziomie, odpowiednio 8,63, 6,52 i 8,31 mg Troloxu/g liofilizatu. W wariacie III również analizowano próbki X-T1, X-T2 i KA i uzyskano odpowiednio 9,87, 10,25 i 8,70 mg Troloxu/g liofilizatu. Analiza statystyczna wykazała, iż nie ma różnic statystycznie istotnych w próbkach X-T1 i KA we wszystkich wariantach, oraz w próbkach X-T2 wariant I i III. W czasie T<sub>6</sub> analizowano próbki X-T1 i X-T2 w wariacie III i uzyskano wyniki odpowiednio 10,87 i 12,20 mg Troloxu/g liofilizatu. W czasie T<sub>7</sub> badaniom poddano próbki X-T1, X-T2 i KA, dla których zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS kształtowała się na poziomie odpowiednio 10,74, 9,36 i 10,82 mg Troloxu/g liofilizatu.

Analiza statystyczna wyników uzyskanych w poszczególnych czasach przechowywania zgodnie z wariantem I pozwoliła na uzyskanie 12 grup jednorodnych, również próbki przechowywane zgodnie z wariantem III pogrupowane zostały na 12 grup jednorodnych, natomiast próbki przechowywane według wariantu II utworzyły 11 grup jednorodnych.



Tabela 16. Zdolność badanych próbek do dezaktywacji kationorodników ABTS.

Termin zbioru	Proces	Oznakowanie	Wariant I (owoce z chłodni bez ozonowania)				Oznakowanie	Wariant II (owoce z chłodni z ozonowaniem)				Oznakowanie	Wariant III (owoce bez chłodni)			
			Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	ABTS (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	ABTS (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	ABTS (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD
T_0 Start	PK	T_0 I 1.A	17,010	16,901	17,010	15,35 <sup>abB</sup> ± 2,13	T_0 II 1.A	16,934	17,206	17,152	19,39 <sup>ba</sup> ± 1,78	T_0 III 1.A	20,621	20,293	20,184	17,07 <sup>cAB</sup> ± 3,86
		T_0 I 1.B	12,308	12,635	12,635		T_0 II 1.B	20,133	20,024	20,024		T_0 III 1.B	11,883	12,101	12,046	
		T_0 I 1.C	16,618	16,509	16,563		T_0 II 1.C	21,115	20,842	21,115		T_0 III 1.C	18,737	19,064	18,767	
T_1	K-ChZ	T_1 I 1.1	14,228	14,392	14,338	13,53 <sup>cdC</sup> ± 0,69	T_1 II 1.1	18,208	18,318	18,154	17,99 <sup>bcB</sup> ± 0,85	T_1 III 1.1	22,063	22,227	22,281	21,81 <sup>aA</sup> ± 0,58
		T_1 I 1.2	13,176	13,721	13,557		T_1 II 1.2	18,918	18,700	18,864		T_1 III 1.2	21,155	20,882	21,209	
		T_1 I 1.3	12,921	12,757	12,648		T_1 II 1.3	17,061	16,898	16,788		T_1 III 1.3	22,212	21,829	22,430	
	X-T1	T_1 I 2.1	11,941	11,832	12,051	13,01 <sup>deC</sup> ± 0,82	T_1 II 2.1	17,996	17,996	18,105	14,96 <sup>deB</sup> ± 2,35	T_1 III 2.1	17,835	18,271	18,053	18,89 <sup>ba</sup> ± 0,67
		T_1 I 2.2	13,611	13,720	13,829		T_1 II 2.2	13,222	12,840	12,676		T_1 III 2.2	19,041	19,642	18,987	
		T_1 I 2.3	13,557	13,175	13,338		T_1 II 2.3	13,603	14,094	14,148		T_1 III 2.3	19,332	19,550	19,278	
	X-T2	T_1 I 2.a	13,844	13,844	13,625	13,50 <sup>cdC</sup> ± 0,77	T_1 II 2.a	29,962	29,471	29,962	24,89 <sup>aA</sup> ± 6,50	T_1 III 2.a	19,239	19,184	19,730	20,49 <sup>abB</sup> ± 0,93
		T_1 I 2.b	12,523	12,632	12,414		T_1 II 2.b	28,456	28,511	28,893		T_1 III 2.b	21,355	20,266	20,701	
		T_1 I 2.c	14,280	14,007	14,334		T_1 II 2.c	16,086	16,360	16,305		T_1 III 2.c	21,547	21,219	21,219	
	Ch-O	T_1 I 3.1	12,744	12,526	12,744	13,44 <sup>cdB</sup> ± 1,90						T_1 III 3.1	19,493	19,820	19,602	19,01 <sup>ba</sup> ± 2,19
		T_1 I 3.2	15,741	15,959	16,014		T_1 III 3.2	16,364	16,146	16,201		T_1 III 3.2	16,364	16,146	16,201	
		T_1 I 3.3	11,941	11,668	11,613		T_1 III 3.3	21,351	20,805	21,351		T_1 III 3.3	21,351	20,805	21,351	
	KA	T_1 I 4.1	14,916	15,190	15,134	15,06 <sup>bcB</sup> ± 0,60	T_1 II 4.1	11,811	12,029	11,811	14,92 <sup>deB</sup> ± 2,48	T_1 III 4.1	19,034	18,597	18,815	21,41 <sup>aA</sup> ± 2,23
		T_1 I 4.2	14,535	14,262	14,317		T_1 II 4.2	17,566	17,512	17,621		T_1 III 4.2	21,733	21,297	21,352	
		T_1 I 4.3	15,868	15,704	15,595		T_1 II 4.3	15,153	15,317	15,426		T_1 III 4.3	23,713	24,095	24,040	
T_2	K-ChZ	T_2 I 1.1	17,987	18,041	17,823	16,48 <sup>abA</sup> ± 1,62	T_2 II 1.1	9,589	9,535	9,644	10,61 <sup>hiB</sup> ± 1,12	T_2 III 1.1	15,464	15,300	15,409	16,16 <sup>cdA</sup> ± 0,86
		T_2 I 1.2	15,136	14,754	15,136		T_2 II 1.2	11,553	11,553	11,771		T_2 III 1.2	16,618	17,163	16,999	
	X-T1	T_2 I 2.1	12,268	12,595	12,541	12,51 <sup>defB</sup> ± 1,55	T_2 II 2.1	13,185	13,185	13,130	13,29 <sup>efgB</sup> ± 0,19	T_2 III 2.1	13,559	13,341	13,286	14,98 <sup>deA</sup> ± 1,74
		T_2 I 2.2	11,486	11,541	11,650		T_2 II 2.2	13,673	13,237	13,291		T_2 III 2.2	16,443	16,770	16,498	
	X-T2	T_2 I 2.a	15,580	15,307	15,307	16,42 <sup>ab</sup> ± 1,12	T_2 II 2.a	14,726	14,890	14,945	14,57 <sup>def</sup> ± 0,32	T_2 III 2.a	13,679	13,133	13,570	15,58 <sup>cde</sup> ± 2,34
		T_2 I 2.b	17,477	17,477	17,368		T_2 II 2.b	14,423	14,204	14,259		T_2 III 2.b	17,926	17,598	17,598	
	Ch-O	T_2 I 3.1	6,256	6,474	6,365	7,27 <sup>lB</sup> ± 0,99						T_2 III 3.1	14,393	14,120	14,174	13,75 <sup>efgA</sup> ± 0,57
		T_2 I 3.2	8,153	8,153	8,208		T_2 III 3.2	13,014	13,177	13,613		T_2 III 3.2	13,014	13,177	13,613	
	KA	T_2 I 4.1	19,440	19,658	19,658	17,54 <sup>ab</sup> ± 2,24	T_2 II 4.1	14,821	15,148	14,823	15,59 <sup>deA</sup> ± 0,74	T_2 III 4.1	15,316	15,152	15,207	15,30 <sup>cdeA</sup> ± 0,12
		T_2 I 4.2	15,490	15,381	15,600		T_2 II 4.2	16,080	16,244	16,407		T_2 III 4.2	15,476	15,313	15,367	



T <sub>3</sub>	K-ChZ	T_3 I 1.1	12,599	12,544	12,544	13,26 <sup>cdA</sup>	T_3 II 1.1	11,777	11,996	12,051	10,66 <sup>hiB</sup>	T_3 III 1.1	8,817	9,198	9,035	10,04 <sup>jkIB</sup>		
		T_3 I 1.2	13,748	14,075	14,021	± 0,77	T_3 II 1.2	9,476	9,367	9,312	± 1,40	T_3 III 1.2	11,220	10,892	11,056	± 1,13		
	X-T1	T_3 I 2.1	9,075	9,238	9,129	10,35 <sup>efhiB</sup>	T_3 II 2.1	10,957	10,847	10,847	9,87 <sup>hijB</sup>	T_3 III 2.1	12,791	12,737	13,009	13,92 <sup>efgA</sup>		
		T_3 I 2.2	11,505	11,669	11,505	± 1,32	T_3 II 2.2	8,956	8,772	8,881	± 1,11	T_3 III 2.2	15,084	14,866	15,030	± 1,18		
	X-T2	T_3 I 2.a	9,461	9,461	9,407	11,65 <sup>defghB</sup>	T_3 II 2.a	13,461	13,461	13,352	12,29 <sup>fgHB</sup>	T_3 III 2.a	15,147	15,093	15,093	14,86 <sup>deA</sup>		
		T_3 I 2.b	13,983	13,711	13,874	± 2,42	T_3 II 2.b	11,208	10,990	11,262	± 1,25	T_3 III 2.b	14,719	14,665	14,446	± 0,29		
	Ch-O	T_3 I 3.1	10,463	10,354	10,463	10,16 <sup>hijB</sup>						T_3 III 3.1	15,072	15,236	15,127	14,63 <sup>defA</sup>		
		T_3 I 3.2	9,858	9,913	9,913	± 0,29						T_3 III 3.2	13,887	14,269	14,215	± 0,58		
	KA	T_3 I 4.1	13,337	13,228	13,228	11,38 <sup>efghB</sup>	T_3 II 4.1	10,461	10,571	10,789	11,65 <sup>ghB</sup>	T_3 III 4.1	15,460	15,242	15,405	15,47 <sup>cdeA</sup>		
		T_3 I 4.2	9,370	9,588	9,533	± 2,06	T_3 II 4.2	12,596	12,760	12,705	± 1,14	T_3 III 4.2	15,622	15,731	15,349	± 0,18		
T <sub>4</sub>	K-ChZ	T_4 I 1.1	9,049	9,158	9,267	10,04 <sup>hijkA</sup>	T_4 II 1.1	8,924	8,705	8,706	7,92 <sup>jkA</sup>	T_4 III 1.1	6,904	6,795	6,959	10,48 <sup>ijkIA</sup>		
		T_4 I 1.2	10,665	10,774	10,829		T_4 II 1.2	7,337	7,337	5,974		± 0,92	T_4 III 1.2	14,166	14,275		14,166	± 4,07
		T_4 I 1.3	10,170	10,279	10,170		T_4 II 1.3	8,102	8,211	7,993			T_4 III 1.3					
	X-T1	T_4 I 2.1	8,321	8,812	8,649	10,90 <sup>fghiA</sup>	T_4 II 2.1	11,663	11,663	11,663	11,37 <sup>ghA</sup>	T_4 III 2.1	10,902	11,121	11,175	10,39 <sup>ijkIA</sup>		
		T_4 I 2.2	13,079	13,188	13,352	± 2,53	T_4 II 2.2	10,946	11,164	11,109	± 0,33	T_4 III 2.2	9,631	9,849	9,685	± 0,74		
	X-T2	T_4 I 2.a	14,116	14,225	14,006	12,08 <sup>defgB</sup>	T_4 II 2.a	17,734	17,788	17,461	16,76 <sup>cdA</sup>	T_4 III 2.a	15,480	15,698	15,589	15,35 <sup>cdeA</sup>		
		T_4 I 2.b	9,964	10,292	9,910	± 2,23	T_4 II 2.b	15,545	15,599	16,419	± 1,04	T_4 III 2.b	14,946	15,165	15,220	± 0,29		
	Ch-O	T_4 I 3.1	9,084	9,248	9,139	8,57 <sup>jkIB</sup>						T_4 III 3.1	10,568	10,841	10,841	12,89 <sup>fghA</sup>		
		T_4 I 3.2	7,227	7,663	7,772		± 0,78						T_4 III 3.2	13,525	13,690		13,689	± 1,63
		T_4 I 3.3	9,044	9,044	8,880								T_4 III 3.3	14,207	14,316		14,316	
KA	T_4 I 4.1	11,812	11,975	11,703	10,00 <sup>hijkB</sup>	T_4 II 4.1	11,270	11,161	11,543	12,30 <sup>fghA</sup>	T_4 III 4.1	14,045	14,154	14,154	11,79 <sup>hijAB</sup>			
	T_4 I 4.2	11,696	11,696	12,078		± 2,74	T_4 II 4.2	11,393	11,611		11,120	± 1,44	T_4 III 4.2	11,153		10,881	11,099	± 1,79
	T_4 I 4.3	6,422	6,204	6,422			T_4 II 4.3	14,232	14,400		14,013		T_4 III 4.3	10,021		10,294	10,294	
T <sub>5</sub>	K-ChZ	T_5 I 1.1					T_5 II 1.1					T_5 III 1.1						
		T_5 I 1.2					T_5 II 1.2					T_5 III 1.2						
		T_5 I 1.3					T_5 II 1.3					T_5 III 1.3						
	X-T1	T_5 I 2.1	10,006	9,843	9,788	8,25 <sup>kIA</sup>	T_5 II 2.1	10,660	10,551	10,442	8,63 <sup>ijkA</sup>	T_5 III 2.1	9,700	9,755	9,645	9,87 <sup>jkIA</sup>		
		T_5 I 2.2	6,532	6,696	6,642	± 1,79	T_5 II 2.2	6,790	6,681	6,681	± 2,10	T_5 III 2.2	10,061	9,898	10,170	± 0,21		
	X-T2	T_5 I 2.a	9,150	9,259	9,314	9,48 <sup>ijkA</sup>	T_5 II 2.a	7,124	7,233	7,287	6,52 <sup>kB</sup>	T_5 III 2.a	12,416	12,635	12,526	10,25 <sup>ijkIA</sup>		
		T_5 I 2.b	9,700	9,592	9,865	± 0,28	T_5 II 2.b	5,864	5,864	5,755	± 0,76	T_5 III 2.b	7,940	7,831	8,158	± 2,50		
	Ch-O	T_5 I 3.1										T_5 III 3.1						
		T_5 I 3.2										T_5 III 3.2						
		T_5 I 3.3										T_5 III 3.3						
KA	T_5 I 4.1					T_5 II 4.1	7,773	7,828	7,828	8,31 <sup>ijkA</sup>	T_5 III 4.1	9,027	8,809	9,082	8,70 <sup>IA</sup>			
	T_5 I 4.2					T_5 II 4.2	8,003	7,839	7,894		± 0,68	T_5 III 4.2	8,431	8,431		8,322	± 0,27	
	T_5 I 4.3					T_5 II 4.3	9,261	9,042	9,315			T_5 III 4.3	8,595	8,813		8,759		

PK – próbki kontrolne; K-ChZ – Kontrola – chłodnia zwykła; X-T1 – X-Trendy pierwsze powtórzenie; X-T2 – X-Trendy drugie powtórzenie; Ch-O – Chłodnia+ozon; KA – Kontrolowana atmosfera



Wyniki uzyskane w trakcie oznaczania aktywności przeciwutleniającej metodą CUPRAC przedstawiono w tabeli 17. Próbkę kontrolną ( $T_0$ ) charakteryzowały się aktywnością przeciwutleniającą w granicach od 23,37 mg Troloxu/g liofilizatu (owoce przechowywane zgodnie z wariantem I) do 30,68 mg Troloxu/g liofilizatu (owoce przechowywane zgodnie z wariantem II). Analiza statystyczna wyników uzyskanych dla próbek kontrolnych wykazała, iż różnią się one między sobą w sposób statystycznie istotny. W czasie  $T_1$  najniższą aktywność przeciwutleniającą oznaczono w próbce X-T1 z wariantu I (15,96 mg Troloxu/g liofilizatu), zaś najwyższą w próbce kontrolnej przechowywanej zgodnie z wariantem III (32,27 mg Troloxu/g liofilizatu). Pod względem statystycznym próbki kontrolne (K-ChZ), próbki X-T1 przechowywane we wszystkich wariantach oraz próbki Ch-O różniły się istotnie statystycznie między sobą. W przypadku próbek X-T2 wariant II i III nie różnią się od siebie istotnie statystycznie.

Po początkowych, nieznacznych wahaniach wyraźną stratę zdolności redukcyjnej zaobserwowano po 4 tygodniach przechowywania (czas  $T_3$ ), przy czym w najmniejszym stopniu zaznaczała się ona w przypadku owoców, które włożono do chłodni docelowej w dniu zbioru. Pomimo braku znaczącego zróżnicowania statystycznego zebrane dane uwiadcniają tendencje wskazujące na większą skuteczność przechowywania w chłodni zwykłej i w X-tendach (K-ChZ i X-T2) w przypadku owoców chłodzonych po zbiorze w obu wariantach, zaś przede wszystkim przechowywanych w X-tendach (X-T1 i X-T2) w przypadku owoców niechłodzonych po zbiorze.



Tabela 17. Aktywność przeciwutleniająca badanych próbek oznaczona metoda CUPRAC.

Termin zbioru	Proces	Oznakowanie	Wariant I (owoce z chłodni bez ozonowania)				Oznakowanie	Wariant II (owoce z chłodni z ozonowaniem)				Oznakowanie	Wariant III (owoce bez chłodni)			
			Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	CUPRAC (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	CUPRAC (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	CUPRAC (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD
T <sub>0</sub> start	PK	T_0 I 1.A	23,779	23,927	23,337	<b>23,37</b> <sup>abcC</sup> ± 1,13	T_0 II 1.A	27,135	27,429	26,951	<b>30,68</b> <sup>aA</sup> ± 2,88	T_0 III 1.A	31,472	31,270	31,565	<b>26,96</b> <sup>bcB</sup> ± 4,95
		T_0 I 1.B	22,145	21,703	22,072		T_0 II 1.B	33,894	33,930	33,562		T_0 III 1.B	21,061	20,582	19,955	
		T_0 I 1.C	24,723	24,649	23,987		T_0 II 1.C	30,906	31,237	31,127		T_0 III 1.C	28,906	28,980	28,906	
T <sub>1</sub>	K-ChZ	T_1 I 1.1	17,189	17,004	16,931	<b>17,20</b> <sup>defgC</sup> ± 0,27	T_1 II 1.1	24,734	24,882	24,697	<b>23,78</b> <sup>bcB</sup> ± 0,96	T_1 III 1.1	32,549	33,101	33,101	<b>32,27</b> <sup>aA</sup> ± 0,65
		T_1 I 1.2	17,242	17,794	17,312		T_1 II 1.2	23,740	23,924	24,219		T_1 III 1.2	31,584	32,873	32,026	
		T_1 I 1.3	16,861	17,229	17,266		T_1 II 1.3	22,597	22,670	22,523		T_1 III 1.3	31,391	32,017	31,833	
	X-T1	T_1 I 2.1	16,423	16,312	16,386	<b>15,96</b> <sup>efghC</sup> ± 0,77	T_1 II 2.1	29,385	29,090	29,459	<b>23,23</b> <sup>bcB</sup> ± 4,64	T_1 III 2.1	29,352	29,462	29,315	<b>28,41</b> <sup>cdA</sup> ± 0,87
		T_1 I 2.2	16,321	16,652	16,689		T_1 II 2.2	18,886	19,254	19,658		T_1 III 2.2	28,660	27,480	28,291	
		T_1 I 2.3	14,739	14,996	15,143		T_1 II 2.3	21,424	20,872	21,019		T_1 III 2.3	28,017	26,987	28,091	
	X-T2	T_1 I 2.a	17,001	16,927	17,001	<b>16,47</b> <sup>efgB</sup> ± 0,64	T_1 II 2.a	30,628	30,223	30,701	<b>29,41</b> <sup>aA</sup> ± 1,31	T_1 III 2.a	26,971	26,714	27,045	<b>29,01</b> <sup>ba</sup> ± 1,64
		T_1 I 2.b	15,772	15,624	15,661		T_1 II 2.b	30,208	29,877	29,913		T_1 III 2.b	30,748	30,416	30,453	
		T_1 I 2.c	16,264	17,000	17,000		T_1 II 2.c	27,619	27,913	27,582		T_1 III 2.c	29,940	29,129	29,645	
	Ch-O	T_1 I 3.1	13,825	14,119	14,487	<b>16,49</b> <sup>efgA</sup> ± 2,00						T_1 III 3.1	26,614	26,063	26,026	<b>26,15</b> <sup>cdB</sup> ± 2,36
		T_1 I 3.2	18,938	18,496	18,717							T_1 III 3.2	23,462	23,499	23,241	
		T_1 I 3.3	16,976	16,496	16,349							T_1 III 3.3	28,717	29,012	28,754	
	KA	T_1 I 4.1	23,418	23,234	23,344	<b>23,90</b> <sup>abB</sup> ± 0,47	T_1 II 4.1	19,338	19,264	19,264	<b>23,66</b> <sup>bcB</sup> ± 4,22	T_1 III 4.1	24,485	24,964	24,816	<b>27,94</b> <sup>bcA</sup> ± 3,21
		T_1 I 4.2	23,897	24,007	24,081		T_1 II 4.2	29,102	28,364	29,212		T_1 III 4.2	27,026	26,842	27,357	
		T_1 I 4.3	24,450	24,486	24,192		T_1 II 4.3	22,599	22,968	22,857		T_1 III 4.3	31,684	32,200	32,126	
T <sub>2</sub>	K-ChZ	T_2 I 1.1	24,582	25,171	24,656	<b>21,64</b> <sup>cA</sup> ± 3,47	T_2 II 1.1	17,229	17,929	17,118	<b>16,98</b> <sup>fgB</sup> ± 0,57	T_2 III 1.1	22,354	22,501	22,538	<b>24,15</b> <sup>deA</sup> ± 1,85
		T_2 I 1.2	18,453	18,821	18,158		T_2 II 1.2	16,488	16,488	16,599		T_2 III 1.2	25,753	25,790	25,974	
	X-T1	T_2 I 2.1	18,006	18,227	18,264	<b>18,17</b> <sup>deC</sup> ± 0,14	T_2 II 2.1	26,056	26,608	26,387	<b>25,74</b> <sup>ba</sup> ± 0,69	T_2 III 2.1	19,674	20,115	20,079	<b>22,95</b> <sup>efB</sup> ± 3,29
		T_2 I 2.2	18,237	18,311	17,980		T_2 II 2.2	25,057	25,167	25,167		T_2 III 2.2	26,288	25,736	25,810	
	X-T2	T_2 I 2.a	21,076	21,076	21,002	<b>22,10</b> <sup>bcA</sup> ± 1,16	T_2 II 2.a	20,108	20,182	20,292	<b>20,48</b> <sup>dB</sup> ± 0,37	T_2 III 2.a	14,532	14,532	13,353	<b>14,52</b> <sup>jkImC</sup> ± 0,65
		T_2 I 2.b	23,159	23,085	23,232		T_2 II 2.b	20,764	20,507	21,059		T_2 III 2.b	14,486	15,223	15,002	
	Ch-O	T_2 I 3.1	11,733	11,586	11,512	<b>11,05</b> <sup>kB</sup> ± 0,62						T_2 III 3.1	19,694	19,473	19,658	<b>19,96</b> <sup>gA</sup> ± 0,39
		T_2 I 3.2	10,390	10,537	10,537							T_2 III 3.2	20,225	20,373	20,336	
	KA	T_2 I 4.1	27,169	27,463	27,169	<b>24,75</b> <sup>aA</sup> ± 2,76	T_2 II 4.1	21,598	22,077	21,819	<b>21,86</b> <sup>cdB</sup> ± 0,34	T_2 III 4.1	22,967	22,782	23,298	<b>23,06</b> <sup>eAB</sup> ± 0,28
		T_2 I 4.2	22,209	22,135	22,356		T_2 II 4.2	22,082	21,345	22,229		T_2 III 4.2	22,704	23,256	23,330	



T <sub>3</sub>	K-ChZ	T <sub>3</sub> I 1.1	17,384	17,790	17,753	<b>19,14</b> <sup>da</sup>	T <sub>3</sub> II 1.1	18,967	18,303	18,303	<b>16,15</b> <sup>ghb</sup>	T <sub>3</sub> III 1.1	14,967	15,556	15,445	<b>16,70</b> <sup>hijAB</sup>	
		T <sub>3</sub> I 1.2	20,447	20,742	20,705	<b>± 1,65</b>	T <sub>3</sub> II 1.2	13,538	13,685	14,090	<b>± 2,62</b>	T <sub>3</sub> III 1.2	17,990	18,063	18,211	<b>± 1,53</b>	
	X-T1	T <sub>3</sub> I 2.1	13,326	13,583	13,215	<b>15,38</b> <sup>fghB</sup>	T <sub>3</sub> II 2.1	15,168	15,020	15,057	<b>14,17</b> <sup>hijB</sup>	T <sub>3</sub> III 2.1	21,617	21,286	21,506	<b>23,46</b> <sup>eA</sup>	
		T <sub>3</sub> I 2.2	17,235	17,788	17,125	<b>± 2,21</b>	T <sub>3</sub> II 2.2	13,509	13,030	13,214	<b>± 1,02</b>	T <sub>3</sub> III 2.2	25,118	25,817	25,449	<b>± 2,20</b>	
	X-T2	T <sub>3</sub> I 2.a	14,356	14,362	14,031	<b>17,51</b> <sup>defB</sup>	T <sub>3</sub> II 2.a	18,584	18,805	19,063	<b>16,88</b> <sup>fgB</sup>	T <sub>3</sub> III 2.a	24,174	24,726	24,137	<b>23,37</b> <sup>eA</sup>	
		T <sub>3</sub> I 2.b	20,503	21,054	20,650	<b>± 3,54</b>	T <sub>3</sub> II 2.b	14,660	15,322	14,844	<b>± 2,14</b>	T <sub>3</sub> III 2.b	22,457	22,236	22,494	<b>± 1,09</b>	
	Ch-O	T <sub>3</sub> I 3.1	15,938	15,791	15,865	<b>15,21</b> <sup>ghIB</sup>						T <sub>3</sub> III 3.1	18,810	19,104	18,883	<b>18,81</b> <sup>ghA</sup>	
		T <sub>3</sub> I 3.2	14,716	14,422	14,532	<b>± 0,72</b>						T <sub>3</sub> III 3.2	18,792	18,460	18,828	<b>± 0,21</b>	
	KA	T <sub>3</sub> I 4.1	15,546	15,841	15,878	<b>15,47</b> <sup>fghA</sup>	T <sub>3</sub> II 4.1	14,241	14,462	14,389	<b>15,92</b> <sup>fghA</sup>	T <sub>3</sub> III 4.1	20,142	20,326	20,142	<b>20,56</b> <sup>fgB</sup>	
		T <sub>3</sub> I 4.2	15,310	15,015	15,236	<b>± 0,34</b>	T <sub>3</sub> II 4.2	17,491	17,381	17,565	<b>± 1,71</b>	T <sub>3</sub> III 4.2	20,764	20,912	21,059	<b>± 0,40</b>	
T <sub>4</sub>	K-ChZ	T <sub>4</sub> I 1.1	11,671	12,224	11,855	<b>13,08</b> <sup>ijkB</sup>	T <sub>4</sub> II 1.1	14,780	14,485	14,228	<b>12,87</b> <sup>ijkB</sup>	T <sub>4</sub> III 1.1	11,685	11,538	11,648	<b>16,34</b> <sup>hijKA</sup>	
		T <sub>4</sub> I 1.2	14,148	13,744	13,928		T <sub>4</sub> II 1.2	10,724	11,091	11,018		T <sub>4</sub> III 1.2	21,267	20,825	21,083		
		T <sub>4</sub> I 1.3	13,185	13,553	13,369		T <sub>4</sub> II 1.3	12,823	13,338	13,374		T <sub>4</sub> III 1.3	-	-	-		
	X-T1	T <sub>4</sub> I 2.1	12,641	12,972	12,825	<b>14,98</b> <sup>ghijB</sup>	T <sub>4</sub> II 2.1	17,373	17,742	17,226	<b>17,45</b> <sup>efA</sup>	T <sub>4</sub> III 2.1	16,163	15,758	15,905	<b>15,19</b> <sup>ijkIB</sup>	
		T <sub>4</sub> I 2.2	17,332	17,000	17,111	<b>± 2,38</b>	T <sub>4</sub> II 2.2	17,288	17,583	17,509	<b>± 0,19</b>	T <sub>4</sub> III 2.2	14,703	14,114	14,482	<b>± 0,86</b>	
	X-T2	T <sub>4</sub> I 2.a	20,868	20,610	20,683	<b>16,34</b> <sup>efgB</sup>	T <sub>4</sub> II 2.a	15,172	15,282	15,282	<b>14,38</b> <sup>ghIB</sup>	T <sub>4</sub> III 2.a	22,415	22,157	22,120	<b>22,78</b> <sup>efA</sup>	
		T <sub>4</sub> I 2.b	11,729	11,913	12,208	<b>± 4,81</b>	T <sub>4</sub> II 2.b	13,288	13,435	13,804	<b>± 0,97</b>	T <sub>4</sub> III 2.b	23,281	23,318	23,392	<b>± 0,61</b>	
	Ch-O	T <sub>4</sub> I 3.1	12,272	12,162	12,125	<b>11,59</b> <sup>kB</sup>						T <sub>4</sub> III 3.1	17,812	16,927	17,333	<b>18,89</b> <sup>ghA</sup>	
		T <sub>4</sub> I 3.2	10,943	12,120	11,310							T <sub>4</sub> III 3.2	18,340	18,303	18,119		
		T <sub>4</sub> I 3.3	11,038	11,149	11,186							T <sub>4</sub> III 3.3	21,136	20,952	21,063		
	KA	T <sub>4</sub> I 4.1	15,733	15,512	15,438	<b>13,99</b> <sup>hijB</sup>	T <sub>4</sub> II 4.1	18,240	18,093	18,866	<b>19,77</b> <sup>deA</sup>	T <sub>4</sub> III 4.1	20,255	20,144	22,904	<b>17,24</b> <sup>hiA</sup>	
		T <sub>4</sub> I 4.2	15,503	15,356	15,466		T <sub>4</sub> II 4.2	17,710	17,341	17,526		T <sub>4</sub> III 4.2	14,844	15,175	14,991		
		T <sub>4</sub> I 4.3	10,964	11,001	10,927		T <sub>4</sub> II 4.3	23,384	23,495	23,311		T <sub>4</sub> III 4.3	15,636	15,599	15,599		
	T <sub>5</sub>	K-ChZ	T <sub>5</sub> I 1.1					T <sub>5</sub> II 1.1					T <sub>5</sub> III 1.1				
			T <sub>5</sub> I 1.2					T <sub>5</sub> II 1.2					T <sub>5</sub> III 1.2				
T <sub>5</sub> I 1.3							T <sub>5</sub> II 1.3					T <sub>5</sub> III 1.3					
X-T1		T <sub>5</sub> I 2.1	12,708	13,002	13,149	<b>12,95</b> <sup>jKA</sup>	T <sub>5</sub> II 2.1	12,156	12,707	13,443	<b>11,65</b> <sup>jkB</sup>	T <sub>5</sub> III 2.1	13,951	14,504	14,393	<b>13,84</b> <sup>klmA</sup>	
		T <sub>5</sub> I 2.2	11,666	11,482	11,482	<b>± 0,20</b>	T <sub>5</sub> II 2.2	10,646	10,132	10,830	<b>± 1,31</b>	T <sub>5</sub> III 2.2	13,296	13,590	13,333	<b>± 0,52</b>	
X-T2		T <sub>5</sub> I 2.a	12,766	12,987	12,987	<b>14,90</b> <sup>ghijA</sup>	T <sub>5</sub> II 2.a	13,270	12,939	12,681	<b>11,36</b> <sup>kB</sup>	T <sub>5</sub> III 2.a	15,518	15,407	15,739	<b>13,24</b> <sup>lmAB</sup>	
		T <sub>5</sub> I 2.b	16,680	16,901	17,048	<b>± 2,18</b>	T <sub>5</sub> II 2.b	9,911	9,654	9,727	<b>± 1,76</b>	T <sub>5</sub> III 2.b	10,874	11,169	10,764	<b>± 2,54</b>	
Ch-O		T <sub>5</sub> I 3.1										T <sub>5</sub> III 3.1					
		T <sub>5</sub> I 3.2										T <sub>5</sub> III 3.2					
		T <sub>5</sub> I 3.3										T <sub>5</sub> III 3.3					
KA		T <sub>5</sub> I 4.1					T <sub>5</sub> II 4.1	10,613	10,576	10,724	<b>12,13</b> <sup>ijkA</sup>	T <sub>5</sub> III 4.1	12,746	12,563	12,967	<b>12,25</b> <sup>mnA</sup>	
		T <sub>5</sub> I 4.2					T <sub>5</sub> II 4.2	11,844	11,549	11,992		T <sub>5</sub> III 4.2	12,090	11,833	12,164		
		T <sub>5</sub> I 4.3					T <sub>5</sub> II 4.3	13,763	14,132	13,947		T <sub>5</sub> III 4.3	11,980	11,869	12,017		

PK – próbki kontrolne; K-ChZ – kontrola – chłodnia zwykła; X-T1 – X-Trendy pierwsze powtórzenie; X-T2 – X-Trendy drugie powtórzenie; Ch-O – Chłodnia+ozon; KA – kontrolowana atmosfera





Wyniki uzyskane w trakcie oznaczania zdolności składników ekstraktów do chelatowania prooksydacyjnych jonów żelaza(II) przedstawiono w tabeli 18. Próbkę kontrolną (T<sub>0</sub>) cechowała bardzo nieznaczna zdolność wiązania Fe(II) – poniżej 1 μmol/g liofilizatu. Lepsze rezultaty pod tym względem uzyskano badając składniki owoców bez chłodni po zbiorze lub w chłodni z ozonowaniem. Pierwszy okres przechowywania spowodował dobre rezultaty tylko w przypadku próbek przechowywanych w chłodni bez ozonowania. Przemiany zachodzące w owocach w kolejnym okresie (do 5.10.2020) były niekorzystne dla związków wykazujących badaną właściwość, a następny okres – ponownie korzystny przede wszystkim dla próbek pochodzących z chłodni bez ozonowania. Próbkę przechowywaną dłużej (przynajmniej do 28.10.2020) wykazywały się natomiast bardzo wysokimi zdolnościami chelatującymi, sięgającymi nawet 6 μmol/g liofilizatu, niezależnie od metody przechowywania.

Podsumowanie: Badany materiał cechował się dużą niejednorodnością, dzięki czemu ekstrakty pochodzące z poszczególnych prób pobieranych z przechowywanego materiału cechowały dość zróżnicowane właściwości. Co za tym idzie, wartości uzyskiwane na podstawie spójnych danych otrzymanych dla poszczególnych prób cechował duży rozrzut pomiędzy skrajnymi wynikami, zaś obliczone wartości średnie – stosunkowo nieznaczne zróżnicowanie statystyczne.

Najlepszymi początkowymi właściwościami przeciwutleniającymi, rozumianymi w węższym zakresie jako zdolność dezaktywacji rodników i zdolność redukcyjna, charakteryzowały się owoce pochodzące z chłodni z ozonowaniem, a najgorszymi – z chłodni bez ozonowania. Aktywność ta początkowo ulegała pewnym wahaniom (w sposób uzależniony od metody przechowywania), by ostatecznie ulec powolnemu zmniejszeniu. Najbardziej stabilna (w nieco dłuższym okresie) wydaje się na podstawie zgromadzonych wyników aktywność owoców nie umieszczanych w chłodni.

Zdolność wiązania prooksydacyjnych jonów żelaza(II) składników aktywnych wydzielanych z próbek była początkowo bardzo niska, lecz bardzo wzrastała w wyniku dłuższego przechowywania. Przechowywanie badanego materiału powoduje z jednej strony utratę natywnych składników przeciwrodnikowych i cechujących się dużą zdolnością redukcyjną w sposób częściowo uzależniony od traktowania po zbiorze i metody przechowywania, zaś z drugiej strony przemiany korzystne dla zdolności chelatowania jonów żelaza(II).



Tabela 18. Zdolność badanych próbek do chelatowania jonów Fe(II).

Termin zbioru	Proces	Oznakowanie	Wariant I (owoce z chłodni bez ozonowania)				Oznakowanie	Wariant II (owoce z chłodni z ozonowaniem)				Oznakowanie	Wariant III (owoce bez chłodni)			
			Powtórzeni e 1	Powtórzeni e 2	Powtórzeni e 3	Średnia (μmole Fe(II)/g liofilizatu) ± SD		Powtórzeni e 1	Powtórzeni e 2	Powtórzeni e 3	Średnia (μmole Fe(II)/g liofilizatu) ± SD		Powtórzeni e 1	Powtórzeni e 2	Powtórzeni e 3	Średnia (μmole Fe(II)/g liofilizatu) ± SD
T_0 Start	PK	T_0 I 1.A	-0,451	-0,497	-0,405	nw.	T_0 II 1.A	0,116	0,197	0,140	0,346 <sup>IA</sup> ± 0,190	T_0 III 1.A	-0,115	-0,208	-0,2019	0,622 <sup>hIA</sup> ± 0,604
		T_0 I 1.B	0,614	0,580	0,649		T_0 II 1.B	0,488	0,650	0,580		T_0 III 1.B	1,090	1,032	1,055	
		T_0 I 1.C	-0,358	-0,393	-0,462		T_0 II 1.C	0,337	0,290	0,314		T_0 III 1.C	1,054	0,950	0,961	
T_1	K-ChZ	T_1 I 1.1	2,816	2,741	2,773	1,961 <sup>fgA</sup> ± 1,025	T_1 II 1.1	0,165	0,186	0,143	0,203 <sup>IB</sup> ± 0,036	T_1 III 1.1	-0,062	-0,106	-0,084	nw.
		T_1 I 1.2	0,586	0,575	0,651		T_1 II 1.2	0,230	0,208	0,230		T_1 III 1.2	-0,257	-0,236	-0,300	
		T_1 I 1.3	2,460	2,557	2,492		T_1 II 1.3	0,186	0,251	0,230		T_1 III 1.3	-0,431	-0,431	-0,376	
	X-T1	T_1 I 2.1	0,804	0,728	-	1,438 <sup>fgHIB</sup> ± 1,042	T_1 II 2.1	0,476	0,476	0,476	0,186 <sup>IA</sup> ± 0,711	T_1 III 2.1	-0,301	-0,257	-0,322	0,297 <sup>IA</sup> ± 0,510
		T_1 I 2.2	0,597	0,640	0,651		T_1 II 2.2	0,880	0,799	0,787		T_1 III 2.2	0,111	0,176	0,187	
		T_1 I 2.3	2,651	2,726	2,705		T_1 II 2.3	-0,704	-0,785	-0,728		T_1 III 2.3	0,975	0,921	0,910	
	X-T2	T_1 I 2.a	1,701	1,647	1,636	1,323 <sup>fgHIA</sup> ± 0,304	T_1 II 2.a	0,151	0,145	0,116	0,305 <sup>IB</sup> ± 0,403	T_1 III 2.a	0,349	0,294	0,273	nw.
		T_1 I 2.b	1,397	1,311	1,321		T_1 II 2.b	-0,092	-0,011	-0,022		T_1 III 2.b	-0,225	-0,286	-0,181	
		T_1 I 2.c	0,955	0,998	0,944		T_1 II 2.c	0,789	0,881	0,823		T_1 III 2.c	-0,246	-0,301	-0,268	
	Ch-O	T_1 I 3.1	3,149	3,106	3,138	1,821 <sup>fgH</sup> ± 0,984	T_1 II 3.1					T_1 III 3.1	0,424	0,381	0,381	nw.
		T_1 I 3.2	1,203	1,138	1,213		T_1 II 3.2					T_1 III 3.2	-0,322	-0,301	-0,214	
		T_1 I 3.3	1,107	1,129	1,204		T_1 II 3.3					T_1 III 3.3	-0,343	-0,257	-0,278	
	KA	T_1 I 4.1	-0,034	-0,011	0,012	0,761 <sup>hIA</sup> ± 0,777	T_1 II 4.1	1,262	1,181	1,250	0,690 <sup>IA</sup> ± 0,816	T_1 III 4.1	0,435	0,349	0,370	0,297 <sup>IA</sup> ± 0,078
		T_1 I 4.2	1,771	1,713	1,748		T_1 II 4.2	1,241	1,241	1,229		T_1 III 4.2	0,186	0,240	0,262	
		T_1 I 4.3	0,626	0,499	0,522		T_1 II 4.3	-0,323	-0,428	-0,439		T_1 III 4.3	0,240	0,262	0,327	
T_2	K-ChZ	T_2 I 1.1	-0,543	-0,624	-0,671	nw.	T_2 II 1.1	-0,382	-0,463	-0,509	0,007 <sup>IA</sup> ± 0,504	T_2 III 1.1	1,007	0,984	0,949	0,261 <sup>IA</sup> ± 0,789
		T_2 I 1.2	0,151	0,082	0,093		T_2 II 1.2	0,510	0,453	0,429		T_2 III 1.2	-0,474	-0,508	-0,327	
	X-T1	T_2 I 2.1	-1,031	-1,019	-0,961	0,511 <sup>IA</sup> ± 1,659	T_2 II 2.1	0,545	0,452	0,441	nw.	T_2 III 2.1	1,100	1,158	1,158	1,188 <sup>ghA</sup> ± 0,059
		T_2 I 2.2	2,026	2,037	2,014		T_2 II 2.2	-0,439	-0,506	-0,532		T_2 III 2.2	1,224	1,234	1,256	
	X-T2	T_2 I 2.a	-1,018	-1,087	-1,191	nw.	T_2 II 2.a	-0,834	-0,729	-0,787	nw.	T_2 III 2.a	-0,219	-0,166	-0,138	nw.
		T_2 I 2.b	0,059	-0,034	0,036		T_2 II 2.b	-0,022	0,008	0,024		T_2 III 2.b	0,093	0,174	0,105	
	Ch-O	T_2 I 3.1	1,483	1,437	1,367	1,183 <sup>fgHI</sup> ± 0,273	T_2 II 3.1					T_2 III 3.1	-0,694	-0,810	-0,729	nw.
		T_2 I 3.2	0,903	0,926	0,984		T_2 II 3.2					T_2 III 3.2	0,705	0,694	0,673	
	KA	T_2 I 4.1	-0,844	-0,820	-0,844	nw.	T_2 II 4.1	-1,180	-1,296	-1,273	nw.	T_2 III 4.1	0,241	0,122	0,186	0,199 <sup>I</sup> ± 0,049
		T_2 I 4.2	-1,239	-1,251	-1,204		T_2 II 4.2	0,151	0,082	0,140		T_2 III 4.2	0,186	0,262	0,197	



T <sub>3</sub>	K-ChZ	T <sub>3</sub> I 1.1	3,143	3,186	3,165	2,199 <sup>efA</sup>	T <sub>3</sub> II 1.1	4,236	4,258	4,269	2,878 <sup>ea</sup>	T <sub>3</sub> III 1.1	1,668	1,610	1,656	1,625 <sup>ea</sup>
		T <sub>3</sub> I 1.2	1,226	1,183	1,291	± 1,058	T <sub>3</sub> II 1.2	1,452	1,539	1,517	± 1,507	T <sub>3</sub> III 1.2	1,656	1,575	1,587	± 0,040
	X-T1	T <sub>3</sub> I 2.1	2,097	2,194	2,194	2,230 <sup>efB</sup>	T <sub>3</sub> II 2.1	3,304	3,443	3,373	3,340 <sup>ea</sup>	T <sub>3</sub> III 2.1	0,232	0,197	0,140	0,269 <sup>ic</sup>
		T <sub>3</sub> I 2.2	2,341	2,244	2,331	± 0,088	T <sub>3</sub> II 2.2	3,257	3,338	3,327	± 0,063	T <sub>3</sub> III 2.2	0,417	0,313	0,313	± 0,099
	X-T2	T <sub>3</sub> I 2.a	1,245	1,331	1,320	1,967 <sup>fgA</sup>	T <sub>3</sub> II 2.a	2,746	2,641	2,653	2,004 <sup>ea</sup>	T <sub>3</sub> III 2.a	1,471	1,564	1,460	0,678 <sup>hib</sup>
		T <sub>3</sub> I 2.b	2,617	2,519	2,562	± 0,659	T <sub>3</sub> II 2.b	1,285	1,354	1,342	± 0,742	T <sub>3</sub> III 2.b	-0,115	-0,173	-0,138	± 0,899
	Ch-O	T <sub>3</sub> I 3.1	4,354	4,300	4,300	4,149 <sup>bcA</sup>	T <sub>3</sub> III 3.1					T <sub>3</sub> III 3.1	0,456	0,510	0,478	0,222 <sup>ib</sup>
		T <sub>3</sub> I 3.2	3,984	3,962	3,995	± 0,186	T <sub>3</sub> III 3.2					T <sub>3</sub> III 3.2	-0,030	-0,095	0,013	± 0,286
	KA	T <sub>3</sub> I 4.1	0,629	0,662	0,575	1,009 <sup>ghIA</sup>	T <sub>3</sub> II 4.1	0,476	0,418	0,429	0,420 <sup>fb</sup>	T <sub>3</sub> III 4.1	0,608	0,662	0,683	0,710 <sup>hiAB</sup>
		T <sub>3</sub> I 4.2	1,388	1,431	1,366	± 0,425	T <sub>3</sub> II 4.2	0,406	0,441	0,348	± 0,042	T <sub>3</sub> III 4.2	0,802	0,726	0,780	± 0,074
T <sub>4</sub>	K-ChZ	T <sub>4</sub> I 1.1	4,205	4,248	4,205	5,061 <sup>ba</sup>	T <sub>4</sub> II 1.1	5,406	5,487	5,406	6,452 <sup>abB</sup>	T <sub>4</sub> III 1.1	7,418	7,418	7,383	5,579 <sup>baB</sup>
		T <sub>4</sub> I 1.2	5,234	5,298	5,255	± 0,660	T <sub>4</sub> II 1.2	6,640	6,582	6,593	± 0,826	T <sub>4</sub> III 1.2	3,787	3,694	3,775	± 2,002
		T <sub>4</sub> I 1.3	5,695	5,728	5,685		T <sub>4</sub> II 1.3	7,300	7,346	7,312		T <sub>4</sub> III 1.3	-	-	-	
	X-T1	T <sub>4</sub> I 2.1	3,678	3,688	3,645	3,064 <sup>deC</sup>	T <sub>4</sub> II 2.1	4,403	4,519	4,484	4,928 <sup>ca</sup>	T <sub>4</sub> III 2.1	3,732	3,686	3,732	3,776 <sup>fb</sup>
		T <sub>4</sub> I 2.2	2,404	2,480	2,491	± 0,664	T <sub>4</sub> II 2.2	5,419	5,384	5,361	± 0,505	T <sub>4</sub> III 2.2	3,807	3,8422	3,854	± 0,068
	X-T2	T <sub>4</sub> I 2.a	2,772	2,740	2,783	3,560 <sup>cdB</sup>	T <sub>4</sub> II 2.a	5,310	5,333	5,402	5,473 <sup>ea</sup>	T <sub>4</sub> III 2.a	4,934	4,934	4,888	3,503 <sup>fb</sup>
		T <sub>4</sub> I 2.b	4,405	4,329	4,329	± 0,871	T <sub>4</sub> II 2.b	5,586	5,633	5,575	± 0,142	T <sub>4</sub> III 2.b	2,122	2,041	2,099	± 1,551
	Ch-O	T <sub>4</sub> I 3.1	2,964	3,023	3,061	4,045 <sup>bcdA</sup>	T <sub>4</sub> III 3.1					T <sub>4</sub> III 3.1	3,684	3,730	3,649	3,956 <sup>efA</sup>
		T <sub>4</sub> I 3.2	5,534	5,469	5,437	± 1,110	T <sub>4</sub> III 3.2					T <sub>4</sub> III 3.2	4,509	4,498	4,463	± 0,401
		T <sub>4</sub> I 3.3	3,705	3,607	3,596		T <sub>4</sub> III 3.3					T <sub>4</sub> III 3.3	3,656	3,714	3,702	
	KA	T <sub>4</sub> I 4.1	3,461	3,451	3,483	4,505 <sup>bcA</sup>	T <sub>4</sub> II 4.1	5,834	5,753	5,822	5,302 <sup>ea</sup>	T <sub>4</sub> III 4.1	3,622	3,622	3,610	4,703 <sup>cdeA</sup>
		T <sub>4</sub> I 4.2	3,189	3,298	3,276	± 1,720	T <sub>4</sub> II 4.2	5,227	5,169	5,262	± 0,405	T <sub>4</sub> III 4.2	5,229	5,240	5,263	± 0,814
T <sub>4</sub> I 4.3		6,825	6,744	6,814		T <sub>4</sub> II 4.3	4,914	4,833	4,902		T <sub>4</sub> III 4.3	5,235	5,247	5,258		
T <sub>5</sub>	K-ChZ	T <sub>5</sub> I 1.1					T <sub>5</sub> II 1.1					T <sub>5</sub> III 1.1				
		T <sub>5</sub> I 1.2					T <sub>5</sub> II 1.2					T <sub>5</sub> III 1.2				
		T <sub>5</sub> I 1.3					T <sub>5</sub> II 1.3					T <sub>5</sub> III 1.3				
	X-T1	T <sub>5</sub> I 2.1	6,906	6,949	6,917	6,137 <sup>ab</sup>	T <sub>5</sub> II 2.1	7,165	7,165	7,208	6,921 <sup>abA</sup>	T <sub>5</sub> III 2.1	6,152	6,098	6,108	5,704 <sup>bb</sup>
		T <sub>5</sub> I 2.2	5,413	5,343	5,297	± 0,862	T <sub>5</sub> II 2.2	6,635	6,689	6,667	± 0,283	T <sub>5</sub> III 2.2	5,253	5,296	5,318	± 0,456
	X-T2	T <sub>5</sub> I 2.a	6,560	6,604	6,614	6,320 <sup>abA</sup>	T <sub>5</sub> II 2.a	6,297	6,354	6,401	6,266 <sup>ba</sup>	T <sub>5</sub> III 2.a	4,587	4,685	4,663	5,148 <sup>bcdB</sup>
		T <sub>5</sub> I 2.b	6,016	6,050	6,074	± 0,300	T <sub>5</sub> II 2.b	6,203	6,160	6,181	± 0,100	T <sub>5</sub> III 2.b	5,645	5,623	5,688	± 0,553
	Ch-O	T <sub>5</sub> I 3.1					T <sub>5</sub> III 3.1					T <sub>5</sub> III 3.1				
		T <sub>5</sub> I 3.2					T <sub>5</sub> III 3.2					T <sub>5</sub> III 3.2				
		T <sub>5</sub> I 3.3					T <sub>5</sub> III 3.3					T <sub>5</sub> III 3.3				
	KA	T <sub>5</sub> I 4.1					T <sub>5</sub> II 4.1	6,734	6,842	6,831	6,885 <sup>abA</sup>	T <sub>5</sub> III 4.1	6,107	6,086	6,032	5,520 <sup>bcB</sup>
		T <sub>5</sub> I 4.2					T <sub>5</sub> II 4.2	7,177	7,263	7,220	± 0,266	T <sub>5</sub> III 4.2	6,110	6,089	6,045	± 0,839
T <sub>5</sub> I 4.3						T <sub>5</sub> II 4.3	6,605	6,637	6,626		T <sub>5</sub> III 4.3	4,359	4,402	4,445		

PK – próbki kontrolne; K-ChZ – kontrola – chłodnia zwykła; X-T1 – X-Trendy pierwsze powtórzenie; X-T2 – X-Trendy drugie powtórzenie; Ch-O – Chłodnia+ozon; KA – kontrolowana atmosfera



## Badania sensoryczne

Oceniano owoce będące w stanie dojrzałości konsumpcyjnej.

- Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi poddanych różnym procedurom pozbiornym oraz warunkom długotrwałego przechowywania chłodniczego

Profil sensoryczny owoców w zależności od kombinacji przyjętej procedury pozbiorniczej.

Ocenę prowadzono na 86 próbkach owoców (43 kombinacje w 2 sesjach). Wyniki średnie przedstawiające charakterystykę sensoryczną ocenianych owoców minikiwi z uwzględnieniem postępowania pozbiorniczego przedstawiono w Tabeli 1 oraz na rysunkach 1 (A-C).

*I kombinacja: Owoce przechowywane po zbiorze jedną noc w chłodni (8-10 °C) bez ozonowania, następnie do 1°C (długotrwałe przechowywanie) (Tabela 19, Rys. 22A).* Analizowane próbki minikiwi z grupy I.1 kontr., I.2 X-Tendy, I.3 ZW+OZ, I.4 KA przedstawiały bardzo zbliżony profil sensoryczny. W wyglądzie zewnętrznym charakteryzowały się identyczną barwą owocu (4,89-5,44 j.u.), wykazywały niewielką liczbę przebarwień na powierzchni (2,29-3,17 j.u.), posiadały gładką powierzchnię (7,43-8,18 j.u.) oraz były wizualnie postrzegane jako stosunkowo miękkie (2,99-3,98 j.u.). W ocenie zapachu próbki były przede wszystkim owocowe (5,28-5,65 j.u.). Najniższą intensywność tego atrybutu odnotowano w wariancie I.4 KA. Natężenie zapachu słodkiego (3,41-4,24 j.u.) utrzymywało się na nieco wyższym poziomie niż kwaśnego (2,79-3,46 j.u.) w badanych próbkach. W stosunku do wariantu kontrolnego (I.1) najniższą intensywność smaku słodkiego odnotowano w I.4 KA (3,41 j.u.), natomiast zapachu kwaśnego w próbce I.3 ZW + OZ. Zapach przechowalniczy pozostawał na niskim poziomie w próbkach (0,21-0,67 j.u.). W ocenie doustnej konsystencji, próbki postrzegano jako stosunkowo miękkie (1,83-2,15 j.u.). Biorąc pod uwagę profil smakowy/smakowości, badane próbki minikiwi były przede wszystkim owocowe (6,95-7,31 j.u.) oraz słodkie (5,58-6,07 j.u.) i wykazywały niższe natężenie smaku kwaśnego (3,26-3,57 j.u.). Intensywność smaku gorzkiego była najniższa w I.3 ZW + OZ (1,31 j.u.) oraz najwyższa w wariancie I.4 KA (1,85 j.u.). Natężenie smaku cierpkiego zmieniało się w zakresie od 1,81 j.u. (ZW + OZ) do 3,34 j.u. (KA). Badane próbki cechowały się niskim natężeniem smaku przechowalniczego. Ogólna ocena sensoryczna (jakość sensoryczna) badanych owoców utrzymywała się na stosunkowo wysokim i wyrównanym poziomie (6,67-7,07 j.u.).

*II kombinacja: Owoce przechowywane po zbiorze jedną noc w chłodni (8-10 °C) + OZONOWANIE, następnie do 0,5-1°C (długotrwałe przechowywanie) (Tabela 19, Rys. 22B).* Profil sensoryczny analizowanych próbek był porównywalny pod względem większości atrybutów jakościowych. Pewne różnice w intensywności odnotowano dla barwy miąższu oraz natężenia zapachu owocowego, smaku kwaśnego i słodkiego. W wyglądzie zewnętrznym owoce były podobne w barwie (4,61-4,86 j.u.), obecności przebarwień (3,00-3,47 j.u.), gładkości powierzchni (7,43-7,96 j.u.) oraz twardości (3,64-3,79 j.u.). Zakres zmian w natężeniu barwy miąższu pomiędzy próbkami wynosił 3,41-4,99 j.u. Ciemniejszy w zabarwieniu był wariant kontrolny w porównaniu do pozostałych próbek. W charakterystyce zapachowej próbki minikiwi były przede wszystkim owocowe oraz słodko-kwaśne. Zapach owocowy zmieniał natężenie w badanych próbkach w następującej sekwencji: 6,24 (II.1 Kont.) > 5,02 (II.2 X-Tendy) > 4,79 (III.4 KA) j.u. Intensywność zapachu słodkiego utrzymywała się na nieco wyższym poziomie w próbce kontrolnej (4,39 j.u.) w porównaniu do X-Tendy (3,57 j.u.) i KA 3,48 (j.u.), natomiast niższe natężenie zapachu kwaśnego odnotowano w KA (2,44 j.u.) w stosunku do wariantu kontrolnego (3,16 j.u.) i X-Tendy (3,46 j.u.). Zapach przechowalniczy pozostawał na niskim poziomie w próbkach. Owoce reprezentowały stosunkowo zbliżone wrażenie twardości (2,09-2,49 j.u.). W profilu smakowym analizowane próbki były przede wszystkim owocowe (6,82-7,26 j.u.), słodkie (5,33-6,59 j.u.), kwaśne (3,60-4,66 j.u.) oraz cierpkie (2,94-3,57 j.u.). Wariant X-Tendy cechował się wyższym natężeniem smaku kwaśnego, cierpkiego oraz niższą intensywnością smaku słodkiego w stosunku do pozostałych próbek. Intensywność smaku gorzkiego w badanych próbkach była porównywalna (1,59-1,76 j.u.). Oceniane próbki reprezentowały zbliżoną ogólną ocenę sensoryczną (6,66-7,33 j.u.)

*III kombinacja: Owoce włożone bezpośrednio po zbiorze do chłodni (0,5-1 °C, długotrwałe przechowywanie) (Tabela 19, Rys. 22C).* Charakterystyka sensoryczna owoców była zbliżona pod względem ogólnych tendencji zmian jakościowych i kształtu profilu w stosunku do próbek z I kombinacji oraz owoców z kombinacji II (Rys. 22 A, B). Odnotowano jednak, że intensywność niektórych atrybutów jak barwy owocu, zapachu i smaku owocowego oraz zapachu kwaśnego i



słodkiego utrzymywała się na niższym poziomie w badanych próbkach (III kombinacja), które reprezentowały jednocześnie wyższe wrażenie twardości. Zakres zmian w barwie badanych owoców wynosił od 3,45 (III.3, ZW + OZ) do 4,20 j.u. (III. 2, X-Tendy). Wrażenie obecności przebarwień w próbkach utrzymywało się w zakresie 2,83-3,37 j.u. Próbki reprezentowały gładką powierzchnię (7,07-8,20 j.u.) oraz były wizualnie podobne pod względem twardości (4,95-5,41 j.u.) z wyjątkiem wariantu III.3 (+ Ozon), który był bardziej miękki (3,62 j.u.). Natomiast barwa miąższu próbek (na przekroju) zmieniała się w zakresie od 2,94 (III.4, KA) do 4,08 (III.2, X-Tendy) j.u. W profilu zapachowym, atrybut owocowy był najsilniej wyczuwalny w próbce X-Tendy (4,79 j.u.). Pozostałe warianty cechowały się niższą intensywnością zapachu owocowego (3,88-3,93 j.u.). Próbka X-Tendy wykazywała również wyższe natężenie zapachu kwaśnego oraz słodkiego w stosunku do pozostałych wariantów w III kombinacji doświadczenia. Wrażenie twardości owoców było porównywalne i wyższe w próbkach kontrolnej (III.1), KA (III.4) oraz X-Tendy (III.2) niż w próbce III.3 (ZW+OZ). W profilu smakowym, natężenie noty owocowej pozostawało na wyrównanym poziomie w badanych próbkach (6,47-6,66 j.u.). Intensywność smaku kwaśnego zmieniała się w zakresie od 3,35 (III.3) do 4,72 (III.1) j.u., smaku słodkiego od 4,42 (III.1) do 5,64 (III.3) j.u., natomiast smaku cierpkiego od 3,14 (III.3) do 3,61 (III.2) j.u. Natężenie smaku gorzkiego nie przekraczało 2,0 j.u. na skali i utrzymywało się na najniższym poziomie w wariantcie III.3. Intensywność zapachu i smaku przechowalniczego była stosunkowo niska w badanych owocach. Najwyższą ogólną ocenę sensoryczną uzyskała próbka III. 3, która cechowała się najwyższym natężeniem smaku słodkiego, najniższą intensywnością smaku kwaśnego oraz była najbardziej miękka w konsystencji w porównaniu do pozostałych próbek.

Różnice i podobieństwa w jakości sensorycznej minikiwi z trzech doświadczeń nie poddanych przechowywaniu przedstawiono na rys. 23. Próbki kontrolne owoców z kombinacji I oraz II doświadczenia skupiły się w pobliżu kluczowych atrybutów, jak zapachu i smaku słodkiego, zapachu i smaku owocowego oraz ogólnej oceny sensorycznej. W pobliżu tych próbek znalazły się również owoce minikiwii pochodzące z wariantów I.2 (X-Tendy) oraz I.3 (ZW+OZ). Po przeciwnej stronie układu PCA ulokowały się próbki z III kombinacji doświadczenia, w tym wariant kontrolny, których ogólna ocena sensoryczna była determinowana twardością postrzeganą wizualnie i doustnie, odczuwaniem smaku cierpkiego, smaku kwaśnego oraz gorzkiego.

**Podsumowanie.** Próbki owoców różniły się w charakterystyce sensorycznej pod względem intensywności niektórych atrybutów związanych z wyglądem zewnętrznym, jakością zapachu, konsystencją oraz smakiem/smakowitością. Ogólna ocena sensoryczna była pozytywnie związana z natężeniem zapachu i smaku owocowego, zapachu i smaku słodkiego oraz ujemnie zależna od smaku cierpkiego, kwaśnego a także twardości owoców, występowania przebarwień na powierzchni owoców. Próbki kontrolne z kombinacji I oraz II doświadczenia, w tym I.2 (X-Tendy) i I.3 (ZW+O) reprezentowały najbardziej optymalny profil sensoryczny.

Tabela 19. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z różnych kombinacji w ramach zrealizowanych doświadczeń

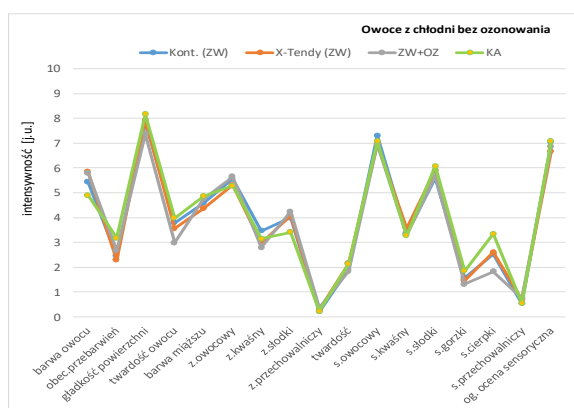
Wyróżniki jakościowe	Owoce z chłodni bez ozonowania				Owoce z chłodni + OZON			Owoce bez chłodni			
	Kombinacja I				Kombinacja II			Kombinacja III			
	I.1 Kont. (ZW)	I.2 X- Tendy (ZW)	I.3 ZW + OZ	I.4 KA	II.1 Kont. (ZW)	II.2 X- Tendy (ZW)	II.3 KA	III.1 Kont. (ZW)	III.2 X- Tendy (ZW)	III.3 ZW +OZ	III.4 KA
barwa owocu	5,44	5,84	5,81	4,89	4,81	4,86	4,61	3,68	4,20	3,45	4,34
obecność przebarwień	2,45	2,29	2,66	3,17	2,84	3,00	3,47	3,29	2,83	2,91	3,37
gładkość powierzchni	7,83	7,93	7,38	8,16	7,43	7,96	7,80	8,07	8,20	7,07	7,98
twardość owocu	3,79	3,56	2,99	3,98	3,79	3,64	3,67	4,95	5,11	3,62	5,41
barwa miąższu	4,58	4,36	4,74	4,85	4,99	4,35	3,41	3,59	4,08	3,59	2,94



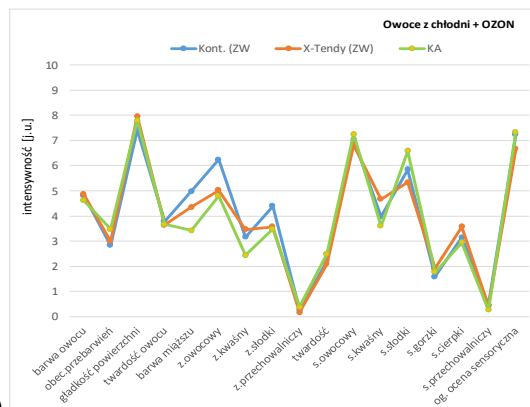


z.owocowy	5,56	5,31	5,65	5,28	6,24	5,02	4,79	3,88	4,79	3,91	3,93
z.kwaśny	3,46	2,96	2,79	3,15	3,16	3,46	2,44	2,83	3,33	2,52	2,46
z.słodki	4,00	4,09	4,24	3,41	4,39	3,57	3,48	2,16	3,24	2,53	2,21
z.przechowalniczy	0,21	0,27	0,37	0,22	0,27	0,16	0,39	0,37	0,24	0,47	0,30
twardość	1,91	2,15	1,83	2,13	2,20	2,09	2,49	4,11	3,80	2,51	4,02
s.owocowy	7,31	6,96	6,95	7,08	7,04	6,82	7,26	6,53	6,61	6,66	6,47
s.kwaśny	3,35	3,57	3,29	3,26	3,97	4,66	3,60	4,72	4,14	3,35	4,46
s.słodki	5,58	5,91	5,67	6,07	5,84	5,33	6,59	4,42	5,43	5,64	5,11
s.gorzki	1,57	1,46	1,31	1,85	1,59	1,91	1,76	1,97	1,71	1,23	1,76
s.cierpki	2,53	2,59	1,81	3,34	3,15	3,57	2,94	3,38	3,61	3,14	3,46
s.przechowalniczy	0,54	0,70	0,75	0,54	0,46	0,42	0,26	0,28	0,81	0,39	0,41
ogólna ocena sensoryczna	7,05	6,67	6,87	7,07	7,24	6,66	7,33	5,89	6,12	7,17	6,94

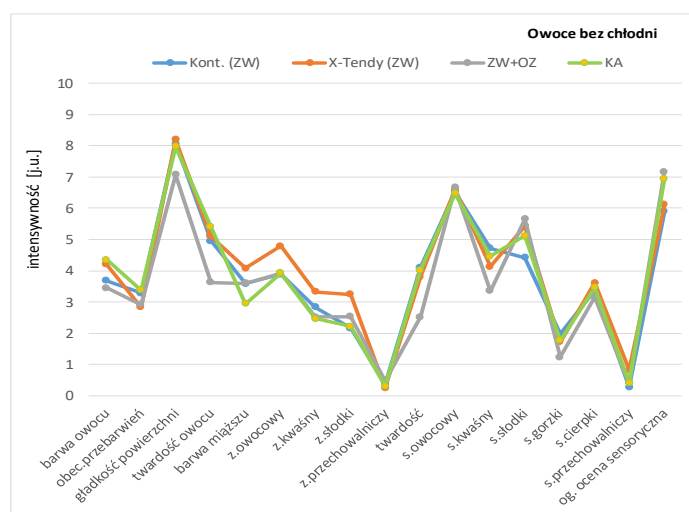
z. – zapach; s. – smak/smakowitość



A)



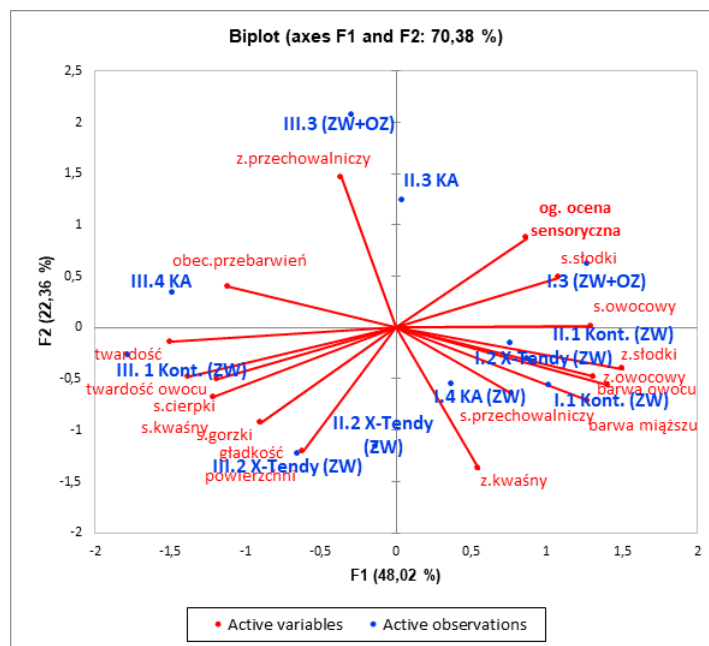
B)



C)

Rys. 22. Profil sensoryczny owoców minikiwi





Rys. 23. Podobieństwa i różnice w jakości sensorycznej owoców minikiwi z kombinacji I, II i III doświadczenia (11 próbek)

### Profil sensoryczny owoców z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania

Wyniki średnie przedstawiające profil sensoryczny próbek owoców z uwzględnieniem przechowywania umieszczono w Tabeli 20 oraz na rysunkach 24 (A-D).

W stosunku do wariantu kontrolnego odnotowano większe zróżnicowanie próbek pod względem intensywności atrybutów związanych z wyglądem zewnętrznym, zapachem, konsystencją oraz smakiem/smakowitością w kolejnych tygodniach przechowywania (Tabela 20, Rys. 24A-D).

*I termin przechowywania* (Tabela 20, Rys. 24B). W pierwszym terminie przechowywania stwierdzono różnice w barwie owoców w zakresie od 3,98 (I.1\_TP) do 6,15 j.u (I.4\_TP), a także w barwie miąższu. Zaobserwowano również wyższy poziom przebarwień w próbkach. W profilu zapachowym natężenie zapachu kwaśnego zmieniało się od 2,42 do 3,39 j.u., natomiast zapachu słodkiego wahało się od 2,76 do 3,83 j.u. w próbkach odpowiednio I.2\_1TP vs I.1\_1TP. Generalnie próbki były w zapachu bardziej słodkie niż kwaśne. Wrażenie twardości oceniane doustnie pozostawało na zbliżonym poziomie w owocach. Nieznacznie wyższa była wyczuwalność zapachu przechowalniczego w badanych próbkach w stosunku do wariantu kontrolnego I.1-4\_OTP (Rys. 24 A, B). W profilu smakowym relacje związane z intensywnością smaku słodkiego do kwaśnego były zachowane w stosunku do próbek I.1-4\_OTP z wyjątkiem I.3\_1TP, która była mniej słodka w smaku a jednocześnie reprezentowała wyższe natężenie smaku przechowalniczego co wpłynęło na niższą ogólną ocenę sensoryczną próbki (5,13 j.u.). Analogicznie jak w przypadku próbek I.1-4\_OTP, owoce w pierwszym tygodniu przechowywania były zdecydowanie bardziej słodkie niż kwaśne w smaku.

*II termin przechowywania* (Tabela 20, Rys. 24C). W kolejnym terminie przechowywania pogłębiły się różnice w intensywności barwy owoców (zakres 4,92-7,36 j.u.) oraz barwie miąższu (2,71-4,90 j.u.). Najciemniejszą barwę wykazywała próbka I.3\_2TP. Zakres przebarwień utrzymywał się na zbliżonym poziomie jak w pierwszym tygodniu przechowywania. Twardość badanych owoców postrzegana wizualnie zmieniła się w niewielkim stopniu. Natomiast generalnie wrażenie twardości w ocenie doustnej wzrosło w stosunku do poprzedniego okresu przechowywania i było najwyższe w próbce I.3\_2TP. Jedną z próbek (I.4\_2TP) była zdecydowanie bardziej owocowa i słodka w zapachu w porównaniu do pozostałych wariantów. próbki charakteryzowały się porównywalną intensywnością zapachu słodkiego do kwaśnego (za wyjątkiem I.4\_2TP). W profilu smakowym odnotowano, że zmniejszył się dystans pomiędzy wyczuwalnością smaku kwaśnego do słodkiego (wyjątek I.4\_2TP) w



porównaniu do wariantów I.1-4\_OTP oraz I.1-4\_1TP. Próbkę były postrzegane jako kwaśno-słodkie w smaku. Natomiast zwiększyły się różnice w wyczuwalności smaku gorzkiego i cierpkiego. Analogicznie jak w pierwszym tygodniu przechowywania próbka I.3\_2TP uzyskała najniższą ogólną ocenę sensoryczną z uwagi na wyższe natężenie smaku gorzkiego (3,10 j.u.) w porównaniu do pozostałych owoców.

*III termin przechowywania* (Tabela 20, Rys. 24D). W trzecim terminie przechowywania zaobserwowano podobne zmiany w natężeniu barwy owoców, ale na niższym poziomie w stosunku do drugiego terminu przechowywania. Najciemniejszą barwę wykazywała próbka I.3\_3TP (6,03 j.u.), która reprezentowała na powierzchni wyższy poziom przebarwień (5,21 j.u.) oraz była mniej twarda wizualnie (2,55 j.u.) i charakteryzowała się ciemniejszą barwą miąższu (4,09 j.u.) w stosunku do pozostałych owoców. Jednocześnie zmniejszyło się natężenie zapachu owocowego, słodkiego oraz kwaśnego w owocach w porównaniu do poprzednich okresów przechowywania. Zakres intensywności zapachu owocowego w badanych próbkach wynosił od 3,68 (I.1\_3TP) do 5,37 j.u. (I.3\_3TP). Próbka I.1\_3TP była jednocześnie najmniej słodka w zapachu. W trzecim terminie doświadczenia zmniejszyło się natężenie zapachu kwaśnego i słodkiego w próbkach. Zakres wrażenia twardości ocenianego doustnie wahał się od 2,03 (I.3\_3TP) do 3,54 (I.1\_3TP) j.u. w próbkach. Natężenie smaku owocowego utrzymywało się na podobnym poziomie jak w drugim tygodniu przechowywania (wyjątek I.4\_3TP), natomiast zmniejszyła się intensywność smaku kwaśnego przy analogicznym natężeniu smaku słodkiego. Podobne tendencje (jak w drugim tygodniu przechowywania) odnotowano dla smaku gorzkiego, którego natężenie było najwyższe w próbce I.3\_3TP. Natomiast zwiększyło się ogólnie intensywność zarówno zapachu jak i smaku przechowalniczego. W konsekwencji zmniejszyła się wartość średniej oceny jakości sensorycznej próbek (zakres 4,38-5,95 j.u.).

Różnice i podobieństwa w ogólnej ocenie sensorycznej owoców z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania przedstawiono na rys. 25. Próbkę owoców I.1-4\_OTP oraz I.1-4\_1TP ułożyły się po prawej stronie układu PCA (ćwiartka pierwsza i czwarta) w pobliżu ogólnej oceny sensorycznej pozytywnie skorelowanej z zapachem i smakiem kwaśnym, smakiem owocowym oraz zapachem i smakiem słodkim. Kolejne próbki z drugiego okresu przechowywania znalazły się w pewnym dystansie do ogólnej oceny sensorycznej w związku ze zmianą intensywności wymienionych atrybutów oraz wyższym natężeniem twardości ocenianej doustnie a także podwyższeniem natężenia zapachu i smaku przechowalniczego oraz gorzkiego. Po przeciwnej stronie układu, w największej odległości od oceny ogólnej sensorycznej, ułożyły się próbki z trzeciego okresu przechowywania.

Na rys. 26 przedstawiono uśrednione różnice w natężeniu atrybutów z uwzględnieniem przechowywania. Istotne zmiany odnotowano dla obecności przebarwień, gładkości powierzchni, barwy miąższu, zapachu i smaku owocowego, zapachu i smaku kwaśnego, zapachu i smaku słodkiego, zapachu i smaku przechowalniczego, smaku gorzkiego oraz ogólnej oceny sensorycznej.

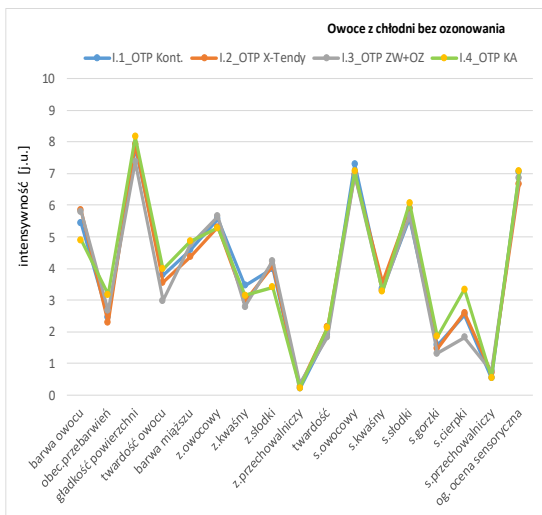
*Podsumowanie.* Próbkę owoców z pierwszej kombinacji doświadczenia różniły się w profilu sensorycznym pod względem intensywności atrybutów związanych z wyglądem zewnętrznym, jakością zapachu, konsystencją oraz smakiem/smakowitością. Najmniejsze zmiany w charakterystyce sensorycznej wystąpiły w pierwszym tygodniu przechowywania owoców. W kolejnych tygodniach zmieniała się konsystencja owoców, jak również obniżała się intensywność kluczowych (pozytywnych) atrybutów oraz wzrastało natężenie atrybutów negatywnych. Najmniejsze zmiany w kolejnych okresach przechowywania zachodziły w wariantach X-Tendy.



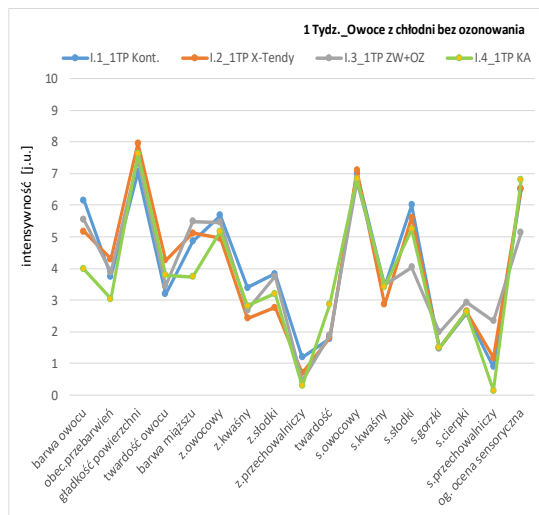
Tabela 20. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania.

Wyróżniki jakościowe	bez przechowywania				I okres przechowywania				II okres przechowywania				III okres przechowywania			
	I.1_OTP	I.2_OTP	I.3_OTP	I.4_OTP	I.1_1TP	I.2_1TP	I.3_1TP	I.4_1TP	I.1_2TP	I.2_2TP	I.3_2TP	I.4_2TP	I.1_3TP	I.2_3TP	I.3_3TP	I.4_3TP
	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA
barwa owocu	5,44	5,84	5,81	4,89	6,15	5,18	5,54	3,98	5,48	4,78	7,36	4,92	3,93	4,23	6,03	4,40
obecność przebarwień	2,45	2,29	2,66	3,17	3,75	4,30	3,88	3,03	3,84	3,18	4,11	4,78	3,46	3,25	5,21	4,45
gładkość powierzchni	7,83	7,93	7,38	8,16	7,05	7,97	7,45	7,63	7,23	7,48	6,74	6,59	7,33	7,67	7,70	7,63
twardość owocu	3,79	3,56	2,99	3,98	3,19	4,26	3,44	3,78	3,63	4,13	4,05	3,37	3,82	3,96	2,55	3,79
barwa miąższu	4,58	4,36	4,74	4,85	4,86	5,12	5,49	3,73	3,60	3,39	4,90	2,71	3,77	3,44	4,09	2,68
z.owocowy	5,56	5,31	5,65	5,28	5,68	4,96	5,46	5,18	5,25	4,93	4,63	6,09	3,68	4,92	5,37	4,62
z.kwaśny	3,46	2,96	2,79	3,15	3,39	2,42	2,68	2,82	2,86	2,40	2,42	2,25	1,98	2,63	2,33	2,11
z.słodki	4,00	4,09	4,24	3,41	3,83	2,76	3,75	3,20	3,08	2,60	2,52	4,08	1,53	2,58	2,58	2,28
z.przechowalniczy	0,21	0,27	0,37	0,22	1,18	0,70	0,44	0,28	0,64	0,28	0,45	0,48	1,47	1,57	1,72	1,76
twardość	1,91	2,15	1,83	2,13	1,78	1,82	1,89	2,87	2,42	2,93	3,06	1,71	3,54	2,56	2,03	3,02
s.owocowy	7,31	6,96	6,95	7,08	7,01	7,10	6,73	6,84	6,61	6,07	5,88	7,18	6,15	6,53	6,28	5,89
s.kwaśny	3,35	3,57	3,29	3,26	3,43	2,86	3,48	3,42	3,55	4,01	3,68	3,22	2,37	3,36	2,69	2,40
s.słodki	5,58	5,91	5,67	6,07	6,01	5,61	4,04	5,23	4,61	4,42	4,20	5,68	3,58	4,43	3,79	3,83
s.gorzki	1,57	1,46	1,31	1,85	1,48	1,48	1,98	1,48	2,01	2,16	3,10	1,39	2,56	2,24	3,65	2,41
s.cierpki	2,53	2,59	1,81	3,34	2,57	2,63	2,93	2,63	3,38	3,48	3,56	2,40	3,00	2,97	3,33	2,65
s.przechowalniczy	0,54	0,70	0,75	0,54	0,89	1,18	2,34	0,14	0,47	0,39	1,52	0,72	1,32	1,50	2,45	2,04
ogólna ocena sensoryczna	7,05	6,67	6,87	7,07	6,50	6,53	5,13	6,80	5,73	6,00	4,11	6,63	4,78	5,95	4,38	5,12

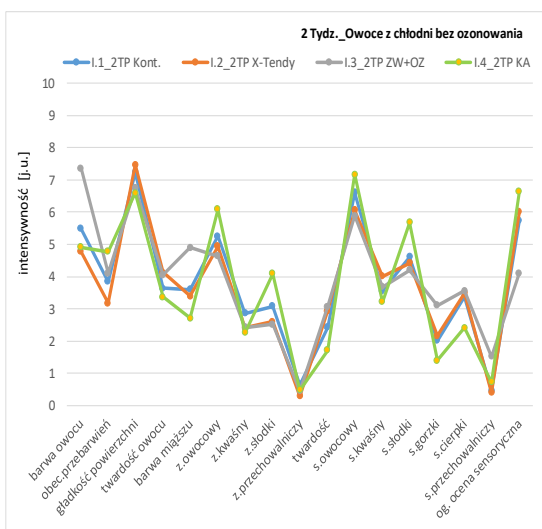
z. – zapach; s. – smak/smakowość



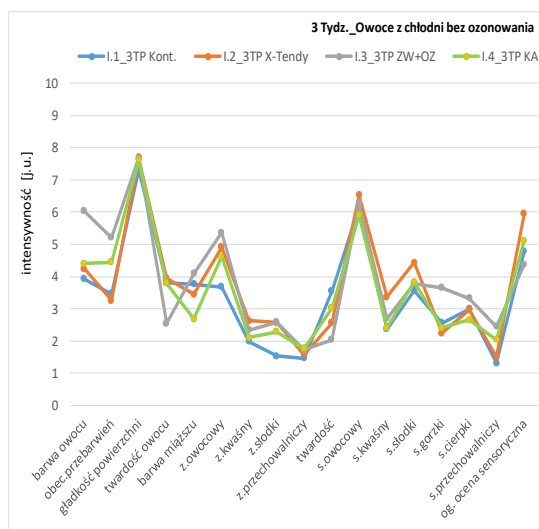
A)



B)

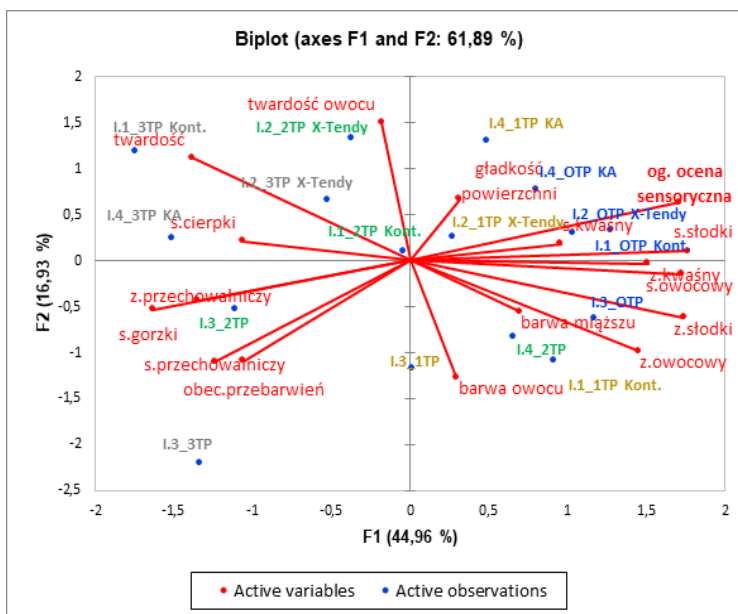


C)

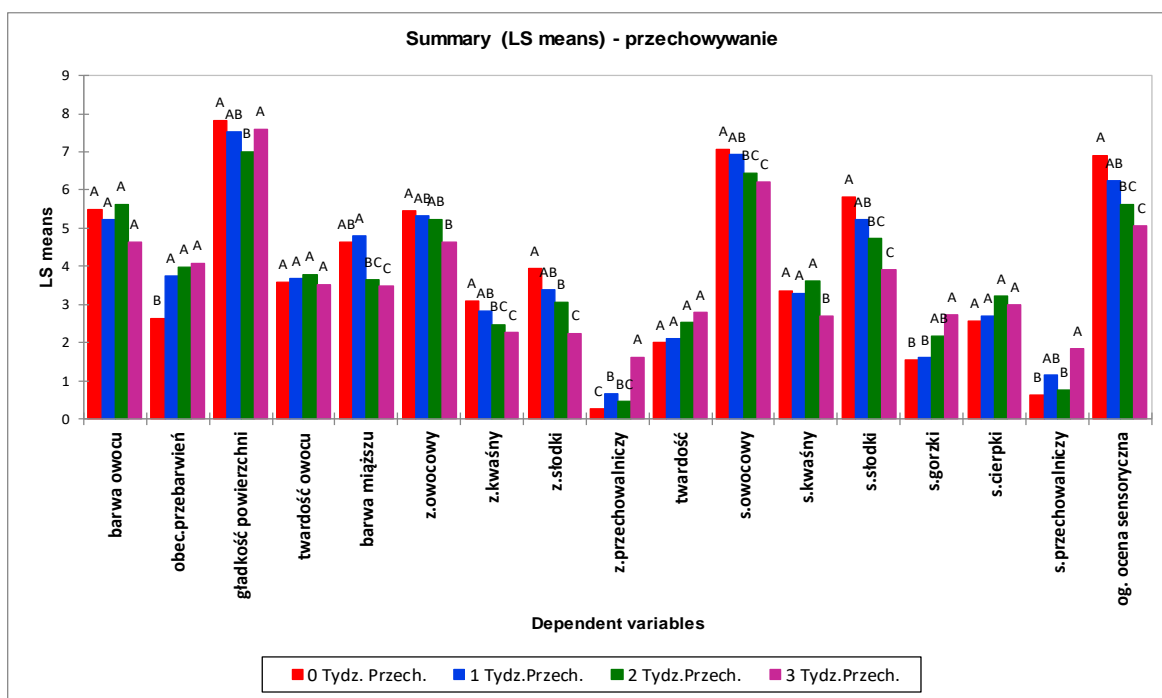


D)

Rys. 24. Profil sensoryczny owoców minikiwi z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



Rys. 25. Podobieństwa i różnice w jakości sensorycznej owoców minikiwii z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



Rys. 26. Różnice istotnie statystyczne dla atrybutów z uwzględnieniem przechowywania (I kombinacja doświadczenia)

### Profil sensoryczny owoców z II kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania

Wyniki średnie przedstawiające profil sensoryczny próbek owoców z uwzględnieniem przechowywania zestawiono w Tabeli 21 oraz na rysunkach 27 (A-D).



W stosunku do wariantu kontrolnego odnotowano niewielkie zróżnicowanie próbek pod względem intensywności analizowanych atrybutów (wyglądu zewnętrznego, zapachu, konsystencji oraz smaku/smakowości) w kolejnych tygodniach przechowywania (Tabela 21, Rys. 27 A-D).

*I tydzień przechowywania (Tabela 21, Rys. 27B).* W pierwszym tygodniu przechowywania nie stwierdzono znaczących różnic w charakterystyce sensorycznej badanych próbek. Profil był bardzo zbliżony pod względem natężenia atrybutów do próbek nie poddanych przechowywaniu (Rys. 27A). Jedynie próbka II.2\_1TP była nieco bardziej intensywna w barwie oraz odznaczała się nieznacznie niższą twardością postrzeganą wizualnie i wyższym natężeniem zapachu owocowego w stosunku do pozostałych próbek. Zaobserwowano obniżenie natężenia smaku kwaśnego oraz słodkiego w próbkach w porównaniu do wariantów II.1-4\_OTP. Sensoryczna ocena ogólna próbek otrzymała stosunkowo wysokie wartości w granicach od 7,04 (II.1\_1TP) do 7,27 (II.2\_1TP) j.u.

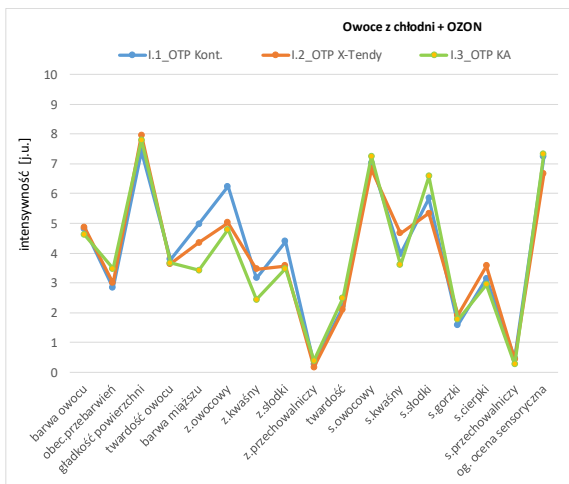
*II tydzień przechowywania (Tabela 21, Rys. 27C).* W drugim tygodniu przechowywania nie stwierdzono większych zmian w profilu sensorycznym próbek. Próbka II.2\_1TP była bardziej intensywna w barwie w stosunku do pozostałych owoców. Odnotowano wyższą obecność przebarwień w próbkach oraz niższy poziom barwy miąższu w porównaniu do pierwszego okresu przechowywania owoców. Nieznacznemu zwiększeniu uległo natężenie zapachu i smaku przechowalniczego. Ogólna ocena sensoryczna uległa obniżeniu w próbkach i wahała się od 5,77 (II.2\_1TP) do 6,32 (II.3\_1TP) j.u.

*III tydzień przechowywania (Tabela 21, Rys. 27D).* W trzecim tygodniu przechowywania uzyskano nieco odmienny profil spowodowany obniżeniem natężenia zapachu i smaku owocowego, zapachu kwaśnego i słodkiego oraz smaku kwaśnego. Jednocześnie wzrosła intensywność zapachu i smaku przechowalniczego. Odnotowano również większe zróżnicowanie pomiędzy próbkami w intensywności smaku gorzkiego i cierpkiego. Ogólna ocena sensoryczna próbek uległa obniżeniu od wartości 4,78 do 5,23 j.u.

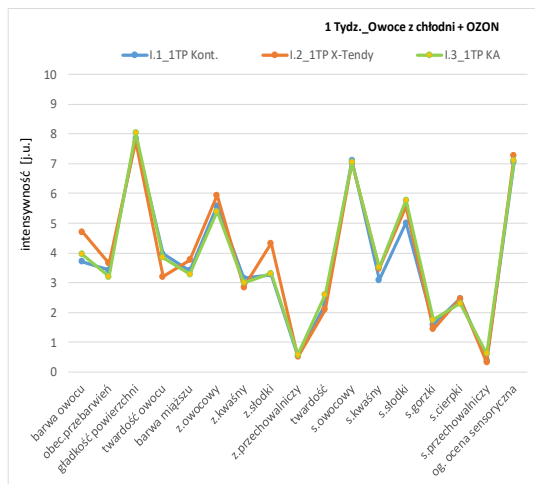
Różnice i podobieństwa w jakości sensorycznej owoców z II kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania przedstawiono na rys. 28. Próbki owoców II.1-4\_OTP oraz II.1-4\_1TP znalazły się po lewej stronie układu PCA (ćwiartka druga i trzecia) w pobliżu ogólnej oceny sensorycznej pozytywnie związanej z zapachem i smakiem kwaśnym, zapachem i smakiem owocowym, zapachem i smakiem słodkim, barwy owocu i miąższu. Kolejne próbki z drugiego okresu przechowywania ulokowały się praktycznie w środku układu PCA i reprezentowały jakość pośrednią pomiędzy owocami II.1-4\_OTP i II.1-4\_1TP a tymi z grupy II.1-4\_3TP. Próbki przechowywane przez trzy tygodnie reprezentowały zupełnie odmienny profil sensoryczny z niższą intensywnością pozytywnych atrybutów i wyższym natężeniem cech negatywnych (ujemnie związanych z ogólną oceną sensoryczną, I i IV ćwiartka PCA) – zapachu i smaku przechowalniczego, smaku gorzkiego, twardości owocu ocenianego wizualnie i doustnie oraz obecności przebarwień.

Na rys. 29 przedstawiono uśrednione różnice w natężeniu wyróżników z uwzględnieniem przechowywania próbek z II kombinacji doświadczenia. Istotne zmiany odnotowano dla gładkości powierzchni, twardości owocu, barwy miąższu, zapachu i smaku owocowego, zapachu i smaku kwaśnego, zapachu i smaku słodkiego, zapachu i smaku przechowalniczego, smaku gorzkiego, smaku cierpkiego oraz ogólnej oceny sensorycznej.

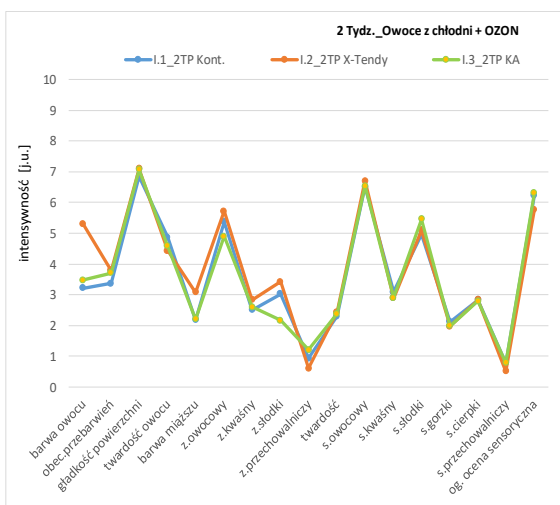
*Podsumowanie.* Próbki owoców z drugiej kombinacji doświadczenia różniły się w charakterystyce sensorycznej pod względem intensywności wyróżników dotyczących wyglądu zewnętrznego, cech zapachu, konsystencji oraz smaku/smakowości. Najmniejsze zmiany we właściwościach sensorycznych wystąpiły w pierwszym tygodniu przechowywania owoców. W kolejnych tygodniach zmieniał się wygląd owoców, ich konsystencja oraz malało natężenie kluczowych (pozytywnych) atrybutów związanych dodatnio z ogólną oceną sensoryczną, natomiast wzrastała intensywność cech negatywnych. Odnotowano, że zaobserwowane zmiany w jakości sensorycznej próbek pod wpływem przechowywania były zbliżone do tych stwierdzonych w pierwszej kombinacji doświadczenia.



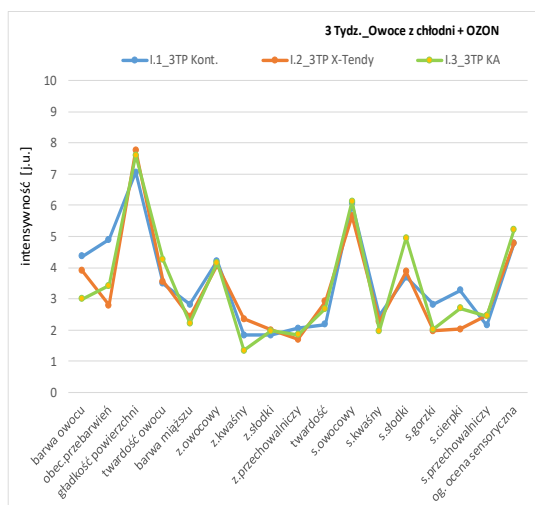
A)



B)



C)



D)

Rys. 27. Profil sensoryczny owoców minikiwi z II kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



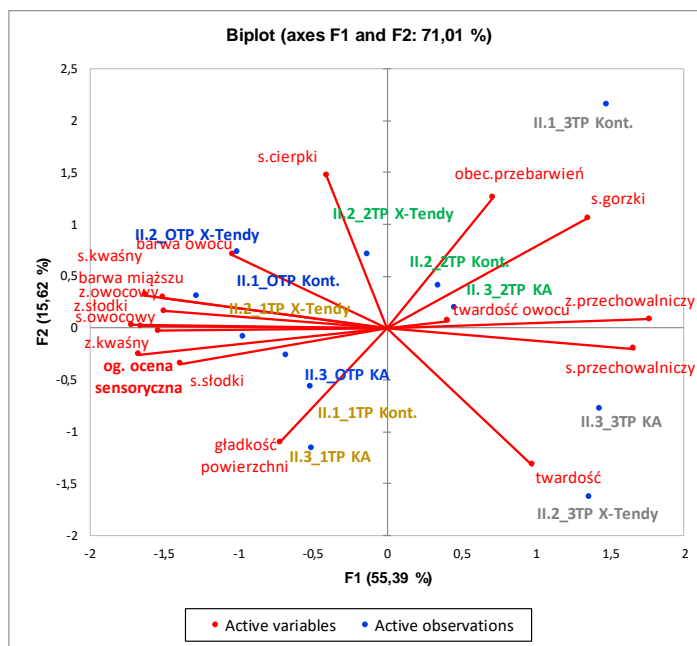


Tabela 21. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z II kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania.

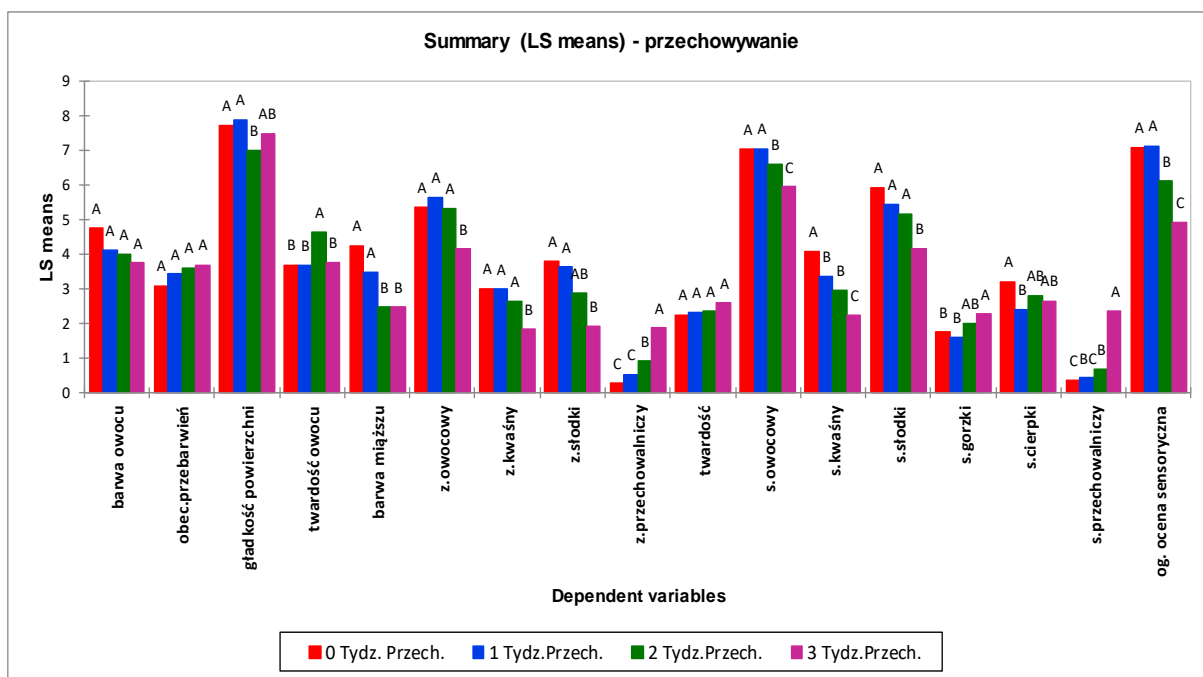
Wyróżniki jakościowe	bez przechowywania			I okres przechowywania			II okres przechowywania			III okres przechowywania		
	II.1_OTP	II.2_OTP	II.3_OTP	II.1_1TP	II.2_1TP	II.3_1TP	II.1_2TP	II.2_2TP	II.3_2TP	II.1_3TP	II.2_3TP	II.3_3TP
	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	KA
barwa owocu	4,81	4,86	4,61	3,71	4,70	3,95	3,21	5,29	3,48	4,36	3,89	3,00
oboność przebarwień	2,84	3,00	3,47	3,43	3,66	3,20	3,37	3,78	3,71	4,89	2,78	3,43
gładkość powierzchni	7,43	7,96	7,80	7,85	7,75	8,05	6,85	7,10	7,07	7,06	7,78	7,60
twardość owocu	3,79	3,64	3,67	3,97	3,20	3,85	4,87	4,43	4,58	3,48	3,56	4,26
barwa miąższu	4,99	4,35	3,41	3,41	3,77	3,28	2,18	3,08	2,20	2,82	2,42	2,22
z.owocowy	6,24	5,02	4,79	5,58	5,93	5,38	5,38	5,72	4,89	4,22	4,08	4,16
z.kwaśny	3,16	3,46	2,44	3,14	2,85	2,99	2,51	2,83	2,59	1,83	2,35	1,33
z.słodki	4,39	3,57	3,48	3,27	4,33	3,31	3,03	3,43	2,17	1,83	1,99	1,98
z.przechowalniczy	0,27	0,16	0,39	0,53	0,51	0,57	0,93	0,60	1,21	2,05	1,70	1,85
twardość	2,20	2,09	2,49	2,28	2,09	2,59	2,29	2,43	2,38	2,18	2,91	2,68
s.owocowy	7,04	6,82	7,26	7,11	7,03	7,04	6,51	6,71	6,54	6,06	5,65	6,13
s.kwaśny	3,97	4,66	3,60	3,09	3,48	3,52	3,09	2,89	2,90	2,46	2,27	1,97
s.słodki	5,84	5,33	6,59	5,00	5,55	5,78	4,95	5,10	5,46	3,69	3,88	4,96
s.gorzki	1,59	1,91	1,76	1,59	1,44	1,75	2,12	1,97	1,98	2,82	1,98	2,02
s.cierpki	3,15	3,57	2,94	2,46	2,46	2,29	2,83	2,83	2,79	3,27	2,02	2,70
s.przechowalniczy	0,46	0,42	0,26	0,38	0,32	0,61	0,78	0,51	0,78	2,15	2,46	2,45
ogólna ocena sensoryczna	7,24	6,66	7,33	7,04	7,27	7,10	6,23	5,77	6,32	4,79	4,78	5,23

z. – zapach; s. – smak/smakowość





Rys. 28. Podobieństwa i różnice w jakości sensorycznej owoców minikiwii z II kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



Rys. 29. Różnice istotnie statystyczne dla atrybutów z uwzględnieniem przechowywania (II kombinacja doświadczenia).

### Profil sensoryczny owoców z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania

Wyniki średnie ukazujące profil sensoryczny próbek owoców pochodzących z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania zestawiono w Tabeli 22 oraz na rysunkach 30 (A-D).



W stosunku do wariantu kontrolnego (owoce nieprzechowywane) zaobserwowano niewielkie różnice w profilu sensorycznym próbek po pierwszym tygodniu przechowywania. W drugim tygodniu przechowywania odnotowano większe zmiany w wyglądzie zewnętrznym owoców oraz intensywności niektórych atrybutów smaku. Natomiast największe zmiany w charakterystyce sensorycznej stwierdzono w trzecim tygodniu przechowywania owoców (Tabela 22, Rys. 30A-D).

*I termin przechowywania (Tabela 3, Rys. 9B).* Po pierwszym tygodniu przechowywania próbki wykazywały pewne różnice w barwie owoców w stosunku do wariantów nieprzechowywanych. Natężenie pozostałych cech zapachowych było praktycznie identyczne w owocach z wyjątkiem próbki X-Tendy, która reprezentowała niższe wrażenie twardości owocu oraz barwy miąższu. Natężenie pozostałych cech nie uległo zmianie aczkolwiek próbka X-Tendy była nieco mniej gorzka i cierpka w stosunku do pozostałych owoców i otrzymała najwyższą ocenę jakości sensorycznej.

*II termin przechowywania (Tabela 22, Rys. 30C).* W drugim tygodniu przechowywania utrzymywały się różnice w wyglądzie zewnętrznym próbek (z wyjątkiem barwy miąższu). Próbki były przede wszystkim owocowe w zapachu i cechowały się zbliżonym poziomem natężenia smaku kwaśnego do słodkiego. W konsystencji (twardości ocenianej doustnie) stwierdzono, że jedna z próbek była mniej twarda w stosunku do pozostałych owoców. Natężenie smaku owocowego oraz smaku kwaśnego pozostawało na zbliżonym poziomie w owocach do 3 tygodnia przechowywania. Nieznacznie obniżeniu uległa intensywność smaku słodkiego. Jedna z próbek była bardziej gorzka (III.3\_3TP) w stosunku do pozostałych owoców, natomiast natężenie smaku cierpkiego nie zmieniło się w próbkach. Intensywność zapachu i smaku przechowalniczego pozostawało na stosunkowo niskim poziomie. Ogólna ocena sensoryczna wahała się w zakresie od 4,82 (III.3\_3TP) do 6,69 (III.2\_3TP) j.u.

*III termin przechowywania (Tabela 22, Rys. 30D).* Różnice w wyglądzie zewnętrznym próbek pogłębiały się w trzecim tygodniu przechowywania w szczególności dla barwy owocu oraz twardości. W stosunku do poprzednich okresów przechowywania obniżeniu uległo natężenie zapachu owocowego. Próbki reprezentowały zbliżone relacje dotyczące intensywności zapachu kwaśnego do słodkiego. Najmniej twarda, owocowa, kwaśna i słodka oraz najbardziej gorzka była próbka III.3\_3TP. Odnotowano wyższe natężenie zapachu i smaku przechowalniczego w próbkach w trzecim tygodniu przechowywania. Ogólna ocena sensoryczna próbek obniżyła się i wynosiła od 3,95 (III.3\_3TP) do 5,97 (III.4\_3TP).

Różnice i podobieństwa w jakości sensorycznej owoców z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania przedstawiono na rys. 10. Większość próbek w tym nieprzechowywanych, jak również po jednym i drugim tygodniu przechowywania ulokowała się w drugiej i trzeciej ćwiartce układu PCA w pobliżu ogólnej oceny sensorycznej dodatkowo skorelowanej z gładkością powierzchni, smakiem kwaśnym, smakiem owocowym, smakiem słodkim. Stosunkowo blisko wymienionych atrybutów znalazły się próbki: III.3\_OTP, III.2\_2TP X-Tendy, III.4\_1TP KA, III.2\_OTP X-Tendy, III.4\_2TP KA. Niektóre próbki jak III.1\_OTP Kontr., III.4\_OTP KA ulokowały się bliżej atrybutów związanych z konsystencją (twardość oceniana wizualnie i doustnie), inne usytuowały się blisko zapachu kwaśnego, zapachu słodkiego, zapachu owocowego i barwy miąższu (III.2\_2TP X-Tendy, III.4\_1TP KA, III.2\_1TP X-Tendy, III.1\_2TP, III.1\_1TP Kontr., III.3\_1TP). Próbki pochodzące z trzeciego terminu przechowywania cechowały się zupełnie odmienną charakterystyką sensoryczną w stosunku do pozostałych owoców o czym świadczy ich ułożenie w pobliżu zapachu i smaku przechowalniczego, smaku gorzkiego oraz obecności przebarwień.

Na rys. 11 przedstawiono uśrednione różnice w natężeniu wyróżników z uwzględnieniem przechowywania próbek z III kombinacji doświadczenia. Istotne zmiany odnotowano dla atrybutów, jak obecności przebarwień, gładkości powierzchni, zapachu owocowego, zapachu słodkiego, smaku owocowego, smaku kwaśnego, smaku słodkiego, smaku gorzkiego, cierpkiego, zapachu i smaku przechowalniczego oraz ogólnej oceny sensorycznej.

**Podsumowanie.** Próbkę owoców pochodzące z trzeciej kombinacji doświadczenia różniły się we właściwościach sensorycznych biorąc pod uwagę natężenie atrybutów wyglądu zewnętrznego, cech zapachu, konsystencji oraz smaku/smakowości. Praktycznie próbki nieprzechowywane, jak również przechowywane przez okres dziesięciu i dwudziestu dni wykazywały zbliżoną charakterystykę sensoryczną z przewagą cech pozytywnych. Najwięcej niekorzystnych zmian pojawiło się w trzecim terminie przechowywania, aczkolwiek odnotowano niższe natężenie smaku przechowalniczego w III.4\_3TP KA w stosunku do próbki III.3\_3TP co warunkowało również wynik ogólnej oceny sensorycznej owoców.



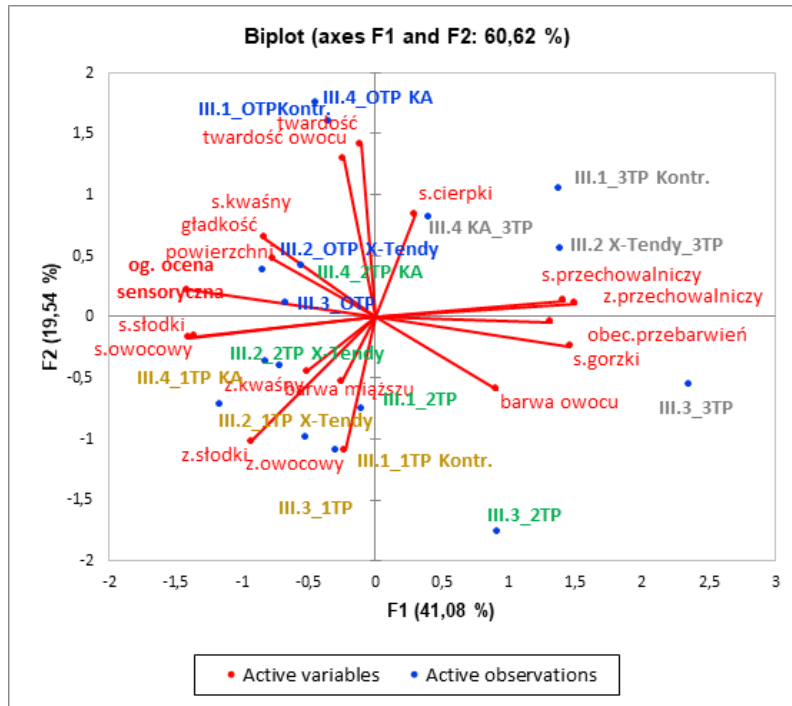
Rys. 30. Profil sensoryczny owoców minikiwi z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



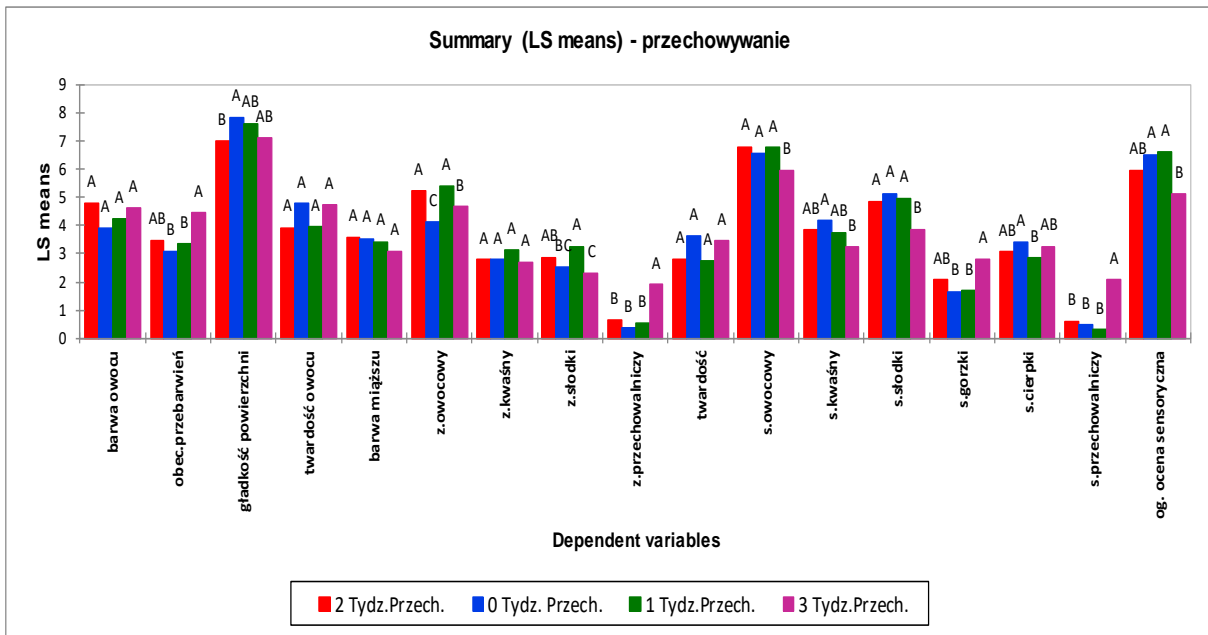
Tabela 22. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania.

Wyróżniki jakościowe	bez przechowywania				I okres przechowywania				II okres przechowywania				III okres przechowywania			
	I.1_OTP	I.2_OTP	I.3_OTP	I.4_OTP	I.1_1TP	I.2_1TP	I.3_1TP	I.4_1TP	I.1_2TP	I.2_2TP	I.3_2TP	I.4_2TP	I.1_3TP	I.2_3TP	I.3_3TP	I.4_3TP
	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA	Kont. (ZW)	X-Tendy (ZW)	ZW+OZ	KA
barwa owocu	3,68	4,20	3,45	4,34	4,18	3,81	4,93	3,94	5,53	3,93	5,60	4,08	5,22	4,77	4,74	3,76
obec.przebarwień	3,29	2,83	2,91	3,37	3,91	2,70	3,63	3,10	3,18	3,35	4,37	3,03	5,03	5,20	4,35	3,19
gładkość powierzchni	8,07	8,20	7,07	7,98	7,63	7,96	7,49	7,39	6,52	7,66	6,54	7,26	6,93	6,35	7,61	7,52
twardość owocu	4,95	5,11	3,62	5,41	4,00	3,83	3,23	4,78	4,31	4,17	2,33	4,95	5,68	5,36	2,78	5,04
barwa miąższu	3,59	4,08	3,59	2,94	3,68	2,84	3,20	4,02	4,42	3,27	3,51	3,13	3,01	2,83	3,64	2,84
z.owocowy	3,88	4,79	3,91	3,93	5,63	5,43	5,38	5,22	5,03	5,53	5,01	5,34	4,74	5,00	4,73	4,18
z.kwaśny	2,83	3,33	2,52	2,46	3,35	3,22	3,13	2,83	2,94	2,93	2,76	2,53	3,01	3,11	2,30	2,46
z.słodki	2,16	3,24	2,53	2,21	3,39	3,13	3,28	3,24	3,01	2,98	2,68	2,85	2,37	2,05	2,37	2,43
z.przechowalniczy	0,37	0,24	0,47	0,30	0,53	0,63	0,62	0,31	0,62	0,25	0,86	0,79	1,73	2,16	2,13	1,58
twardość	4,11	3,80	2,51	4,02	2,77	2,83	2,57	2,77	2,90	2,77	1,71	3,83	4,31	3,58	2,31	3,58
s.owocowy	6,53	6,61	6,66	6,47	6,57	6,98	6,63	6,88	6,67	7,23	6,50	6,88	6,25	6,23	5,13	6,29
s.kwaśny	4,72	4,14	3,35	4,46	3,98	3,51	3,78	3,82	4,13	3,43	3,42	4,35	3,52	3,73	2,63	3,09
s.słodki	4,42	5,43	5,64	5,11	4,80	5,41	4,73	4,99	5,01	5,12	4,62	4,76	4,21	3,83	3,33	4,12
s.gorzki	1,97	1,71	1,23	1,76	1,87	1,15	1,75	1,98	2,06	1,44	3,10	1,68	2,58	2,83	3,95	1,87
s.cierpki	3,38	3,61	3,14	3,46	2,78	2,40	2,93	3,22	3,23	3,45	2,67	2,93	3,86	3,16	3,31	2,70
s.przechowalniczy	0,28	0,81	0,39	0,41	0,42	0,19	0,36	0,26	0,71	0,18	1,23	0,35	2,43	1,98	2,78	1,14
og. ocena sensoryczna	5,89	6,12	7,17	6,94	6,33	7,34	6,14	6,61	5,73	6,69	4,82	6,58	4,73	5,78	3,95	5,97

z. – zapach; s. – smak/smakowość



Rys. 31. Podobieństwa i różnice w jakości sensorycznej owoców minikiwi z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



Rys. 32. Różnice istotnie statystyczne dla atrybutów z uwzględnieniem przechowywania (III kombinacja doświadczenia)

Podsumowanie Sezonu 1.



W podsumowaniu sezonu I można stwierdzić, że ozonowanie owoców zarówno krótkotrwałe podczas pierwszej nocy po zbiorze jak i długotrwałe podczas przechowywania w chłodni nie przyniosło spodziewanych rezultatów i nie miało pozytywnego wpływu na jakość owoców. Dlatego w kolejnym sezonie zrezygnowano z tych wariantów i dalszymi badaniami objęto pozostałe, które wypadły korzystniej.

## Sezon 2

W drugim sezonie badań zrezygnowano z ozonowania owoców. Realizowano dwa warianty – Wariant I (W-I) - zbiór owoców, pierwsza noc w chłodni z temp 8-10°C i następnego dnia rozpoczęcie długotrwałego przechowywania w chłodni oraz Wariant III (W-III) – zbiór owoców i tego samego dnia zapakowanie do chłodni (długotrwałe przechowywanie).

**Tabela 23.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

**Termin T\_1**

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.	16,35 ± 0,16 <sup>b</sup>	98,29 ± 0,27 <sup>a</sup>	6,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	3,47 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,47 ± 0,00 <sup>b</sup>	7,90 ± 0,02 <sup>a</sup>
III.	15,82 ± 0,07 <sup>a</sup>	98,03 ± 0,38 <sup>a</sup>	6,17 ± 0,29 <sup>a</sup>	3,49 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,37 ± 0,00 <sup>a</sup>	8,24 ± 0,12 <sup>b</sup>

Średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

<sup>a-b</sup> – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 24.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

**Termin T\_1**

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.1.	16,96 ± 0,21 <sup>bc</sup>	98,28 ± 0,29 <sup>a</sup>	9,00 ± 0,00 <sup>bc</sup>	5,56 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,39 ± 0,10 <sup>c</sup>	8,96 ± 0,21 <sup>b</sup>
I.2.	17,40 ± 0,14 <sup>cde</sup>	98,20 ± 0,28 <sup>a</sup>	9,00 ± 0,00 <sup>bc</sup>	3,53 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,07 <sup>bc</sup>	7,20 ± 0,85 <sup>a</sup>
I.3.	17,68 ± 0,27 <sup>de</sup>	98,27 ± 0,25 <sup>a</sup>	9,50 ± 0,00 <sup>c</sup>	3,57 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,37 ± 0,03 <sup>c</sup>	8,55 ± 0,08 <sup>b</sup>
I.4.	16,70 ± 0,47 <sup>b</sup>	98,33 ± 0,58 <sup>a</sup>	8,67 ± 0,58 <sup>b</sup>	3,58 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,30 ± 0,04 <sup>bc</sup>	7,74 ± 0,20 <sup>a</sup>
III.1.	17,28 ± 0,43 <sup>cd</sup>	98,21 ± 0,39 <sup>a</sup>	8,50 ± 0,50 <sup>ab</sup>	3,51 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,34 ± 0,06 <sup>c</sup>	8,57 ± 0,14 <sup>b</sup>
III.2.	17,88 ± 0,50 <sup>e</sup>	98,24 ± 0,23 <sup>a</sup>	8,75 ± 0,50 <sup>b</sup>	3,64 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,08 <sup>a</sup>	10,76 ± 0,27 <sup>c</sup>
III.3.	17,74 ± 0,13 <sup>a</sup>	98,21 ± 0,27 <sup>a</sup>	8,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	3,53 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,21 ± 0,06 <sup>ab</sup>	12,30 ± 0,14 <sup>d</sup>



III.4.	15,86 ± 0,08 <sup>a</sup>	98,15 ± 0,30 <sup>a</sup>	8,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	3,58 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,14 ± 0,04 <sup>c</sup>
--------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

<sup>a-e</sup> – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 25.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

**Termin T\_2**

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.1.	17,68 ± 0,23 <sup>bc</sup>	98,34 ± 0,34 <sup>a</sup>	10,50 ± 0,00 <sup>c</sup>	3,41 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,30 ± 0,08 <sup>bc</sup>	7,23 ± 0,09 <sup>ab</sup>
I.2.	17,34 ± 0,41 <sup>b</sup>	98,18 ± 0,26 <sup>a</sup>	10,75 ± 0,29 <sup>c</sup>	3,51 ± 0,08 <sup>bc</sup>	1,23 ± 0,08 <sup>ab</sup>	6,82 ± 0,29 <sup>a</sup>
I.3.	18,45 ± 0,66 <sup>d</sup>	98,19 ± 0,18 <sup>a</sup>	12,33 ± 0,29 <sup>e</sup>	3,54 ± 0,11 <sup>c</sup>	1,28 ± 0,11 <sup>ab</sup>	7,23 ± 0,24 <sup>ab</sup>
I.4.	17,42 ± 0,09 <sup>bc</sup>	98,26 ± 0,25 <sup>a</sup>	9,67 ± 0,58 <sup>a</sup>	3,50 ± 0,01 <sup>abc</sup>	1,43 ± 0,04 <sup>d</sup>	7,15 ± 0,17 <sup>ab</sup>
III.1.	18,12 ± 0,30 <sup>cd</sup>	98,25 ± 0,29 <sup>a</sup>	10,33 ± 0,29 <sup>bc</sup>	3,54 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,40 ± 0,07 <sup>cd</sup>	7,28 ± 0,10 <sup>b</sup>
III.2.	17,19 ± 0,65 <sup>b</sup>	98,16 ± 0,24 <sup>a</sup>	11,38 ± 0,48 <sup>d</sup>	3,55 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,16 ± 0,03 <sup>a</sup>	8,53 ± 0,37 <sup>c</sup>
III.3.	16,08 ± 0,10 <sup>a</sup>	98,20 ± 0,21 <sup>a</sup>	9,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	3,56 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,30 ± 0,04 <sup>bc</sup>	8,60 ± 0,20 <sup>c</sup>
III.4.	17,94 ± 0,16 <sup>bcd</sup>	98,16 ± 0,18 <sup>a</sup>	9,83 ± 0,29 <sup>ab</sup>	3,41 ± 0,02 <sup>ab</sup>	1,20 ± 0,05 <sup>ab</sup>	7,24 ± 0,06 <sup>ab</sup>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

<sup>a-e</sup> – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 26.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

**Termin T\_3**

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.1.	18,54 ± 0,32 <sup>ab</sup>	98,24 ± 0,26 <sup>a</sup>	12,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	3,37 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,17 ± 0,06 <sup>b</sup>	6,98 ± 0,17 <sup>abc</sup>
I.2.	17,58 ± 1,44 <sup>ab</sup>	98,18 ± 0,31 <sup>a</sup>	11,00 ± 0,00 <sup>ab</sup>	3,47 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,11 ± 0,03 <sup>ab</sup>	6,77 ± 0,31 <sup>a</sup>
I.3.	17,94 ± 1,50 <sup>ab</sup>	98,20 ± 0,19 <sup>a</sup>	11,33 ± 0,58 <sup>abc</sup>	3,60 ± 0,05 <sup>d</sup>	1,03 ± 0,07 <sup>ab</sup>	7,30 ± 0,12 <sup>bc</sup>
I.4.	17,39 ± 0,35 <sup>ab</sup>	98,18 ± 0,34 <sup>a</sup>	11,33 ± 0,29 <sup>abc</sup>	3,59 ± 0,01 <sup>d</sup>	1,15 ± 0,07 <sup>b</sup>	6,88 ± 0,30 <sup>ab</sup>
III.1.	16,95 ± 0,78 <sup>a</sup>	98,23 ± 0,26 <sup>a</sup>	10,83 ± 0,29 <sup>a</sup>	3,54 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,08 ± 0,06 <sup>ab</sup>	6,79 ± 0,35 <sup>a</sup>
III.2.	18,79 ± 0,53 <sup>b</sup>	98,23 ± 0,30 <sup>a</sup>	11,88 ± 0,48 <sup>c</sup>	3,58 ± 0,03 <sup>cd</sup>	1,10 ± 0,02 <sup>ab</sup>	7,39 ± 0,18 <sup>c</sup>
III.3.	18,24 ± 0,20 <sup>ab</sup>	98,18 ± 0,22 <sup>a</sup>	11,67 ± 0,58 <sup>bc</sup>	3,53 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,01 ± 0,15 <sup>a</sup>	7,92 ± 0,13 <sup>d</sup>



III.4.	17,93 ± 0,37 <sup>ab</sup>	98,19 ± 0,18 <sup>a</sup>	11,33 ± 0,58 <sup>abc</sup>	3,44 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,32 ± 0,06 <sup>c</sup>	7,16 ± 0,28 <sup>abc</sup>
--------	----------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------------

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a-d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 27.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

**Termin T\_4**

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.1.	17,30 ± 0,39 <sup>c</sup>	98,30 ± 0,35 <sup>a</sup>	12,83 ± 0,29 <sup>c</sup>	3,91 ± 0,10 <sup>c</sup>	0,59 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,79 ± 0,13 <sup>a</sup>
I.2.	16,55 ± 0,40 <sup>a</sup>	98,27 ± 0,32 <sup>a</sup>	12,50 ± 0,00 <sup>bc</sup>	3,81 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,71 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,67 ± 0,22 <sup>a</sup>
I.3.	16,42 ± 0,43 <sup>a</sup>	98,24 ± 0,36 <sup>a</sup>	12,33 ± 0,29 <sup>b</sup>	3,82 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,95 ± 0,12 <sup>a</sup>
I.4.	16,80 ± 0,30 <sup>abc</sup>	98,21 ± 0,53 <sup>a</sup>	12,50 ± 0,00 <sup>bc</sup>	3,75 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,63 ± 0,28 <sup>a</sup>	6,95 ± 0,06 <sup>a</sup>
III.1.	18,05 ± 0,08 <sup>d</sup>	98,16 ± 0,21 <sup>a</sup>	12,50 ± 0,50 <sup>bc</sup>	3,69 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,60 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,03 ± 0,12 <sup>ab</sup>
III.2.	16,64 ± 0,19 <sup>ab</sup>	98,18 ± 0,44 <sup>a</sup>	12,25 ± 0,29 <sup>b</sup>	3,76 ± 0,07 <sup>ab</sup>	0,52 ± 0,03 <sup>a</sup>	7,03 ± 0,33 <sup>ab</sup>
III.3.	17,17 ± 0,33 <sup>bc</sup>	98,15 ± 0,64 <sup>a</sup>	12,50 ± 0,00 <sup>bc</sup>	3,84 ± 0,03 <sup>bc</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,28 <sup>bc</sup>
III.4.	17,26 ± 0,21 <sup>c</sup>	98,19 ± 0,44 <sup>a</sup>	11,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	3,71 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,03 <sup>a</sup>	7,57 ± 0,02 <sup>c</sup>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

a-d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 28.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

**Termin T\_5**

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.1.	17,54 ± 0,43 <sup>d</sup>	98,30 ± 0,56 <sup>a</sup>	13,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	4,00 ± 0,13 <sup>c</sup>	0,60 ± 0,05 <sup>cd</sup>	6,61 ± 0,36 <sup>a</sup>
I.2.	16,50 ± 0,67 <sup>abc</sup>	98,22 ± 0,35 <sup>a</sup>	11,75 ± 0,50 <sup>ab</sup>	3,79 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,53 ± 0,03 <sup>bc</sup>	6,54 ± 0,11 <sup>a</sup>
I.3.	16,81 ± 0,36 <sup>abcd</sup>	98,32 ± 0,38 <sup>a</sup>	12,17 ± 0,29 <sup>b</sup>	4,04 ± 0,05 <sup>c</sup>	0,42 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,65 ± 0,16 <sup>a</sup>
I.4.	17,14 ± 0,16 <sup>cd</sup>	98,20 ± 0,46 <sup>a</sup>	11,33 ± 0,29 <sup>a</sup>	3,70 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,04 <sup>e</sup>	6,66 ± 0,05 <sup>a</sup>
III.1.	17,30 ± 0,31 <sup>cd</sup>	98,17 ± 0,54 <sup>a</sup>	11,67 ± 0,58 <sup>ab</sup>	3,72 ± 0,04 <sup>ab</sup>	0,62 ± 0,02 <sup>de</sup>	6,97 ± 0,09 <sup>b</sup>
III.2.	16,35 ± 0,57 <sup>ab</sup>	98,28 ± 0,44 <sup>a</sup>	11,38 ± 0,25 <sup>ab</sup>	3,85 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>bc</sup>	7,01 ± 0,13 <sup>b</sup>
III.3.	16,93 ± 0,15 <sup>bcd</sup>	98,17 ± 0,50 <sup>a</sup>	13,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	3,98 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,48 ± 0,05 <sup>ab</sup>	7,35 ± 0,24 <sup>bc</sup>



III.4.	16,07 ± 0,21 <sup>a</sup>	98,25 ± 0,28 <sup>a</sup>	11,50 ± 0,87 <sup>ab</sup>	3,79 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,68 ± 0,07 <sup>ae</sup>	7,14 ± 0,12 <sup>c</sup>
--------	---------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

<sup>a-e</sup> – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 29.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

Termin T\_6

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.3.	17,84 ± 0,46 <sup>b</sup>	98,23 ± 0,31 <sup>a</sup>	13,67 ± 0,29 <sup>b</sup>	4,42 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,66 ± 0,27 <sup>a</sup>
I.4.	17,14 ± 0,23 <sup>a</sup>	98,16 ± 0,41 <sup>a</sup>	12,67 ± 0,29 <sup>a</sup>	4,07 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,66 ± 0,09 <sup>a</sup>
III.3.	16,96 ± 0,08 <sup>a</sup>	98,26 ± 0,26 <sup>a</sup>	12,67 ± 0,29 <sup>a</sup>	4,48 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,41 ± 0,04 <sup>b</sup>	7,05 ± 0,28 <sup>a</sup>
III.4.	18,42 ± 0,02 <sup>c</sup>	98,22 ± 0,30 <sup>a</sup>	13,33 ± 0,29 <sup>b</sup>	3,97 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,03 <sup>c</sup>	6,98 ± 0,01 <sup>a</sup>

średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

<sup>a-c</sup> – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 30.** Sucha substancja w owocach, sucha masa próbek, ekstrakt ogółem (°Brix), pH, kwasowość miareczkowa (ogólna) zawartość polifenoli ogółem

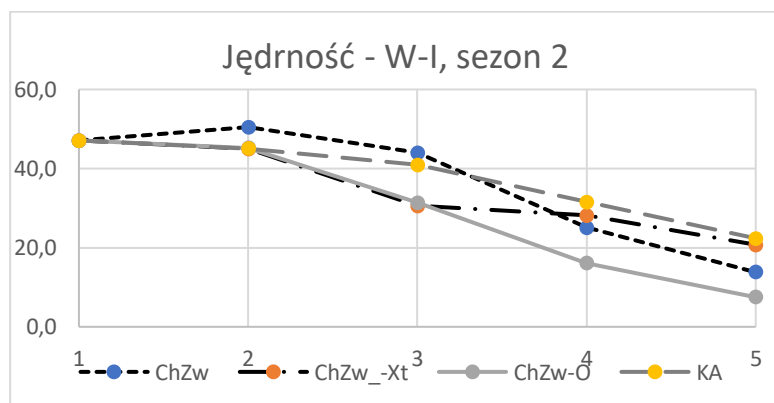
Termin T\_7

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Sucha masa [%]	°Brix [%]	pH	Kwasowość ogólna [g/100g ś.m.]	Polifenole ogółem [mg GAE/1g s.m.]
I.4.	17,17 ± 0,14 <sup>a</sup>	98,18 ± 0,26 <sup>a</sup>	13,17 ± 0,29 <sup>a</sup>	4,17 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,69 ± 0,24 <sup>a</sup>
III.4.	18,12 ± 0,12 <sup>b</sup>	98,25 ± 0,23 <sup>a</sup>	13,33 ± 0,29 <sup>a</sup>	4,11 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,89 ± 0,21 <sup>a</sup>

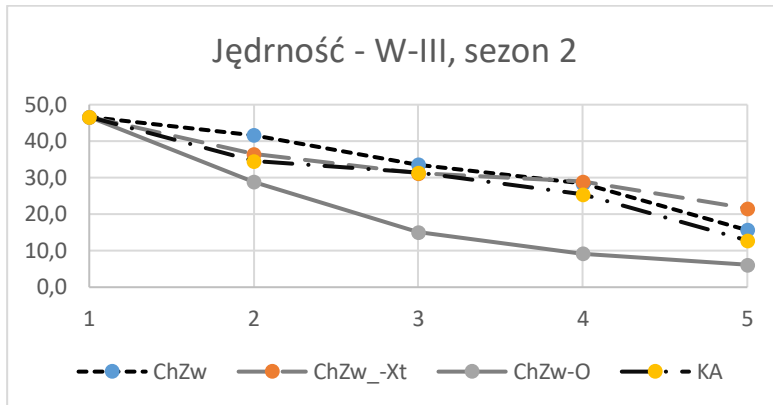
średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

<sup>a-b</sup> – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie ( $P \leq 0,05$ )

### Zmiany jędrności owoców w trakcie przechowywania.

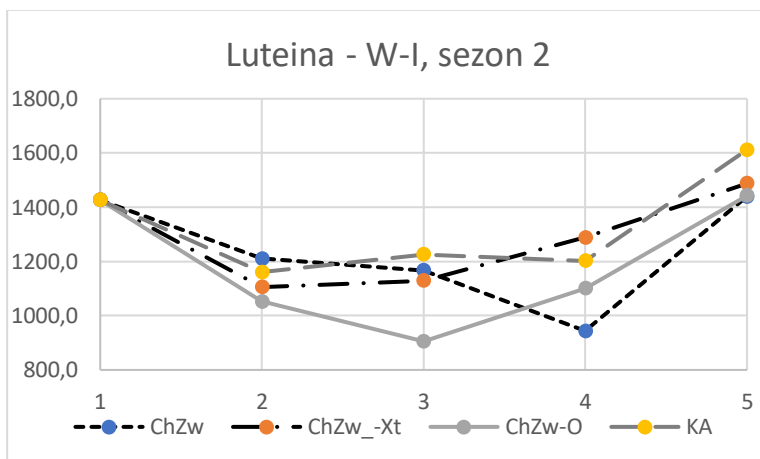


Rys. 33. Zmiany jędrności owoców (N) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.

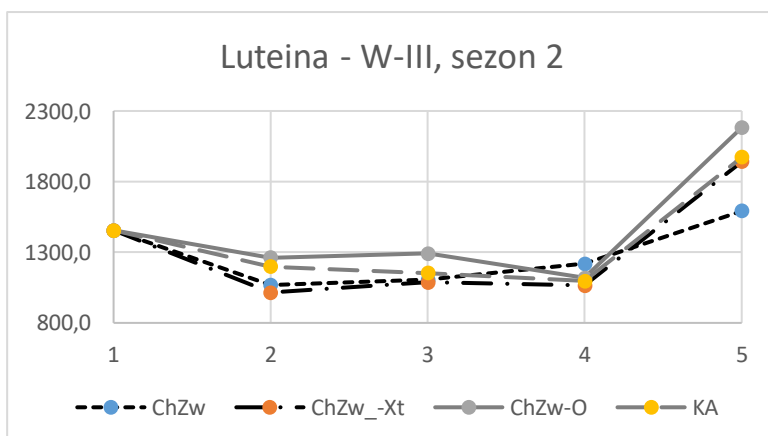


Rys. 34. Zmiany jędrności owoców (N) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.

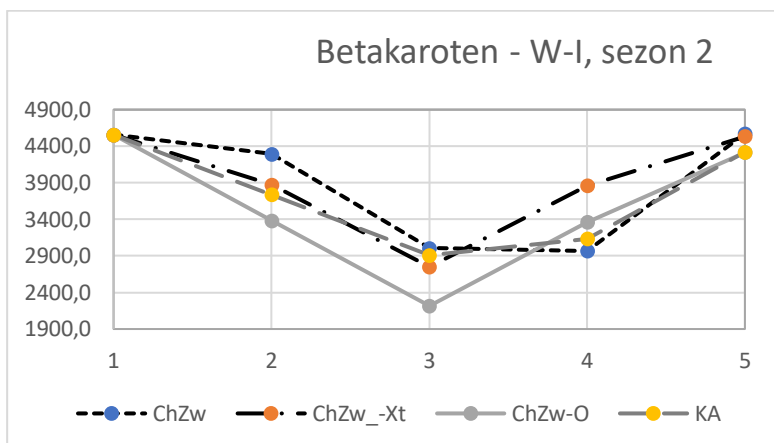
**Zmiany zawartości karotenoidów w owocach w poszczególnych terminach zależnie od warunków przechowywania**



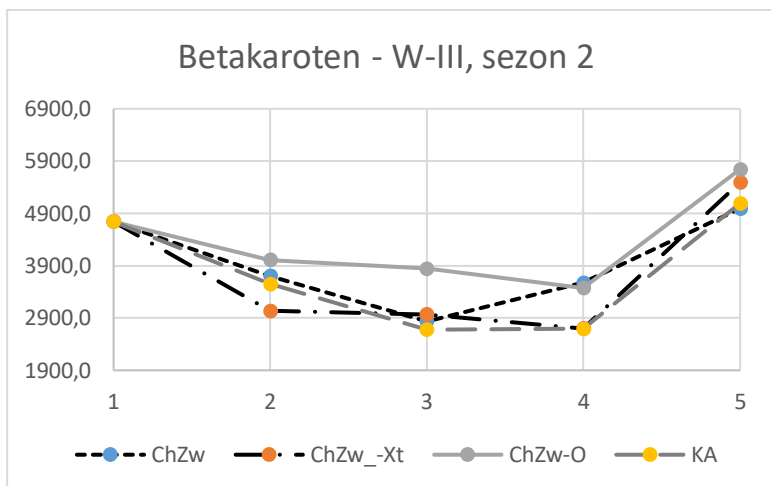
Rys. 35. Zmiany zawartości luteiny w owocach (mg/g s.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



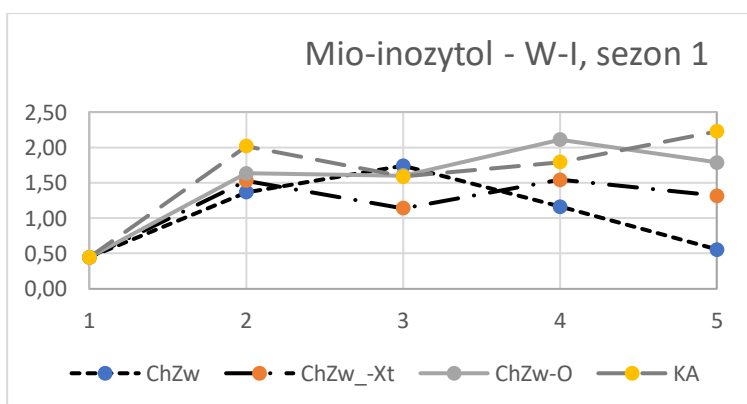
Rys. 36. Zmiany zawartości luteiny w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



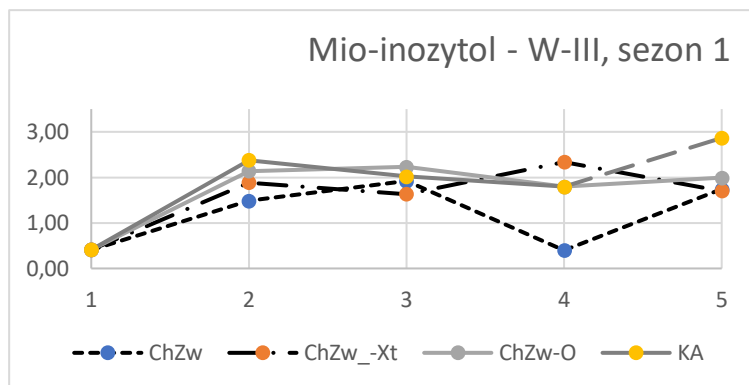
Rys. 37. Zmiany zawartości betakarotenu w owocach ( $\mu\text{g/g}$  ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



Rys. 38. Zmiany zawartości betakarotenu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej

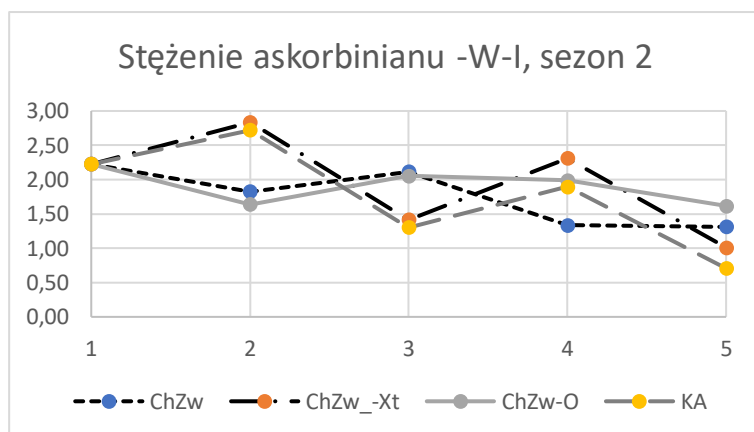


Rys. 39. Zmiany zawartości mio-inozytolu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.

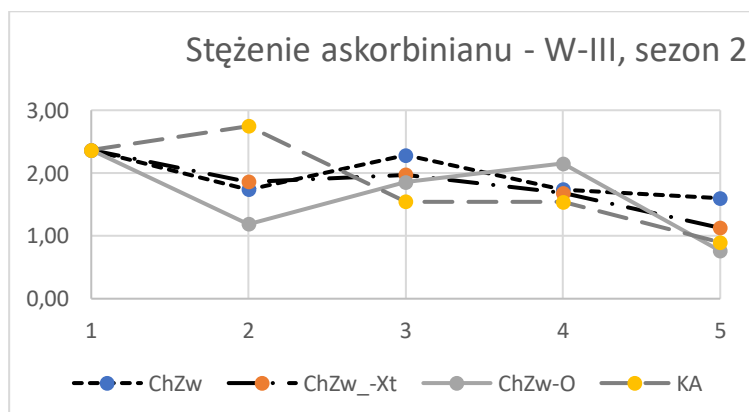


Rys. 40. Zmiany zawartości *mio*-inozytolu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.

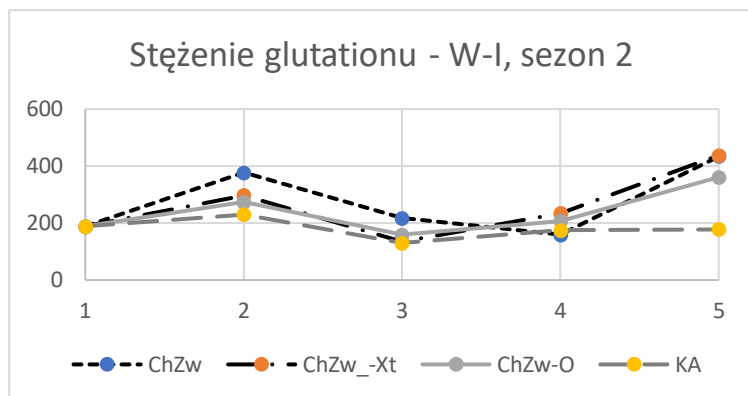
**Zmiany zawartości askorbinianu (wit. C), glutationu i szczawianów w owocach w poszczególnych terminach zależnie od warunków przechowywania.**



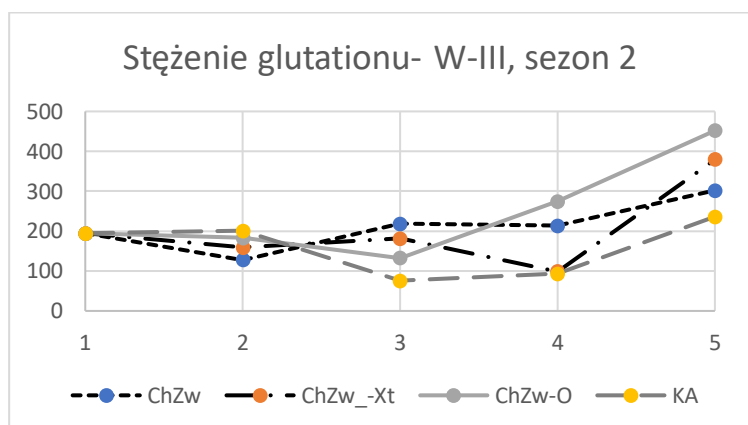
Rys. 41. Zmiany zawartości askorbinianu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



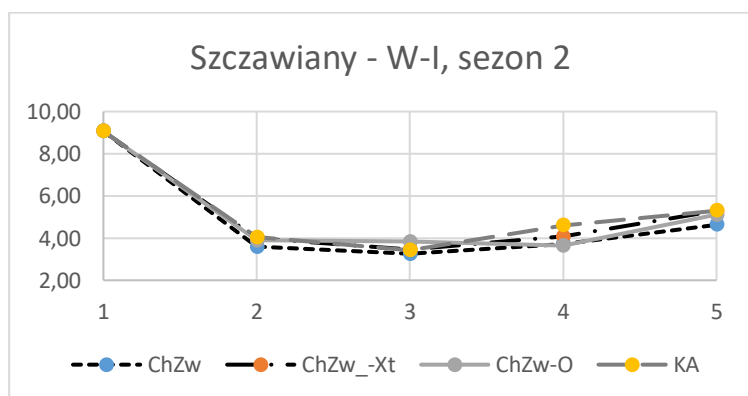
Rys. 42. Zmiany zawartości askorbinianu w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



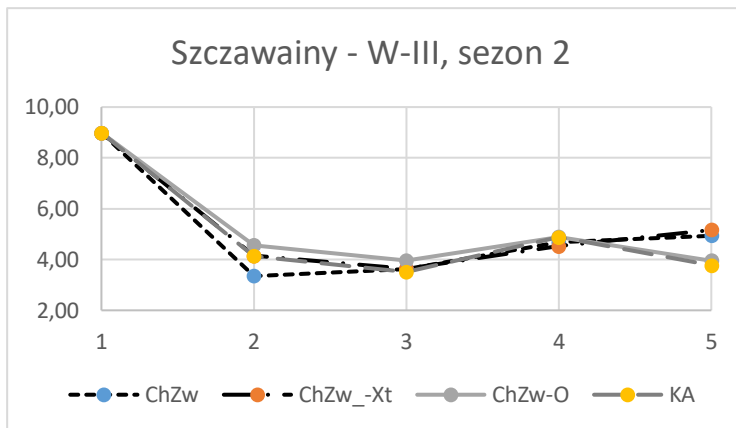
Rys. 43. Zmiany zawartości glutationu w owocach ( $\mu\text{g/g}$  ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



Rys. 44. Zmiany zawartości glutationu w owocach ( $\text{mg/g}$  ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.



Rys. 45. Zmiany zawartości szczawianów w owocach ( $\mu\text{g/g}$  ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant I, bez ozonowania owoców włożone do chłodni w kolejnym dniu po zbiorze.



Rys. 46. Zmiany zawartości szczawianów w owocach (mg/g ś.m.) w kolejnych terminach pomiarów (T1-T5), Wariant III, owoce bez ozonowania włożone w dniu zbioru do chłodni docelowej.

### Wpływu czasu i warunków przechowywania na aktywność antyoksydacyjną owoców minikiwi.

Podobnie jak w poprzednim sezonie aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z owoców wykonano metodami: ABTS, CUPRAC i jonami żelaza(II). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach.

Wyniki uzyskane w trakcie oznaczania zdolności do dezaktywacji kationorodników ABTS przedstawiono w tabeli 31. W terminie zbiorów T<sub>0</sub> uznanym za termin kontrolny mniejszą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w wariancie III (15,04 mg Troloxu/g liofilizatu), zaś większą w wariancie I (19,70 mg Troloxu/g liofilizatu). W tym terminie pod względem statystycznym próbki z wariantu I i III różniły się od siebie istotnie. Po czasie przechowywania T<sub>1</sub> najniższą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w próbce z wariantu I z kontrolowaną atmosferą (KA) – 6,89 mg Troloxu/g liofilizatu, najwyższą zdolność oznaczono w próbce z wariantu I przechowywanej w zwykłej chłodni (K-ChZ) – 11,84 mg Troloxu/g liofilizatu. Pod względem statystycznym próbki przechowywane w zwykłej chłodni oraz poddane dodatkowemu procesowi X-Trendy w obu wariantach nie różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny, zaś próbki przechowywane w chłodni z ozonowaniem (Ch-O) oraz próbki zapakowane w kontrolnej atmosferze (KA) w wariancie I i III różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny. W owocach pochodzących z kolejnego okresu przechowywania (T<sub>2</sub>) najniższą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w próbkach poddanych procesowi X-Trendy (X-T wariant III) – 6,41 mg Troloxu/g liofilizatu, zaś najwyższą wartość tego parametru uzyskano w próbkach przechowywanych w chłodni z ozonowaniem (Ch-O wariant III) – 10,19 mg Troloxu/g liofilizatu. Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała, że różnice statystycznie istotne nie występują między próbkami: Ch-O z wariantu I i III oraz KA z wariantu I i III. W czasie przechowywania T<sub>3</sub> najniższą zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS oznaczono w próbce KA w wariancie I – 5,28 mg Troloxu/g liofilizatu. Najwyższą zdolnością do dezaktywacji kationorodników ABTS w tym czasie wykazała się próbka K-ChZ w wariancie III uzyskując wartość 8,13 mg Troloxu/g liofilizatu. W analizowanym terminie zbioru próbki poddane różnym procesom dodatkowym różniły się między sobą statystycznie istotnie w zależności od wariantu przechowywania. Próbki przechowywane w czasie T<sub>4</sub> charakteryzowały się zdolnością do dezaktywacji kationorodników ABTS w zakresie od 1,35 mg Troloxu/g liofilizatu (KA wariant III) do 5,09 mg Troloxu/g liofilizatu (X-T wariant I). W analizowanym terminie zbioru podobnie, jak w czasie T<sub>3</sub>, próbki poddane różnym procesom dodatkowym różniły się między sobą statystycznie istotnie w zależności od wariantu przechowywania. W czasie T<sub>5</sub> najniższą zdolnością do dezaktywacji kationorodników ABTS charakteryzowały się próbki KA w wariancie I, dla których oznaczono tę zdolność na poziomie 0,65 mg Troloxu/g liofilizatu, zaś najwyższą zdolność wykazały próbki X-T w wariancie I (2,36 mg Troloxu/g liofilizatu). Analiza statystyczna wykazała, iż nie ma różnic statystycznie istotnych w próbkach K-ChZ i Ch-O w obu wariantach natomiast w próbkach X-T



i KA wykazano różnice statystycznie istotne pomiędzy zastosowanymi wariantami przechowywania. W czasie T<sub>6</sub> analizowano próbki Ch-O i KA w obu wariantach i uzyskano wyniki w zakresie od 0,87 mg Troloxu/g liofilizatu (KA wariant I) do 2,54 mg Troloxu/g liofilizatu (Ch-O wariant I). Analiza statystyczna wykazała, iż zastosowane warianty przechowywania różnią się od siebie w sposób istotnie statystyczny bez względu na zastosowany proces dodatkowy. W czasie T<sub>7</sub> badaniom poddano jedynie próbki KA w wariantach I i wariantach III, dla których zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS kształtowała się na poziomie odpowiednio 0,53 i 0,58 mg Troloxu/g liofilizatu. Próbkę nie różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny.

Analiza statystyczna wyników uzyskanych w poszczególnych czasach przechowywania zgodnie z wariantem I pozwoliła na uzyskanie 10 grup jednorodnych, natomiast próbki przechowywane zgodnie z wariantem III pogrupowane zostały na 11 grup jednorodnych.

Tabela 31. Zdolność badanych próbek do dezaktywacji kationorodników ABTS

Termin zbioru	Proces	Oznakowanie	Wariant I (owoce z chłodni bez ozonowania)				Oznakowanie	Wariant III (owoce bez chłodni)			
			Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	ABTS (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	ABTS (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD
T <sub>0</sub>	PK	T <sub>0</sub> I.1.1	17,6113	16,6877	16,8336	19,70 <sup>IB</sup> ± 2,65	T <sub>0</sub> III.1.1	15,6146	15,5660	15,4688	15,04 <sup>IA</sup> ± 1,61
		T <sub>0</sub> I.1.2	18,7509	19,0907	19,2849		T <sub>0</sub> III.1.2	16,5012	16,4526	16,7930	
		T <sub>0</sub> I.1.3	22,7476	23,2333	23,0390		T <sub>0</sub> III.1.3	13,0969	12,7565	13,0969	
T <sub>1</sub>	K-ChZ	T <sub>1</sub> I.1.1	11,4296	10,5067	11,0410	11,84 <sup>IA</sup> ± 1,67	T <sub>1</sub> III.1.1	10,8034	10,5118	10,3660	10,69 <sup>JK</sup> ± 0,24
		T <sub>1</sub> I.1.2	14,2990	13,9103	13,8617		T <sub>1</sub> III.1.2	10,4581	10,9439	10,7496	
		T <sub>1</sub> I.1.3	10,5654	10,3223	10,6141		T <sub>1</sub> III.1.3	10,8849	11,0305	10,4966	
	X-T	T <sub>1</sub> I.2.1	13,2819	13,8164	13,4277	10,27 <sup>HA</sup> ± 2,61	T <sub>1</sub> III.2.1	10,1206	10,6064	10,5578	10,29 <sup>JA</sup> ± 0,68
		T <sub>1</sub> I.2.2	11,6379	11,9297	12,0270		T <sub>1</sub> III.2.2	11,1382	11,3325	11,2839	
		T <sub>1</sub> I.2.3	7,7454	7,8913	7,5995		T <sub>1</sub> III.2.3	9,9652	9,4798	9,5284	
		T <sub>1</sub> I.2.4	8,0198	8,1653	7,6802		T <sub>1</sub> III.2.4	9,6231	0,1084	9,7687	
	Ch-O	T <sub>1</sub> I.3.1	9,5467	9,1576	9,0604	9,40 <sup>HA</sup> ± 0,30	T <sub>1</sub> III.3.1	12,4041	12,5985	12,7442	11,30 <sup>KB</sup> ± 1,00
		T <sub>1</sub> I.3.2	9,4889	9,5375	9,0517		T <sub>1</sub> III.3.2	10,2663	10,3635	10,5092	
		T <sub>1</sub> I.3.3	9,4662	9,9994	9,2723		T <sub>1</sub> III.3.3	10,9819	10,8849	10,9334	
	KA	T <sub>1</sub> I.4.1	6,1262	6,6597	6,2232	6,89 <sup>fgA</sup> ± 1,45	T <sub>1</sub> III.4.1	8,2663	8,2663	8,6061	8,66 <sup>IB</sup> ± 0,28
		T <sub>1</sub> I.4.2	5,5561	5,5561	5,6047		T <sub>1</sub> III.4.2	8,6546	8,5576	8,9459	
T <sub>1</sub> I.4.3		8,7918	8,5494	8,9373	T <sub>1</sub> III.4.3		8,6969	9,0850	8,8909		
T <sub>2</sub>	K-ChZ	T <sub>2</sub> I.1.1	7,8445	7,7473	7,5527	7,90 <sup>gA</sup> ± 0,22	T <sub>2</sub> III.1.1	8,6185	9,0560	9,0074	8,85 <sup>IB</sup> ± 0,67
		T <sub>2</sub> I.1.2	8,1052	7,9590	7,6666		T <sub>2</sub> III.1.2	7,9266	8,0236	8,3634	
		T <sub>2</sub> I.1.3	8,2624	8,0198	7,9713		T <sub>2</sub> III.1.3	9,5907	9,8824	9,2018	
	X-T	T <sub>2</sub> I.2.1	7,7005	7,7005	7,7491	7,95 <sup>gB</sup> ± 1,30	T <sub>2</sub> III.2.1	3,8144	4,2528	4,2041	6,41 <sup>eA</sup> ± 1,72
		T <sub>2</sub> I.2.2	8,2624	7,8257	8,2138		T <sub>2</sub> III.2.2	5,8921	5,6007	5,4549	
		T <sub>2</sub> I.2.3	9,9167	9,5284	9,7711		T <sub>2</sub> III.2.3	7,7098	7,7585	7,7585	
		T <sub>2</sub> I.2.4	6,4719	6,1321	6,1806		T <sub>2</sub> III.2.4	8,2178	8,3149	7,9751	
	Ch-O	T <sub>2</sub> I.3.1	10,9308	11,5130	11,2219	9,72 <sup>hA</sup> ± 1,24	T <sub>2</sub> III.3.1	9,8149	9,4753	9,5723	10,19 <sup>JA</sup> ± 0,66
		T <sub>2</sub> I.3.2	9,6162	9,5192	9,4222		T <sub>2</sub> III.3.2	10,2006	9,7155	10,1521	
		T <sub>2</sub> I.3.3	8,2643	8,3614	8,6040		T <sub>2</sub> III.3.3	10,4632	11,5323	10,7548	
	KA	T <sub>2</sub> I.4.1	8,5617	8,1732	8,1246	6,70 <sup>efA</sup> ± 1,78	T <sub>2</sub> III.4.1	6,1335	5,8421	5,6479	6,60 <sup>efA</sup> ± 0,85
		T <sub>2</sub> I.4.2	7,3979	7,5437	7,3008		T <sub>2</sub> III.4.2	6,0923	6,5785	6,1409	
T <sub>2</sub> I.4.3		4,1960	4,4391	4,5364	T <sub>2</sub> III.4.3		8,0702	7,2938	7,5850		
T <sub>3</sub>	K-ChZ	T <sub>3</sub> I.1.1	6,9172	6,8686	6,8200	6,46 <sup>efA</sup> ± 0,90	T <sub>3</sub> III.1.1	7,7996	8,2862	7,9943	8,13 <sup>hIB</sup> ± 0,21
		T <sub>3</sub> I.1.2	5,4090	5,2632	5,1660		T <sub>3</sub> III.1.2	8,2099	8,5494	8,1129	



	X-T	T_3 I 1.3	7,3405	7,0495	7,2920	5,72 <sup>deA</sup> ± 0,47	T_3 III 1.3	8,1442	7,9494	8,0955	7,31 <sup>fgB</sup> ± 0,67	
		T_3 I 2.1	5,7492	5,5062	5,4090		T_3 III 2.1	6,9675	7,0108	6,7244		
		T_3 I 2.2	6,5674	6,1306	6,5189		T_3 III 2.2	8,0275	7,7847	7,8818		
		T_3 I 2.3	5,8421	5,5508	5,6965		T_3 III 2.3	6,1335	6,7163	6,6677		
			T_3 I 2.4	5,1088	5,2543	5,3514		T_3 III 2.4	8,1129	8,0160	7,6765	
	Ch-O	T_3 I 3.1	4,8732	4,9704	4,8246	5,94 <sup>defA</sup> ± 0,81	T_3 III 3.1	6,0263	6,7050	6,1232	7,12 <sup>efgB</sup> ± 0,88	
		T_3 I 3.2	6,1806	6,2292	6,6661		T_3 III 3.2	8,1168	8,4079	8,0683		
		T_3 I 3.3	6,3687	6,7082	6,6112		T_3 III 3.3	7,2158	6,7779	6,6805		
	KA	T_3 I 4.1	5,9807	5,4956	5,4956	5,28 <sup>da</sup> ± 0,61	T_3 III 4.1	7,4879	7,4879	7,3908	7,72 <sup>ghB</sup> ± 0,80	
		T_3 I 4.2	4,4338	4,824	4,5309		T_3 III 4.2	9,3760	8,4059	8,1149		
		T_3 I 4.3	5,7395	5,7395	5,5940		T_3 III 4.3	7,4861	6,9524	6,8069		
	T_4	K-ChZ	T_4 I 1.1	5,4969	5,2543	5,5940	5,06 <sup>db</sup> ± 0,80	T_4 III 1.1	4,3821	4,3336	4,1880	3,95 <sup>da</sup> ± 0,38
T_4 I 1.2			4,0463	3,7548	4,2406	T_4 III 1.2		4,2375	3,9463	3,8007		
T_4 I 1.3			5,7033	5,7519	5,6547	T_4 III 1.3		3,9043	3,4181	3,3208		
X-T		T_4 I 2.1	5,8337	5,6398	5,8337	5,09 <sup>db</sup> ± 0,77	T_4 III 2.1	3,4592	3,2166	3,1681	3,81 <sup>da</sup> ± 0,75	
		T_4 I 2.2	5,8506	5,7047	5,9478		T_4 III 2.2	3,0269	2,9783	2,8326		
		T_4 I 2.3	4,1920	3,9977	4,2892		T_4 III 2.3	4,1910	4,3367	4,4338		
		T_4 I 2.4	4,7207	4,6236	4,4296		T_4 III 2.4	4,5850	4,7795	4,6822		
Ch-O		T_4 I 3.1	2,2987	1,5697	1,6669	1,95 <sup>bca</sup> ± 0,40	T_4 III 3.1	3,8052	3,2221	3,5622	3,88 <sup>db</sup> ± 0,39	
		T_4 I 3.2	1,5215	1,6673	1,6673		T_4 III 3.2	3,8977	3,8007	3,7036		
		T_4 I 3.3	2,4451	2,4937	2,2020		T_4 III 3.3	4,5277	4,2365	4,1880		
KA		T_4 I 4.1	2,1048	1,7645	2,1048	1,94 <sup>bcb</sup> ± 0,37	T_4 III 4.1	1,4729	1,0354	0,9868	1,35 <sup>ba</sup> ± 0,25	
		T_4 I 4.2	1,5686	1,5200	1,4229		T_4 III 4.2	1,6653	1,3740	1,7139		
	T_4 I 4.3	2,3919	2,2463	2,2948	T_4 III 4.3		1,3267	1,3753	1,2295			
T_5	K-ChZ	T_5 I 1.1	1,2735	0,9830	1,0314	2,08 <sup>ca</sup> ± 0,92	T_5 III 1.1	2,7321	2,4410	2,3439	2,28 <sup>ca</sup> ± 0,23	
		T_5 I 1.2	3,4099	3,1674	2,9733		T_5 III 1.2	2,0503	2,1472	2,2442		
		T_5 I 1.3	1,9562	2,0047	1,9076		T_5 III 1.3	2,3970	2,2512	1,9594		
	X-T	T_5 I 2.1	2,0037	1,5671	1,7611	2,36 <sup>cb</sup> ± 0,56	T_5 III 2.1	3,1271	3,2244	3,1271	1,80 <sup>bca</sup> ± 0,93	
		T_5 I 2.2	3,4584	2,9248	3,1674		T_5 III 2.2	2,1058	1,7654	2,1058		
		T_5 I 2.3	2,1534	2,1534	2,2506		T_5 III 2.3	0,7921	0,9865	0,8893		
		T_5 I 2.4	2,5382	2,1983	2,1983		T_5 III 2.4	1,2295	1,0837	1,1323		
	Ch-O	T_5 I 3.1	2,0076	1,9104	1,7159	1,56 <sup>abca</sup> ± 0,30	T_5 III 3.1	1,6148	1,5663	1,2754	1,93 <sup>bca</sup> ± 0,48	
		T_5 I 3.2	1,6164	1,2766	1,1798		T_5 III 3.2	2,3919	2,5859	2,4889		
		T_5 I 3.3	1,6681	1,2791	1,3763		T_5 III 3.3	2,1534	1,8131	1,5215		
	KA	T_5 I 4.1	1,2766	1,1310	1,3737	0,65 <sup>aA</sup> ± 0,54	T_5 III 4.1	1,9627	1,6705	1,6218	2,13 <sup>cb</sup> ± 0,42	
		T_5 I 4.2	0,06930	0,5960	0,5960		T_5 III 4.2	2,7315	2,4404	2,4889		
T_5 I 4.3		0,2090	0	0,0146	T_5 III 4.3		2,4883	2,1003	1,6637			

PK – próbki kontrolne; K-ChZ – Kontrola – chłodnia zwykła; X-T– X-Trendy; Ch-O – Chłodnia+ozon; KA – Kontrolowana atmosfera

Wyniki uzyskane w trakcie oznaczania aktywności przeciwutleniającej metodą CUPRAC przedstawiono w tabeli 32. Próbkę kontrolną (T<sub>0</sub>) charakteryzowały się aktywnością przeciwutleniającą w granicach od 30,80 mg Troloxu/g liofilizatu (owoce przechowywane zgodnie z wariantem III) do 42,88 mg Troloxu/g liofilizatu (owoce przechowywane zgodnie z wariantem I). Analiza statystyczna wyników uzyskanych dla próbek kontrolnych wykazała, iż różnią się one między sobą w sposób statystycznie istotny. W czasie T<sub>1</sub> najniższą aktywność przeciwutleniającą oznaczono w próbce KA z wariantu III (18,34 mg Troloxu/g liofilizatu), zaś najwyższą w próbce kontrolnej przechowywanej zgodnie z wariantem III (26,24 mg Troloxu/g liofilizatu). Pod względem statystycznym próbki przechowywane w obu wariantach nie różniły się między sobą istotnie statystycznie.

Po początkowych, nieznacznych wahaniami wyraźną stratę zdolności redukcyjnej zaobserwowano po 5 tygodniach przechowywania (czas T<sub>4</sub>). Pomimo braku znaczącego zróżnicowania statystycznego





zebrane dane uwidoczniają tendencje wskazujące na większą skuteczność przechowywania w chłodni zwykłej i w obecności acetyleny (K-ChZ i X-T) w przypadku owoców chłodzonych po zbiorze, zaś przede wszystkim przechowywanych w obecności acetyleny (X-T) i w kontrolowanej atmosferze (KA) w przypadku owoców niechłodzonych po zbiorze.

Tabela 32. Aktywność przeciwutleniająca badanych próbek oznaczona metoda CUPRAC

Termin zbioru	Proces	Oznakowanie	Wariant I (owoce z chłodni bez ozonowania)				Oznakowanie	Wariant III (owoce bez chłodni)				
			Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	CUPRAC (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	CUPRAC (mg Troloxu/g liofilizatu) ± SD	
T_0	PK	T_0 I 1.1	36,8588	37,0454	37,1200	42,88 <sup>kB</sup> ± 6,26	T_0 III 1.1	32,7087	33,0445	32,7833	30,80 <sup>kA</sup> ± 3,77	
		T_0 I 1.2	40,4204	40,7930	40,8303		T_0 III 1.2	33,6657	33,8150	33,7403		
		T_0 I 1.3	51,2639	50,8910	50,7045		T_0 III 1.3	26,1238	25,3025	25,9745		
T_1	K-ChZ	T_1 I 1.1	21,2074	21,3565	21,4684	22,83 <sup>iA</sup> ± 3,59	T_1 III 1.1	26,4035	26,4035	26,6273	26,24 <sup>jA</sup> ± 3,89	
		T_1 I 1.2	27,4415	27,4415	27,6653		T_1 III 1.2	23,5940	23,4075	23,6686		
		T_1 I 1.3	19,7347	19,5854	19,5854		T_1 III 1.3	25,1361	36,0518	24,9125		
	X-T	T_1 I 2.1	25,8056	25,9185	25,6200	23,41 <sup>ijA</sup> ± 1,57	T_1 III 2.1	22,4423	22,5926	22,6299	24,00 <sup>hiA</sup> ± 1,81	
		T_1 I 2.2	22,7263	22,9876	22,9130		T_1 III 2.2	25,8314	26,1298	26,3162		
		T_1 I 2.3	21,5264	21,6383	21,8250		T_1 III 2.3	22,0864	21,8628	22,1982		
		T_1 I 2.4	23,2305	23,2677	23,4167		T_1 III 2.4	25,1361	25,5086	25,1361		
	Ch-O	T_1 I 3.1	25,7505	25,7505	25,7505	25,30 <sup>iA</sup> ± 0,43	T_1 III 3.1	28,2248	28,0756	28,0010	25,53 <sup>ijA</sup> ± 1,94	
		T_1 I 3.2	24,5694	24,8305	24,9797		T_1 III 3.2	24,7559	24,3456	24,4948		
		T_1 I 3.3	25,4408	25,2548	25,4036		T_1 III 3.3	23,9066	24,0929	23,9066		
	KA	T_1 I 4.1	19,3895	18,7937	19,2033	18,82 <sup>hA</sup> ± 2,30	T_1 III 4.1	19,5525	19,5897	19,7761	18,34 <sup>gA</sup> ± 1,36	
		T_1 I 4.2	16,2221	15,8862	15,9982		T_1 III 4.2	18,9190	18,5463	18,8445		
		T_1 I 4.3	21,1718	21,6579	24,3951		T_1 III 4.3	16,5222	16,5967	16,6711		
	T_2	K-ChZ	T_2 I 1.1	15,8192	15,4831	18,5952	15,42 <sup>fgA</sup> ± 0,76	T_2 III 1.1	24,6932	24,7678	24,6932	23,61 <sup>hib</sup> ± 0,84
			T_2 I 1.2	16,0031	16,2651	16,2276		T_2 III 1.2	23,0180	23,2416	22,9062	
T_2 I 1.3			14,4776	14,3659	14,5521	T_2 III 1.3		23,1259	22,9393	23,0885		
X-T		T_2 I 2.1	13,5449	13,3209	13,5076	14,09 <sup>efA</sup> ± 3,02	T_2 III 2.1	13,2653	13,3775	13,1157	17,20 <sup>fgB</sup> ± 3,28	
		T_2 I 2.2	14,1051	14,2914	14,1796		T_2 III 2.2	15,3527	15,1289	15,2789		
		T_2 I 2.3	18,5463	18,4346	18,2482		T_2 III 2.3	19,0949	18,0575	18,9080		
		T_2 I 2.4	10,3507	10,2762	10,2389		T_2 III 2.4	21,5275	20,8940	21,4529		
Ch-O		T_2 I 3.1	18,9472	19,2824	18,9844	16,66 <sup>gA</sup> ± 1,96	T_2 III 3.1	21,7406	21,8151	21,9269	23,30 <sup>hib</sup> ± 0,52	
		T_2 I 3.2	16,5555	16,1832	16,2204		T_2 III 3.2	21,7354	21,5120	21,0651		
		T_2 I 3.3	14,4811	14,7419	14,5556		T_2 III 3.3	26,5154	26,7393	26,6646		
KA		T_2 I 4.1	13,1866	12,8884	12,8511	13,57 <sup>efA</sup> ± 0,47	T_2 III 4.1	20,9040	21,0904	21,0904	22,76 <sup>hB</sup> ± 2,08	
		T_2 I 4.2	13,7119	13,7865	13,7119		T_2 III 4.2	21,7130	21,9757	21,8996		
		T_2 I 4.3	14,0983	13,8744	14,0237		T_2 III 4.3	25,5086	25,7694	25,2106		
T_3		K-ChZ	T_3 I 1.1	19,7673	19,6180	19,8419	19,17 <sup>hA</sup> ± 3,05	T_3 III 1.1	16,2750	16,4244	16,4244	17,19 <sup>fgA</sup> ± 1,37
			T_3 I 1.2	15,1735	15,5466	15,4720		T_3 III 1.2	16,0715	16,2576	16,2204	
	T_3 I 1.3		22,5228	22,4111	22,1876	T_3 III 1.3		19,0857	18,9363	19,0110		
	X-T	T_3 I 2.1	14,9870	14,8377	15,1362	14,22 <sup>efA</sup> ± 2,41	T_3 III 2.1	7,7155	7,8648	7,7528	14,76 <sup>eA</sup> ± 4,59	
		T_3 I 2.2	17,2794	17,2048	17,2421		T_3 III 2.2	16,5420	17,2504	17,3249		
		T_3 I 2.3	13,7459	13,7832	13,9696		T_3 III 2.3	17,1013	17,2131	17,3249		
		T_3 I 2.4	10,6785	10,9392	10,9020		T_3 III 2.4	16,7416	17,0767	17,1883		
	Ch-O	T_3 I 3.1	10,2836	9,9479	10,3209	12,09 <sup>deA</sup> ± 1,44	T_3 III 3.1	15,8443	15,9188	16,0676	16,76 <sup>efgB</sup> ± 1,80	
		T_3 I 3.2	12,9971	13,1107	13,3326		T_3 III 3.2	19,3941	18,9472	19,0216		
		T_3 I 3.3	12,7612	12,9474	13,0219		T_3 III 3.3	15,0050	15,1918	15,4906		



T <sub>4</sub>	KA	T <sub>3</sub> I 4.1	11,4579	11,3090	11,3462	9,52 <sup>bcA</sup> ± 1,64	T <sub>3</sub> III 4.1	17,8733	17,9086	17,9086	16,82 <sup>efgB</sup> ± 1,77
		T <sub>3</sub> I 4.2	7,7808	7,6316	7,3707		T <sub>3</sub> III 4.2	18,1979	18,0862	18,2723	
		T <sub>3</sub> I 4.3	9,5611	9,7101	9,5611		T <sub>3</sub> III 4.3	14,4031	14,6266	14,3659	
	K-ChZ	T <sub>4</sub> I 1.1	9,4866	9,9336	10,1198	10,59 <sup>cdA</sup> ± 0,70	T <sub>4</sub> III 1.1	12,3948	11,6869	11,9850	10,97 <sup>dA</sup> ± 0,82
		T <sub>4</sub> I 1.2	10,3557	10,6540	10,6540		T <sub>4</sub> III 1.2	10,2364	10,4228	10,6836	
		T <sub>4</sub> I 1.3	11,6348	11,0375	11,4108		T <sub>4</sub> III 1.3	10,4403	10,4776	10,3657	
	X-T	T <sub>4</sub> I 2.1	11,0084	10,5989	11,0829	9,39 <sup>bcA</sup> ± 1,64	T <sub>4</sub> III 2.1	6,6559	7,6988	8,0340	9,62 <sup>cdA</sup> ± 2,24
		T <sub>4</sub> I 2.2	10,7788	11,2269	10,8162		T <sub>4</sub> III 2.2	7,4861	7,7472	7,5234	
		T <sub>4</sub> I 2.3	7,2978	7,9691	7,2605		T <sub>4</sub> III 2.3	11,3225	11,3225	11,1734	
T <sub>4</sub> I 2.4		8,4065	7,9595	8,2947	T <sub>4</sub> III 2.4		11,9707	12,5306	11,9707		
Ch-O	T <sub>4</sub> I 3.1	10,3607	10,3980	10,5099	9,14 <sup>bcA</sup> ± 1,44	T <sub>4</sub> III 3.1	10,3234	10,1368	9,9503	10,52 <sup>dB</sup> ± 0,78	
	T <sub>4</sub> I 3.2	8,0868	7,2658	7,2658		T <sub>4</sub> III 3.2	9,6402	9,9383	10,1247		
	T <sub>4</sub> I 3.3	10,0273	10,3258	8,0121		T <sub>4</sub> III 3.3	11,5379	11,6869	11,3889		
KA	T <sub>4</sub> I 4.1	8,9078	9,2063	9,3183	7,53 <sup>abA</sup> ± 1,52	T <sub>4</sub> III 4.1	8,4226	8,8331	8,4973	8,05 <sup>bcA</sup> ± 0,74	
	T <sub>4</sub> I 4.2	7,7435	7,7435	7,8180		T <sub>4</sub> III 4.2	8,3753	8,7480	8,3007		
	T <sub>4</sub> I 4.3	5,7247	5,4268	5,8737		T <sub>4</sub> III 4.3	6,8909	7,1894	7,1894		
T <sub>5</sub>	K-ChZ	T <sub>5</sub> I 1.1	7,3495	7,4610	7,3123	9,61 <sup>bcA</sup> ± 1,79	T <sub>5</sub> III 1.1	12,7673	12,5066	12,8419	15,02 <sup>efB</sup> ± 1,84
		T <sub>5</sub> I 1.2	11,5324	11,4952	11,3462		T <sub>5</sub> III 1.2	15,4312	15,3568	15,6545	
		T <sub>5</sub> I 1.3	9,7893	10,0501	10,1247		T <sub>5</sub> III 1.3	17,0098	16,9352	16,6366	
	X-T	T <sub>5</sub> I 2.1	8,1085	8,4065	8,4065	10,62 <sup>cdA</sup> ± 1,43	T <sub>5</sub> III 2.1	15,9312	15,8565	18,7818	9,77 <sup>cdA</sup> ± 4,51
		T <sub>5</sub> I 2.2	11,3462	11,1600	10,9738		T <sub>5</sub> III 2.2	11,7122	11,7869	11,8616	
		T <sub>5</sub> I 2.3	12,0798	11,7439	11,7439		T <sub>5</sub> III 2.3	4,9882	5,2494	5,3240	
		T <sub>5</sub> I 2.4	11,1654	11,2399	11,0164		T <sub>5</sub> III 2.4	6,2194	6,1075	6,4059	
	Ch-O	T <sub>5</sub> I 3.1	6,7433	6,8553	6,5194	5,56 <sup>aA</sup> ± 0,94	T <sub>5</sub> III 3.1	5,3869	5,7592	5,6103	8,04 <sup>bcB</sup> ± 2,09

PK – próbki kontrolne; K-ChZ – Kontrola – chłodnia zwykła; X-T – X-Trendy; Ch-O – Chłodnia+ozon; KA – Kontrolowana atmosfera

Wyniki uzyskane w trakcie oznaczania zdolności składników ekstraktów do chelatowania prooksydacyjnych jonów żelaza(II) przedstawiono w tabeli 33. Próbkę kontrolne (T<sub>0</sub>) w obu analizowanych wariantach cechowały się zdolnością wiązania Fe(II) na poziomie poniżej granicy oznaczalności metody. Podobną zdolność do chelatowania jonów żelaza(II) wykazywały ekstrakty uzyskane z owoców przechowywanych przez 5 tygodni (do czasu T<sub>4</sub>). Dopiero po tym czasie nastąpił zauważalny wzrost badanej właściwości we wszystkich analizowanych próbkach. Próbkę przechowywane najdłużej wykazywały się wysokimi zdolnościami chelatującymi, sięgającymi nawet 5 μmol/g liofilizatu.

Tabela 33. Zdolność badanych próbek do chelatowania jonów Fe(II)

Termin zbioru	Proces	Oznakowanie	Wariant I (owoce z chłodni bez ozonowania)				Oznakowanie	Wariant III (owoce bez chłodni)			
			Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	Średnia (μmole Fe(II)/g liofilizatu) ± SD		Powtórzenie 1	Powtórzenie 2	Powtórzenie 3	Średnia (μmole Fe(II)/g liofilizatu) ± SD
T <sub>0</sub>	PK	T <sub>0</sub> I 1.1	-0,7483	-0,8085	-0,7283	nw.	T <sub>0</sub> III 1.1	-1,4996	-1,6299	-1,5097	nw.
		T <sub>0</sub> I 1.2	-1,1576	-1,1676	-1,2376		T <sub>0</sub> III 1.2	-1,4807	-1,3704	-1,3704	
		T <sub>0</sub> I 1.3	-1,3988	-1,5390	-1,3888		T <sub>0</sub> III 1.3	-0,9893	-0,9793	-1,0595	
T <sub>1</sub>	K-ChZ	T <sub>1</sub> I 1.1	-1,1384	-1,2385	-1,1485	nw.	T <sub>1</sub> III 1.1	-1,3393	-1,4195	-1,3493	nw.
		T <sub>1</sub> I 1.2	-1,5994	-1,3490	-1,3390		T <sub>1</sub> III 1.2	-0,9982	-0,8980	-0,8580	
		T <sub>1</sub> I 1.3	-1,1295	-1,0793	-1,1295		T <sub>1</sub> III 1.3	-0,9772	-1,0272	-1,0572	
	X-T	T <sub>1</sub> I 2.1	-1,2892	-1,2792	-1,2592	nw.	T <sub>1</sub> III 2.1	-1,3089	-1,1787	-1,2789	nw.



T <sub>2</sub>	Ch-O	T <sub>1</sub>   2.2	-1,5007	-1,3603	-1,4606	nw.	T <sub>1</sub>   III 2.2	-1,2085	-1,2786	-1,2786	nw.
		T <sub>1</sub>   2.3	-0,4979	-0,4578	-0,5180		T <sub>1</sub>   III 2.3	-1,2777	-1,1976	-1,2877	
		T <sub>1</sub>   2.4	-1,2671	-1,3071	-1,3071		T <sub>1</sub>   III 2.4	-0,9572	-1,0773	-0,9972	
	KA	T <sub>1</sub>   3.1	-1,0295	-1,1598	-1,0395	nw.	T <sub>1</sub>   III 3.1	-0,6077	-0,6979	-0,6578	nw.
		T <sub>1</sub>   3.2	-1,3991	-1,4191	-1,4592		T <sub>1</sub>   III 3.2	-1,0986	-1,2488	-1,1286	
		T <sub>1</sub>   3.3	-1,2159	-1,1359	-1,3358		T <sub>1</sub>   III 3.3	-0,9072	-0,8972	-0,8271	
	K-ChZ	T <sub>1</sub>   4.1	-1,2467	-1,2567	-1,2467	nw.	T <sub>1</sub>   III 4.1	-1,1276	-1,1576	-1,2176	nw.
		T <sub>1</sub>   4.2	-1,1091	-1,0290	-1,1192		T <sub>1</sub>   III 4.2	-0,7673	-0,6672	-0,7573	
		T <sub>1</sub>   4.3	-1,2464	-1,3264	-1,2365		T <sub>1</sub>   III 4.3	-0,6767	-0,7867	-0,7967	
T <sub>2</sub>	K-ChZ	T <sub>2</sub>   1.1	-0,9893	-0,8891	-0,8690	nw.	T <sub>2</sub>   III 1.1	-0,9889	-1,0290	-1,0189	nw.
		T <sub>2</sub>   1.2	-0,7503	-0,5695	-0,6498		T <sub>2</sub>   III 1.2	-0,5771	-0,6572	-0,6372	
		T <sub>2</sub>   1.3	-0,5769	-0,6069	-0,5969		T <sub>2</sub>   III 1.3	-0,8385	-0,9287	-0,9588	
	X-T	T <sub>2</sub>   2.1	-0,3176	0,3878	-0,4480	nw.	T <sub>2</sub>   III 2.1	-0,9609	-0,8906	-0,9006	nw.
		T <sub>2</sub>   2.2	-0,4568	-0,3368	-0,3468		T <sub>2</sub>   III 2.2	-0,5976	-0,5275	-0,5475	
		T <sub>2</sub>   2.3	-0,5271	-0,4470	-0,4470		T <sub>2</sub>   III 2.3	-1,1213	-1,1816	-1,1514	
	Ch-O	T <sub>2</sub>   2.4	0,1234	-0,0467	0,0634	nw.	T <sub>2</sub>   III 2.4	-0,7573	-0,7072	-0,7072	nw.
		T <sub>2</sub>   3.1	-0,6869	-0,8469	-0,7369		T <sub>2</sub>   III 3.1	-0,9970	-0,9370	-0,9070	
		T <sub>2</sub>   3.2	-0,6266	-0,3566	-0,4766		T <sub>2</sub>   III 3.2	-0,7567	-0,8667	-0,7467	
	KA	T <sub>2</sub>   3.3	-0,5370	-0,4970	-0,5270	nw.	T <sub>2</sub>   III 3.3	-0,6680	-0,7782	-0,8083	nw.
		T <sub>2</sub>   4.1	-0,6175	-0,7076	-0,6275		T <sub>2</sub>   III 4.1	-1,5086	-1,3484	-1,2883	
		T <sub>2</sub>   4.2	-0,6677	-0,6977	-0,6477		T <sub>2</sub>   III 4.2	-0,9390	-0,9891	-0,9390	
T <sub>3</sub>	K-ChZ	T <sub>2</sub>   4.3	-0,2373	-0,2447	-0,2573	nw.	T <sub>2</sub>   III 4.3	-1,1373	-1,1273	-1,2373	nw.
		T <sub>3</sub>   1.1	-1,6102	-1,4900	-1,5100		T <sub>3</sub>   III 1.1	-0,8795	-0,9597	-0,8694	
		T <sub>3</sub>   1.2	-0,6580	-0,6780	-0,6780		T <sub>3</sub>   III 1.2	-0,4466	-0,4666	-0,4766	
X-T	T <sub>3</sub>   1.3	-1,0170	-0,9570	-1,0270	nw.	T <sub>3</sub>   III 1.3	-1,0907	-1,0706	-1,1208	nw.	
	T <sub>3</sub>   2.1	-0,5478	-0,5678	-0,5578		T <sub>3</sub>   III 2.1	-0,6483	-0,3776	0,4177		
	T <sub>3</sub>   2.2	-0,2569	-0,1568	-0,1668		T <sub>3</sub>   III 2.2	0,7242	0,5239	0,5239		
Ch-O	T <sub>3</sub>   2.3	0,5239	0,4639	0,5540	nw.	T <sub>3</sub>   III 2.3	-0,3772	-0,2971	-0,3571	nw.	
	T <sub>3</sub>   2.4	-0,1968	-0,2168	-0,2668		T <sub>3</sub>   III 2.4	-0,2367	-0,1767	-0,2467		
	T <sub>3</sub>   3.1	10,150	1,1052	0,9750		T <sub>3</sub>   III 3.1	-0,5664	-0,7464	-0,6664		
KA	T <sub>3</sub>   3.2	-1,1679	-1,1679	-1,1178	nw.	T <sub>3</sub>   III 3.2	-0,6448	-0,3568	-0,4468	nw.	
	T <sub>3</sub>   3.3	-0,9367	-1,1967	-1,1567		T <sub>3</sub>   III 3.3	-0,7892	-0,8694	-0,7691		
	T <sub>3</sub>   4.1	-0,5867	-0,5567	-0,5267		T <sub>3</sub>   III 4.1	-0,9272	-1,1573	-1,0172		
T <sub>4</sub>	K-ChZ	T <sub>3</sub>   4.2	-0,2770	-0,3171	-0,3571	nw.	T <sub>3</sub>   III 4.2	-1,0267	-0,8767	-0,9467	nw.
		T <sub>3</sub>   4.3	0,1233	0,1133	0,0533		T <sub>3</sub>   III 4.3	-1,0570	-0,9270	-1,1570	
		T <sub>4</sub>   1.1	2,7341	2,8341	2,7441		2,413 <sup>bB</sup> ± 0,594	T <sub>4</sub>   III 1.1	1,1439	0,9738	
T <sub>4</sub>   1.2	2,8575	2,8575	2,8575	T <sub>4</sub>   III 1.2	0,8239	1,0541		0,9740			
T <sub>4</sub>   1.3	1,5671	1,6473	1,6573	T <sub>4</sub>   III 1.3	0,3943	0,4544		0,3441			
X-T	T <sub>4</sub>   2.1	1,0431	0,9231	1,0331	1,458 <sup>aA</sup> ± 0,289	T <sub>4</sub>   III 2.1	2,0239	2,2239	2,0539	2,163 <sup>bCB</sup> ± 0,341	
	T <sub>4</sub>   2.2	1,4873	1,4672	1,5675		T <sub>4</sub>   III 2.2	1,6962	1,7363	1,6662		
	T <sub>4</sub>   2.3	1,5957	1,6157	1,6658		T <sub>4</sub>   III 2.3	2,4664	2,6366	2,6666		
Ch-O	T <sub>4</sub>   2.4	1,7038	1,7338	1,6638	1,517 <sup>aA</sup> ± 0,534	T <sub>4</sub>   III 2.4	2,2789	2,2388	2,2688	2,004 <sup>bCB</sup> ± 0,262	
	T <sub>4</sub>   3.1	0,8450	0,7548	0,8550		T <sub>4</sub>   III 3.1	1,7467	1,6866	1,7567		
	T <sub>4</sub>   3.2	1,7572	1,7371	1,7872		T <sub>4</sub>   III 3.2	2,3151	2,3451	2,3050		
KA	T <sub>4</sub>   3.3	1,9275	2,0478	1,9376	1,657 <sup>aB</sup> ± 0,531	T <sub>4</sub>   III 3.3	1,8743	1,9743	2,0344	0,400 <sup>aA</sup> ± 0,281	
	T <sub>4</sub>   4.1	2,2382	2,2883	2,3084		T <sub>4</sub>   III 4.1	0,6748	0,6748	0,6648		
	T <sub>4</sub>   4.2	1,5853	1,6654	1,6553		T <sub>4</sub>   III 4.2	-0,0167	0,0634	0,0934		
T <sub>5</sub>	K-ChZ	T <sub>4</sub>   4.3	0,9936	1,1336	1,0436	1,652 <sup>aA</sup> ± 0,914	T <sub>4</sub>   III 4.3	0,4542	0,4341	0,5544	1,705 <sup>bA</sup> ± 0,440
		T <sub>5</sub>   1.1	2,1098	2,0699	2,0400		T <sub>5</sub>   III 1.1	1,7242	1,6241	1,6341	
		T <sub>5</sub>   1.2	2,3934	2,4534	2,4434		T <sub>5</sub>   III 1.2	1,2824	1,1425	1,2524	
	X-T	T <sub>5</sub>   1.3	0,3436	0,4637	0,5537	T <sub>5</sub>   III 1.3	2,2989	2,388	2,1485	2,986 <sup>dB</sup>	
T <sub>5</sub>   2.1	1,2436	1,1936	1,2336	T <sub>5</sub>   III 2.1	2,9612	2,8810	2,9813				



		T_5 I 2.2	1,7334	1,6134	1,5534	1,991 <sup>abA</sup> ± 0,662	T_5 III 2.2	2,9111	2,8509	2,9211	± 0,212
		T_5 I 2.3	2,8796	2,8796	2,9598		T_5 III 2.3	2,6886	2,8389	2,8589	
		T_5 I 2.4	2,1844	2,1844	2,2345		T_5 III 2.4	3,2697	3,3699	3,2998	
	Ch-O	T_5 I 3.1	2,1380	2,0278	2,0478	2,404 <sup>abA</sup> ± 0,777	T_5 III 3.1	2,8727	3,0127	2,9627	3,290 <sup>dB</sup> ± 0,408
		T_5 I 3.2	3,3959	3,4559	3,4059		T_5 III 3.2	3,6643	3,8844	3,8744	
		T_5 I 3.3	1,7079	1,7680	1,6878		T_5 III 3.3	3,1502	3,1903	2,9999	
	KA	T_5 I 4.1	1,5745	1,5245	1,5445	1,599 <sup>abA</sup> ± 0,350	T_5 III 4.1	1,7003	1,7605	1,6903	2,339 <sup>dB</sup> ± 0,971
		T_5 I 4.2	1,2621	1,2222	1,2222		T_5 III 4.2	1,7238	1,6338	1,6438	
		T_5 I 4.3	1,8169	2,1375	2,0874		T_5 III 4.3	3,6434	3,6134	3,6434	

PK – próbki kontrolne; K-ChZ – Kontrola – chłodnia zwykła; X-T – X-Trendy; Ch-O – Chłodnia+ozon; KA – Kontrolowana atmosfera.

Badany materiał cechował się dużą niejednorodnością, dzięki czemu ekstrakty pochodzące z poszczególnych prób pobieranych z przechowywanego materiału cechowały dość zróżnicowane właściwości. Co za tym idzie, wartości uzyskiwane na podstawie spójnych danych otrzymanych dla poszczególnych prób cechował duży rozrzut pomiędzy skrajnymi wynikami, zaś obliczone wartości średnie – stosunkowo nieznaczne zróżnicowanie statystyczne.

Lepszymi początkowymi właściwościami przeciwutleniającymi, rozumianymi w węższym zakresie jako zdolność dezaktywacji rodników i zdolność redukcyjna, charakteryzowały się owoce pochodzące z chłodni bez ozonowania, a gorszymi – bez chłodni. Aktywność ta początkowo ulegała pewnym wahaniom (w sposób uzależniony od metody przechowywania), by ostatecznie ulec powolnemu zmniejszeniu. Niemniej jednak można wskazać pewne tendencje. Zwykle najgorzej działającą przeciwrodnikowo próbką była próbka z chłodni bez ozonowania przechowywana w kontrolowanej atmosferze (często ta aktywność była poparta także nieznaczną aktywnością drugiej próbki przechowywanej w kontrolowanej atmosferze). Najwyższe wartości jednak odnotowywano na ogół także wśród innych próbek z chłodni bez ozonowania. Ta metoda obróbki najbardziej więc różnicowała próbki pod względem aktywności przeciwrodnikowej. Taka sama obserwacja została poczyniona w przypadku badań mającej istotny wpływ na ogólne właściwości przeciwutleniające zdolności redukcyjnej (CUPRAC), lecz jedynie w kontekście najgorzej działających wariantów.

Zdolność wiązania prooksydacyjnych jonów żelaza(II) składników aktywnych wydzielanych z próbek była początkowo bardzo niska, lecz bardzo wzrastała w wyniku dłuższego przechowywania.

Przechowywanie badanego materiału powoduje z jednej strony utratę natywnych składników przeciwrodnikowych i cechujących się dużą zdolnością redukcyjną w sposób częściowo uzależniony od traktowania po zbiorze i metody przechowywania, zaś z drugiej strony przemiany korzystne dla zdolności chelatowania jonów żelaza(II). Daje to możliwość wskazania najkorzystniejszego z punktu widzenia badanych wartości prozdrowotnych badanych owoców czasu i wariantu przechowywania, jednak ze względu na niejednorodność wyników (zmienne tendencje, szczególnie w kontekście próbek wyróżniających się na korzyść) powinno to wynikać z szerszej analizy, obejmującej wpływ przechowywania na inne składniki owoców oraz koszty generowane przez poszczególne metody przechowywania lub ich dostępność.

## Badania sensoryczne – sezon 2

Podobnie jak w sezonie 1 ceniano owoce będące w stanie dojrzałości konsumpcyjnej.

- Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi poddanych różnym procedurom pozbiornym oraz warunkom długotrwałego przechowywania chłodniczego

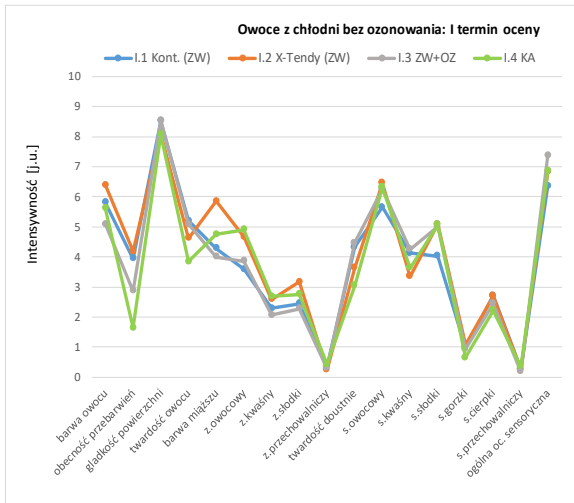
## Profil sensoryczny owoców w pierwszym etapie doświadczenia (I termin oceny)



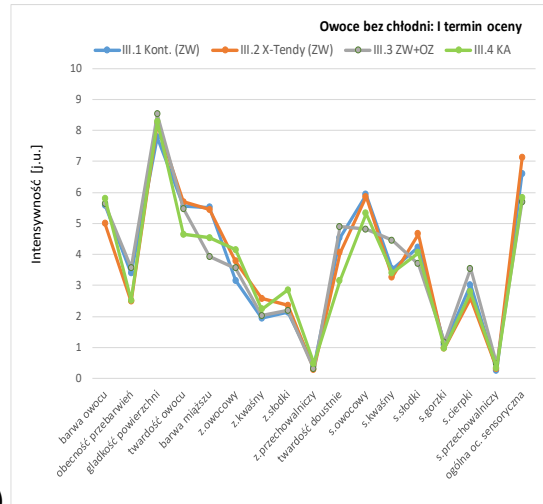
Wyniki średnie z oceny sensorycznej owoców minikiwi z uwzględnieniem postępowania pozbiorniczego zostały przedstawione w Tabeli 34 oraz na rysunkach 45 (A-B).

*I kombinacja: Owoce z chłodni bez ozonowania (Tabela 34, Rys 45A).* Analizowane próbki różniły się w wyglądzie zewnętrznym pod względem barwy, obecności przebarwień, twardości owocu oraz barwy miąższu. Zakres zmian w intensywności barwy wynosił od 5,09 (I.3 ZW+OZ) do 6,38 j.u. (I.2 (X-Tendy)). W przypadku obecności przebarwień najniższą wartość oceny odnotowano dla próbki I.4 (KA) a najwyższą dla wariantu I.2 (X-Tendy). Twardość owocu postrzegana wizualnie wahała się od 3,84 I.4 (KA) do 5,20 j.u. (I.1 Kontr). Natomiast zmiany w barwie miąższu były na poziomie od 4,00 (I.3 ZW+OZ) do 5,86 (I.2 j.u. X-Tendy). Gładkość powierzchni owoców utrzymywała się na stosunkowo zbliżonym poziomie. W profilu zapachowym badane próbki były przede wszystkim owocowe (3,59-4,66 j.u.). Natężenie zapachu słodkiego i owocowego utrzymywało się odpowiednio w granicach 2,06 (I.3) - 2,69 (I.4) oraz 2,28 (I.3) - 3,16 j.u. I.2). Intensywność zapachu przechowalniczego nie przekraczała 0,5 j.u. na skali. W ocenie doustnej konsystencji, owoce minikiwi postrzegano jako średnio twarde (3,04-4,47 j.u.). Analogicznie jak w profilu zapachowym, intensywność smaku owocowego była na znacznie wyższym poziomie (5,65-6,46 j.u.) w stosunku do natężenia pozostałych atrybutów jak smaku kwaśnego (3,35-4,26 j.u.), słodkiego (4,03-5,08 j.u.) i cierpkiego (2,22-2,72 j.u.). Badane próbki cechowała stosunkowo niska intensywność smaku gorzkiego w granicach od 0,65 (I.4 KA) do 1,08 j.u. (I.2 X-Tendy). Wartość średniej dla smaku przechowalniczego utrzymywała się na niskim poziomie (0,19-0,35 j.u.). Ogólna ocena sensoryczna (jakość sensoryczna) uwzględniająca natężenie wszystkich atrybutów i ich zharmonizowanie wahała się od 6,36 (I.1 Kont.) do 7,38 (I.3 ZW+OZ) j.u.

*III kombinacja: Owoce bez chłodni (Tabela 34, Rys. 45B).* W charakterystyce wizualnej próbki były generalnie podobne pod względem natężenia atrybutów z pewną tendencją do różnic w wartości średniej dla barwy owoców (4,98-5,81 j.u.), obecności przebarwień (2,47-3,57 j.u.), twardości owocu (4,65-5,69 j.u.) i barwy miąższu (3,93-5,52 j.u.). Badane owoce cechowały się wysokim i wyrównanym poziomem gładkości postrzeganej wizualnie. Natężenie zapachu owocowego utrzymywało się na wyższym poziomie intensywności w porównaniu do zapachu kwaśnego i słodkiego. Najbardziej owocowy w zapachu był wariant III.4 (KA), natomiast najniższe natężenie tego atrybutu odnotowano w próbce kontrolnej (III.1). Intensywność zapachu przechowalniczego nie przekraczała 0,5 j.u. na skali. Badane owoce cechowały się różną twardością postrzeganą doustnie. W twardości ocenianej doustnie były próbki mniej (3,16 j.u. III.4 KA) oraz bardziej twarde (III.3 ZW+OW). W profilu smakowym analizowane owoce postrzegano przede wszystkim jako owocowe (4,82-5,93 j.u.), słodkie (3,69-4,66 j.u.), kwaśne (3,27-4,45 j.u.) oraz cierpkie (2,58-3,55 j.u.). Wariant III.3 (ZW+OZ) cechował się najwyższym natężeniem smaku kwaśnego, cierpkiego i gorzkiego oraz najniższą intensywnością smaku owocowego. Średnia dla smaku przechowalniczego pozostawała na stosunkowo niskim poziomie w próbkach (0,26-0,46 j.u.). Ogólna ocena sensoryczna próbek przyjęła następujące wartości w kolejności wzrastającej intensywności: 5,70 j.u. (III.3 ZW+OZ), 5,82 (III.4 KA), III.1 (Kont.), 7,11 (III.2 X-Tendy).



A)



B)

Rys. 45. Profil sensoryczny owoców minikiwi





Tabela 34. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z różnych kombinacji w ramach zrealizowanych doświadczeń

Wyróżniki jakościowe	I termin oceny							
	I.1 Kont. (ZW)	I.2 X-Tendy (ZW)	I.3 ZW+OZ	I.4 KA	III.1 Kont. (ZW)	III.2 X-Tendy (ZW)	III.3 ZW+OZ	III.4 KA
barwa owocu	5,80	6,38	5,09	5,61	5,58	4,98	5,63	5,81
obecność przebarwień	3,94	4,19	2,88	1,65	3,39	2,47	3,57	2,52
gładkość powierzchni	8,52	8,10	8,53	8,06	7,78	8,21	8,52	8,30
twardość owocu	5,20	4,63	5,08	3,84	5,56	5,69	5,47	4,65
barwa miąższu	4,29	5,86	4,00	4,75	5,52	5,44	3,93	4,53
z.owocowy	3,59	4,66	3,85	4,91	3,15	3,77	3,56	4,15
z.kwaśny	2,29	2,59	2,06	2,69	1,94	2,57	2,03	2,23
z.słodki	2,44	3,16	2,28	2,76	2,14	2,35	2,19	2,85
z.przechowalniczy	0,36	0,24	0,30	0,43	0,39	0,28	0,30	0,48
twardość doustnie	4,32	3,63	4,47	3,04	4,54	4,05	4,90	3,16
s.owocowy	5,65	6,46	6,26	6,32	5,93	5,86	4,82	5,33
s.kwaśny	4,13	3,35	4,26	3,63	3,53	3,27	4,45	3,41
s.słodki	4,03	5,08	5,00	5,08	4,24	4,66	3,69	4,06
s.gorzki	0,97	1,08	0,93	0,65	1,08	0,97	1,16	0,97
s.cierpki	2,72	2,70	2,44	2,22	3,02	2,58	3,55	2,78
s.przechowalniczy	0,27	0,26	0,19	0,35	0,26	0,31	0,46	0,34
ogólna oc. sensoryczna	6,36	6,83	7,38	6,86	6,60	7,11	5,70	5,82

z. – zapach; s. – smak/smakowitość

**Profil sensoryczny owoców z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania**

Wyniki średnie przedstawiające profil sensoryczny próbek owoców z uwzględnieniem przechowywania umieszczono w Tabeli 35 oraz na rysunkach 46 (A-D).

W stosunku do wariantu kontrolnego odnotowano zróżnicowanie próbek pod względem intensywności wybranych atrybutów związanych z wyglądem zewnętrznym, zapachem, konsystencją oraz smakiem/smakowitością w kolejnych terminach ocen/tygodniach przechowywania (Tabela 35, Rys. 47A-D).

*II termin oceny (Tabela 32, Rys. 46B).* W drugim terminie oceny próbek wykazano różnice w barwie owoców w granicach od 4,53 (I.3\_2TO) do 6,65 (I.2\_2TO) j.u. Natomiast mniejsze zmiany zaobserwowano w barwie miąższu owocu (5,10-5,98 j.u.). Poziom widocznych przebarwień na owocach utrzymywał się od 3,18 (I.3\_2TO+OZ) do 4,75 (I.2\_2TO+X-Tendy) j.u. Gładkość powierzchni owoców była stosunkowo wysoka i wyrównana w poszczególnych wariantach. Wrażenie twardości postrzegane wizualnie uzyskało najniższą wartość w próbce I.2 X-Tendy a najwyższą w I.1 oraz I.3. W przypadku zapachu owocowego otrzymano dwie próbki z wyższą intensywnością tego atrybutu (I.2 X-Tendy oraz I.3+OZ) oraz dwie próbki z niższą wartością średniej (I.1, kontrolna i I.4 KA). Próbki owoców minikiwi były słodkie (4,57-5,07 j.u.), kwaśne (3,43-3,90 j.u.) oraz z mniejszą intensywnością cierpkie (2,17-2,45 j.u.). Owoce w drugim terminie badań były zdecydowanie bardziej słodkie niż kwaśne w smaku, analogicznie jak w przypadku próbek I.1-4\_TO (pierwszy termin ocen), Natężenie smaku gorzkiego wahało się od 1,04 (I.4\_2TO) do 1,66 (I.2\_TO) j.u., natomiast intensywność smaku przechowalniczego pozostawała na poziomie od 0,71 do 1,13 j.u. w badanych próbkach. Sensoryczna ocena ogólna zmieniała się w zakresie od 6,00 (I.2 X-Tendy) do 6,91 (I.3 ZW+OZ) j.u. a jej wartości były zbliżone do analogicznych wariantów z pierwszego terminu badań.





*III termin oceny (Tabela 35, Rys. 46C).* W kolejnym terminie badań pod wpływem przechowywania pogłębiły się różnice w natężeniu barwy owoców (zakres 4,70-7,12 j.u.) oraz barwie miąższu (4,25-7,50 j.u.). Najciemniejszą barwą owocu charakteryzowała się próbka I.3\_3TO (+OZ), natomiast najjaśniejszą I.1\_3TO (Kontrolna). Analogiczne zależności uzyskano dla barwy miąższu. Przebarwienia na powierzchni owocu były najmniej widoczne w wariantach kontrolnym oraz najbardziej w próbce I.3+OZ. Gładkość powierzchni utrzymywała się na identycznym poziomie intensywności, niezależnie od ocenianego wariantu. Dostyc duże zmiany zaobserwowano w twardości owocu postrzeganej wizualnie, Najmniej twarda była próbka I.3\_3TO + OZ (2,92 j.u.) w przeciwieństwie do próbki kontrolnej reprezentującej najwyższy jej poziom (4,57 j.u.). W badanych próbkach zapach owocowy wyczuwano jako bardziej intensywny w porównaniu do zapachu kwaśnego i słodkiego. Dwie próbki (I.2 oraz I.3) były mniej owocowe w zapachu w stosunku do analogicznych wariantów z drugiego terminu badań. Natomiast w trzecim terminie ocen zdecydowanie bardziej wyeksponował się zapach przechowalniczy niż w drugim terminie badań. W jednej z próbek zdecydowanemu obniżeniu uległo natężenie twardości ocenianej doustnie (I.3+OZ). Jednocześnie wariant I.3+OZ był wyraźnie mniej owocowy i słodki oraz bardziej gorzki, przechowalniczy w stosunku do próbki z drugiego terminu ocen co wpłynęło na znaczne obniżenie ogólnej oceny sensorycznej próbki. Zakres zmian w sensorycznej ocenie wahał się od 4,33 (I.3+OZ) do 6,16 j.u. (I.1 kont.). W stosunku do poprzedniego terminu badań odnotowano obniżenie wartości średniej dla ogólnej oceny sensorycznej w przypadku próbek z wariantów ZW+OZ i KA (6,91 i 6,80 j.u. vs 4,33 i 4,57 j.u.).

*IV termin oceny (Tabela 35, Rys. 46D).* W czwartym terminie oceny w niektórych próbkach znacznemu obniżeniu uległa wartość średniej dla barwy owoców (I.2, I.3). Obecność przebarwień utrzymywała się na najniższym poziomie w próbce I.2\_4TO X-Tendy. Gładkość powierzchni pozostała na względnie wysokim i zbliżonym poziomie w wariantach. Natomiast barwa miąższu utrzymywała się na wyrównanym poziomie w próbkach. Najniższe wrażenie twardości postrzeganej wizualnie oraz doustnie odnotowano w I.3+OZ, która była jednocześnie próbką mniej owocową, kwaśną i słodką w zapachu w porównaniu do pozostałych próbek. Większą dynamikę zmian w natężeniu smaku słodkiego, kwaśnego, cierpkiego i gorzkiego odnotowano w I.3+OZ w porównaniu do pozostałych wariantów. Jednocześnie otrzymała ona najniższą wartość średniej w przypadku sensorycznej oceny ogólnej. Wyniki dla oceny ogólnej wynosiły odpowiednio: 4,82 (I.1 j.u.), 5,07 (I.2 j.u.), 4,21 (I.3 j.u.) oraz 4,62 (I.4 j.u.) i utrzymywały się na podobnym poziomie w stosunku do poprzedniego terminu badań (z wyjątkiem próbki I.1 kontrolna: 6,16 vs 4,82 j.u.).

*V termin oceny (Tabela 35, Rys. 46E).* W piątym terminie badań zaobserwowano dalsze obniżenie natężenia barwy owocu (3,69-4,82 j.u.) i miąższu owocu (2,89-2,59 j.u.) w stosunku do poprzednich terminów ocen. Obecność przebarwień pozostawała na względnie wyrównanym poziomie w próbkach (4,36-5,03 j.u.), analogicznie jak gładkość powierzchni (7,17-7,83 j.u.). Twardość owocu wahała się w zakresie od 4,38 (I.1\_5TO Kont.) do 7,46 (I.2\_5TO X-Tendy) j.u. w badanych próbkach. Zaobserwowano mniejsze różnice w intensywności pomiędzy zapachem owocowym, kwaśnym i słodkim. W szczególności było to spowodowane obniżeniem natężenia zapachu owocowego w stosunku do poprzednich terminów ocen próbek. Intensywność tego atrybutu utrzymywała się w granicach od 2,89 (I.2\_5TO X-tendy) do 3,60 (I.1\_5TO Kont.) j.u. Natomiast natężenie zapachu kwaśnego i słodkiego pozostawało na wyrównanym poziomie (odpowiednio 2,17-2,59 j.u.; 1,82-2,37 j.u.) w stosunku do wcześniejszych zrealizowanych badań w odpowiednich terminach. Wartość średnia dla zapachu przechowalniczego nie przekraczała 2,0 j.u. na skali dla badanych próbek. W przypadku twardości, oceny były wyższe dla wariantów I.2\_5TO X-Tendy (6,56 j.u.) i I.3\_5TO +OZ (6,38 j.u.) w porównaniu do próbek I.1\_5TO Kont. (3,77 j.u.) oraz I.4\_5TO (4,28 j.u.). Natężenie smaku owocowego, kwaśnego, słodkiego, gorzkiego i cierpkiego pozostawało na stosunkowo wyrównanym poziomie w próbkach i było podobne jak dla próbek z czwartego terminu oceny. Smak przechowalniczy wahał się w zakresie od 1,48 (I.2 X-Tendy, I.3+OZ) do 2,11 (I.1 kont.). Sensoryczna ocena ogólna była najwyższa dla próbki kontrolnej w piątym terminie oceny (5,01 j.u.) oraz reprezentowała niższe wartości średnich ocen dla I.2 X Tendy (4,78 j.u.), I.3 +OZ (3,89 j.u.) oraz I.4 KA (4,51 j.u.). Ogólnie wartości średniej



dla ogólnej oceny sensorycznej pozostawały na zbliżonym poziomie do danych w czwartym terminie ocen.

*VI termin oceny* (Tabela 35). W szóstym terminie poddano badaniom dwie próbki (I.3 +OZ i I.4 KA) z uwagi na niekorzystne zmiany w charakterystyce sensorycznej pozostałych owoców uniemożliwiających ich ocenę sensoryczną. Barwa owocu i barwa mięszu była wyższa w próbce I.3 w porównaniu do I.4. Obecność przebarwień utrzymywała się na zbliżonym poziomie w próbkach. Natomiast próbki wykazywały zbliżoną wartość średniej pod względem przebarwień (4,91 – 5,19 j.u.). Wykazano jednocześnie, że gładkość powierzchni i twardość owocu była wyższa w I.4 niż w I.3 (odpowiednio: 6,77 – 5,86 j.u. oraz 6,13-3,67 j.u.). Natężenie zapachu owocowego, kwaśnego i słodkiego pozostawało na porównywalnym poziomie w próbkach. W przypadku zapachu przechowalniczego intensywność wyniosła 2,04 j.u. w próbce I.3 oraz 1,64 j.u. w wariacie I.4. Analizując wartości ocen dla twardości ocenianej doustnie odnotowano wyraźnie wyższe natężenie atrybutu w próbce I.4 (6,10 j.u.) w stosunku do próbki I.3. (2,80 j.u.). Natężenie smaku owocowego i słodkiego było nieco wyższe w próbce I.3 niż I.4, natomiast intensywność smaku kwaśnego pozostawała na nieznacznie wyższym poziomie w próbce I.4. Próbki wykazywały zbliżone wartości ocen dla smaku gorzkiego (~2,00 j.u.) oraz cierpkiego (~2,40 j.u.). Intensywność smaku przechowalniczego była 2,21 j.u. w I.3 oraz 1,88 j.u. w I.4. Zmiany w profilu sensorycznym spowodowane intensywnością wyróżników jakościowych w stosunku do wcześniejszych terminów ocen owoców wpłynęły na ogólną ocenę sensoryczną, która wyniosła 3,82 j.u. oraz 3,44 j.u. odpowiednia dla próbek I.3 oraz I.4. Wartości ocen dla ogólnej jakości sensorycznej pozostawały na stosunkowo zbliżonym poziomie w poszczególnych wariantach doświadczenia w szóstym terminie badań ocen w porównaniu do analogicznych próbek z poprzedniego terminu ocen (zakres 3,89 - 4,51 j.u.).

*VII termin oceny* (Tabela 35). W siódmym terminie ocenie poddano wyłącznie jedną próbkę (I.4\_7TO KA). Barwa owocu pozostawała na średnim poziomie intensywności, analogicznie jak ilość przebarwień. W charakterystyce wizualnej próbka była dalej postrzegana jako gładka (7,33 j.u.) oraz twarda (7,29 j.u.). Natężenie zapachu owocowego, kwaśnego i słodkiego nie przekraczało 4,00 j.u. Zapach przechowalniczy nieco zwiększył swój poziom w stosunku do analogicznej próbki ocenianej w szóstym terminie (1,64 vs 2,21 j.u.). Twardość postrzegana doustnie otrzymała ocenę 7,17 j.u. Próbka była średnio owocowa (4,83 j.u.) z nieco mniejszym natężeniem smaku kwaśnego (3,53 j.u.) i słodkiego (3,23 j.u.). Natężenie smaku cierpkiego wynosiło 2,91 j.u. a gorzkiego 1,70 j.u.. Wyczuwalność smaku przechowalniczego nie przekraczała 2,00 j.u. Sensoryczna jakość ogólna próbki otrzymała wartość oceny 4,14. j.u. Generalnie charakterystyka sensoryczna próbki była zbliżona do jej odpowiednika ocenianego w szóstym terminie badań.

Zmiany w charakterystyce sensorycznej próbki III.3 (ZW+OZ) z uwzględnieniem poszczególnych terminów ocen (1-6) przedstawiono na rys. 47; natomiast zmiany w profilu sensorycznym próbki III.4 (KA) z uwzględnieniem poszczególnych terminów ocen (1-7) przedstawiono na rys. 48.

Różnice i podobieństwa w ogólnej ocenie sensorycznej owoców z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem terminów badań przedstawiono na rys. 49 A-D. Generalnie ogólna ocena sensoryczna była pozytywnie związana z natężeniem zapachu i smaku owocowego, smakiem słodkim oraz wybranymi cechami wizualnymi (barwa owocu i barwa mięszu), natomiast negatywnie zależna od zmian w natężeniu smaku cierpkiego, zapachu kwaśnego, smaku gorzkiego, zapachu i smaku przechowalniczego. W większości przypadków próbki charakteryzowały się zbliżonym profilem sensorycznym w ramach pierwszego, drugiego oraz trzeciego terminu badań z uwzględnieniem próbek w ramach układu doświadczenia.

Na rys. 50 przedstawiono uśrednione różnice w natężeniu atrybutów z uwzględnieniem ocenianych wariantów próbek oraz terminów ocen (1-5)/przechowywania. Generalnie nie odnotowano istotnych różnic w profilu sensorycznym pomiędzy badanymi próbkami (Rys. 50A). Natomiast termin ocen (przechowywanie) warunkowało istotne zmiany w cechach wizualnych, atrybutach zapachu, konsystencji, wyróżnikach smaku/smakowości (z wyjątkiem smaku kwaśnego i cierpkiego) oraz

sensorycznej ocenie ogólnej (Rys. 51B). Istotnie wyższe wartości średniej dla ogólnej oceny sensorycznej odnotowano dla próbek z pierwszego i drugiego terminu badań w stosunku do próbek z pozostałych terminów ocen (III, IV i V).

**Podsumowanie.** Próbkę owoców z pierwszej kombinacji doświadczenia różniły się w profilu sensorycznym pod względem intensywności atrybutów związanych z wyglądem zewnętrznym, jakością zapachu, konsystencją oraz smakiem/smakowitością. Najmniejsze zmiany w charakterystyce sensorycznej odnotowano w pierwszym i drugim terminie ocen owoców. W kolejnych terminach ocen zmieniała się konsystencja owoców (np. zwiększało wrażenie twardości), jak również obniżała się intensywność kluczowych (pozytywnych) atrybutów (zapachu i smaku owocowego, zapachu i smaku owocowego) oraz wzrastało natężenie atrybutów negatywnych (zapachu i smaku przechowalniczego, smaku gorzkiego).



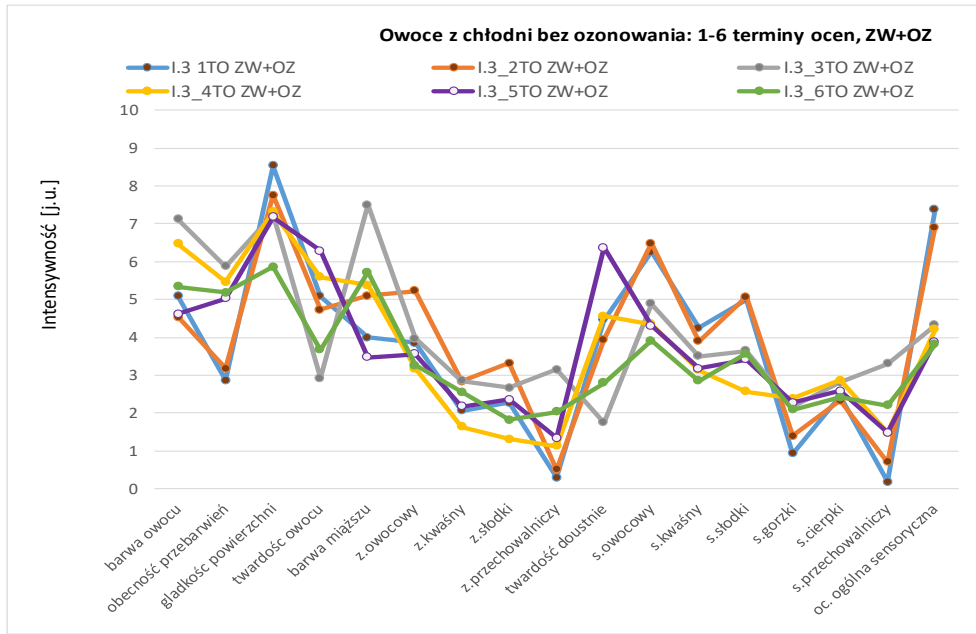
Rys. 46. Profil sensoryczny owoców minikiwi z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania



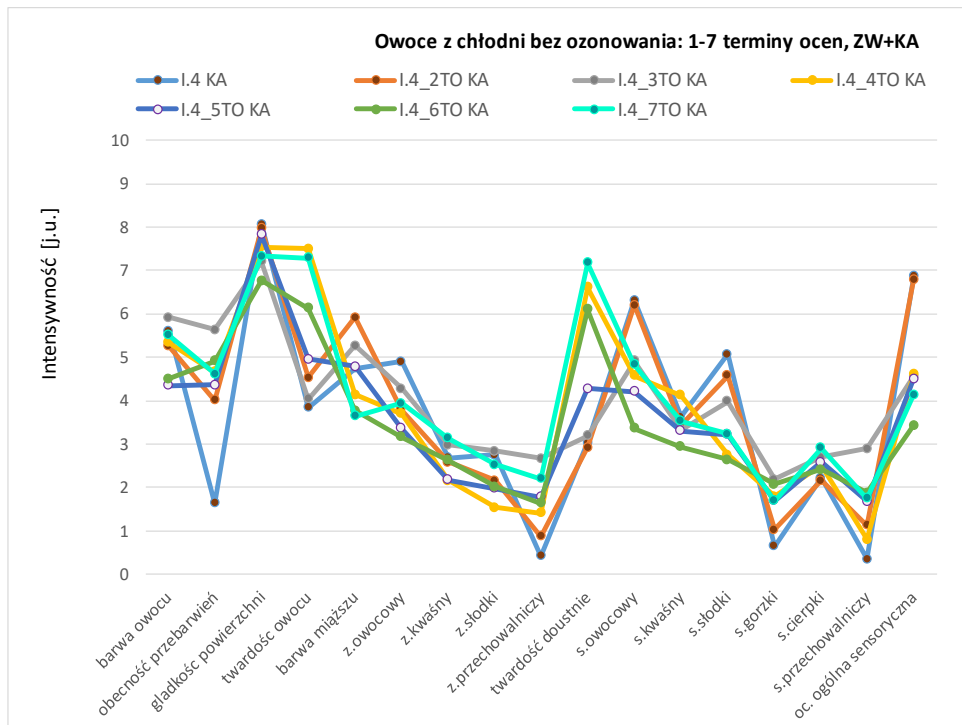
Tabela 35. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania.

Wyróżniki jakościowe	II termin oceny				III termin oceny				IV termin oceny				V termin oceny			
	I.1_2TO Kont. (ZW)	I.2_2TO X-Tendy (ZW)	I.3_2TO ZW+OZ	I.4_2TO KA	I.1_3TO Kont. (ZW)	I.2_3TO X-Tendy (ZW)	I.3_3TO ZW+OZ	I.4_3TO KA	I.1_4TO Kont. (ZW)	I.2_4TO X-Tendy (ZW)	I.3_4TO ZW+OZ	I.4_4TO KA	I.1_5TO Kont. (ZW)	I.2_5TO X-Tendy (ZW)	I.3_5TO ZW+OZ	I.4_5TO KA
barwa owocu	6,13	6,65	4,53	5,26	4,70	6,24	7,12	5,92	5,98	4,06	6,48	5,34	4,33	3,69	4,62	4,35
obecność przebarwień	3,82	4,75	3,18	4,02	3,64	4,99	5,87	5,63	5,20	4,01	5,47	4,67	4,70	4,53	5,03	4,36
gładkość powierzchni	8,34	7,81	7,75	7,97	7,40	7,71	7,26	7,20	7,37	7,41	7,32	7,54	7,29	7,37	7,17	7,83
twardość owocu	4,78	3,61	4,74	4,54	4,57	4,34	2,92	4,04	7,78	7,38	5,59	7,51	4,38	7,46	6,29	4,96
barwa miąższu z.owocowy	5,65	5,98	5,10	5,92	4,25	5,85	7,50	5,27	5,41	3,79	5,38	4,14	5,18	3,45	3,48	4,80
z.kwaśny	3,63	5,26	5,22	3,78	3,96	4,28	3,97	4,28	3,58	3,36	3,18	3,71	3,60	2,89	3,56	3,36
z.słodki	2,18	2,75	2,84	2,59	2,45	2,97	2,86	2,98	2,05	1,95	1,65	2,16	2,59	2,26	2,17	2,17
z.przechowalniczy	2,11	3,90	3,33	2,17	2,49	2,52	2,68	2,84	1,43	1,37	1,32	1,54	2,33	1,82	2,37	1,99
twardość doustnie	1,06	0,94	0,51	0,87	1,87	2,43	3,15	2,68	1,07	0,97	1,14	1,42	1,78	1,38	1,35	1,78
s.owocowy	2,98	2,49	3,95	2,93	3,25	2,84	1,76	3,20	7,06	6,26	4,57	6,61	3,77	6,56	6,38	4,28
s.kwaśny	6,05	5,85	6,49	6,21	5,49	5,28	4,89	4,92	4,85	4,52	4,35	4,58	4,71	4,47	4,32	4,22
s.słodki	3,72	3,45	3,90	3,43	3,88	3,35	3,51	3,33	3,30	3,18	3,13	4,12	3,41	3,75	3,19	3,31
s.gorzki	4,57	4,70	5,07	4,58	4,19	4,23	3,65	3,99	3,47	2,68	2,57	2,76	3,72	3,29	3,42	3,23
s.cierpki	1,43	1,66	1,40	1,04	1,71	2,25	2,16	2,19	1,92	1,39	2,39	1,79	1,79	2,14	2,28	1,70
s.przechowalniczy oc. ogólna	2,45	2,36	2,33	2,17	2,35	2,64	2,81	2,70	2,65	2,35	2,87	2,50	2,43	2,90	2,58	2,58
sensoryczna	0,81	1,11	0,71	1,13	1,61	2,08	3,31	2,90	0,80	0,86	1,48	0,80	2,11	1,48	1,48	1,68
	6,30	6,00	6,91	6,80	6,16	5,39	4,33	4,57	4,82	5,07	4,21	4,62	5,01	4,78	3,89	4,51

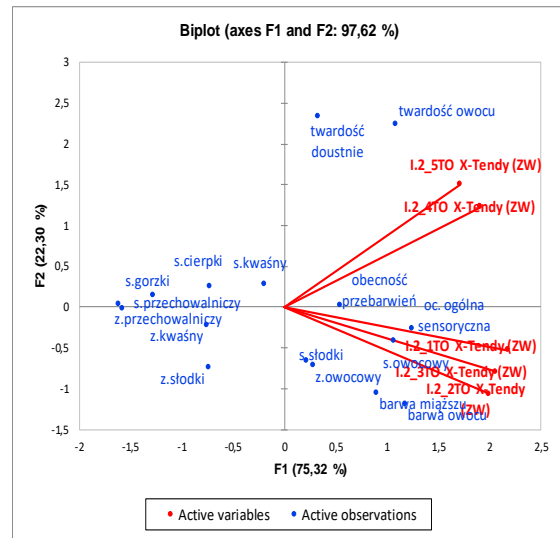
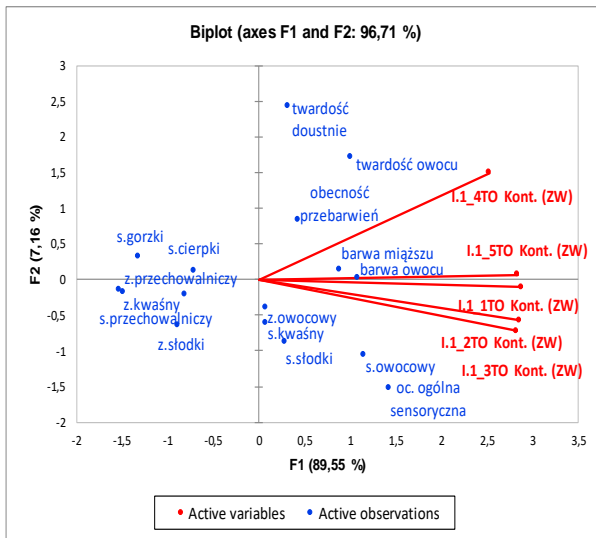
z. – zapach; s. – smak/smakowość



Rys. 47. Zmiany w charakterystyce sensorycznej próbki III.3 (ZW+OZ) w terminach 1-6 badań (I kombinacja doswiadczenia)

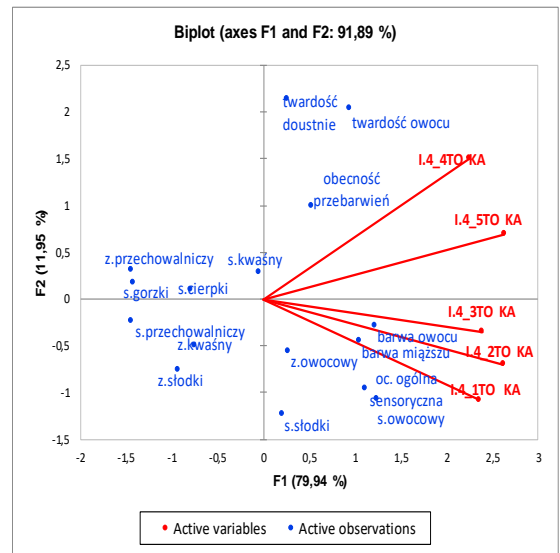
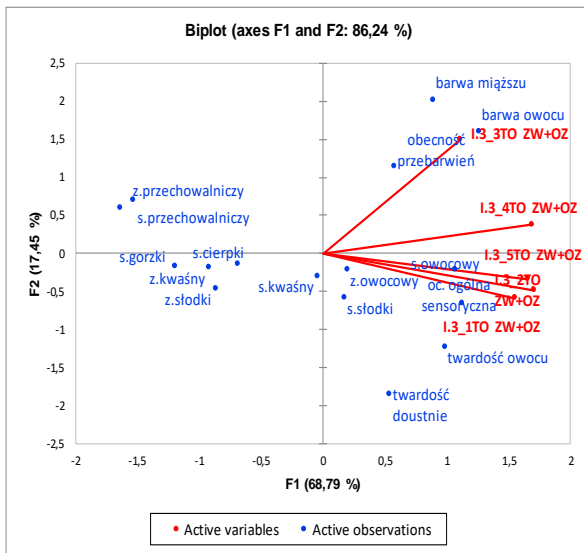


Rys. 48 Zmiany w charakterystyce sensorycznej próbki III.4 (KA) w terminach 1-7 badań (I kombinacja doswiadczenia)



A)

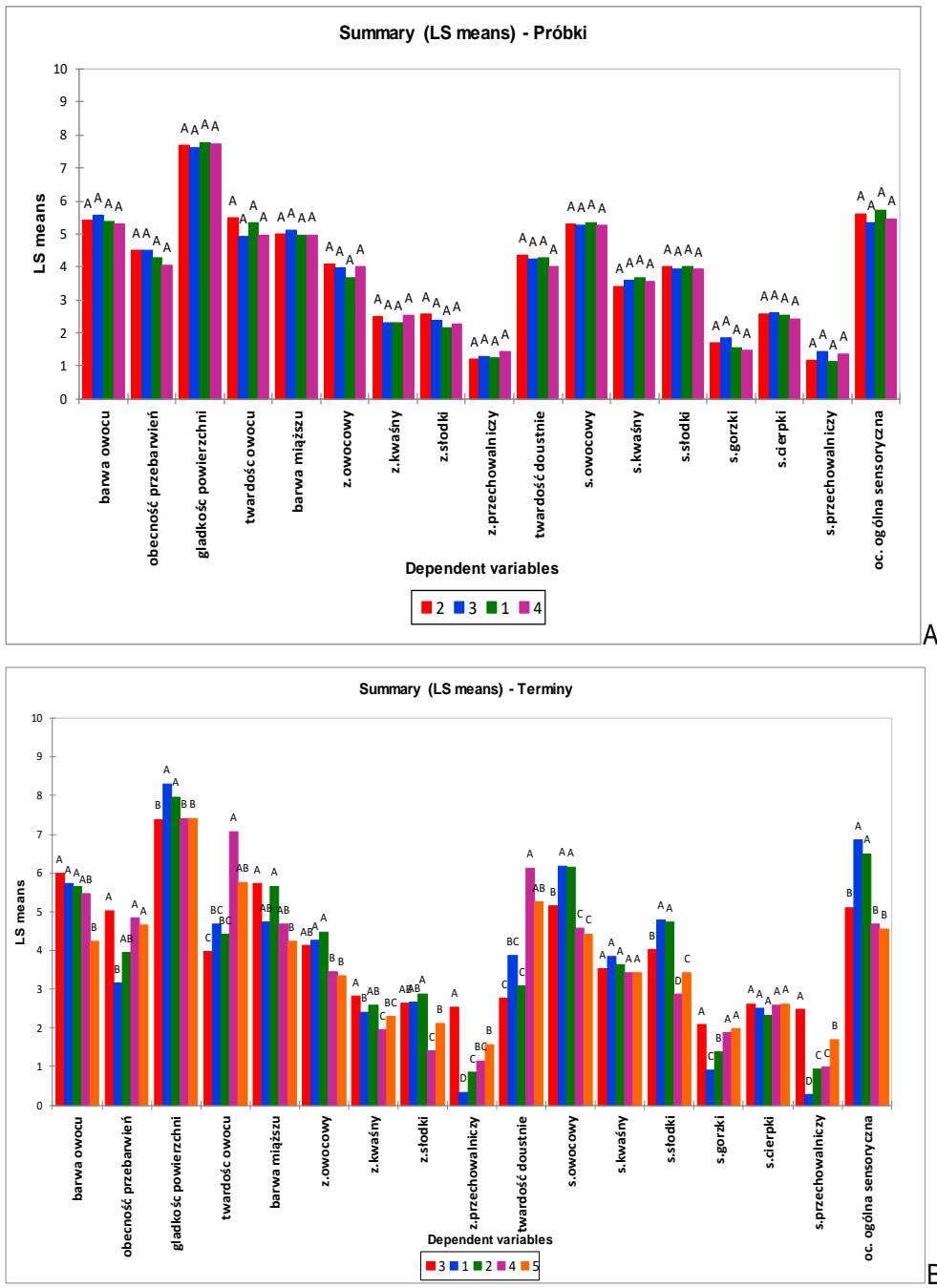
B)



C)

D)

Rys. 49. Podobieństwa i różnice w jakości sensorycznej owoców minikiwii z I kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania dla próbek: A) I.1\_1TO Kont. (ZW) - I.1\_5TO Kont. (ZW); B) I.2\_2TO X-Tendy (ZW) - I.2\_5TO X-Tendy (ZW); C) I.3\_1TO ZW+OZ - I.3\_5TO ZW+OZ; D) I.4\_1TO KA - I.4\_5TO KA



Rys. 50. Różnice istotnie statystyczne dla atrybutów ze względu na A) próbki i B) terminy ocen (przechowywanie); I kombinacja doświadczenia

### Profil sensoryczny owoców z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania

Wyniki średnie przedstawiające charakterystykę sensoryczną próbek owoców z uwzględnieniem przechowywania zestawiono w Tabeli 36 oraz na rysunkach 51 (A-D).

W stosunku do wariantu kontrolnego odnotowano zróżnicowanie próbek pod względem intensywności analizowanych atrybutów (wyglądu zewnętrznego, zapachu, konsystencji oraz smaku/smakowości) w kolejnych terminach ocen (Tabela 34, 3; Rys. 45B, 51 A-D).

*II termin ocen (Tabela 36, Rys. 51A).* W drugim terminie oceny sensorycznych odnotowano zmiany w intensywności atrybutów pomiędzy badanymi próbkami. Najmniej intensywną barwą owocu i mięszu charakteryzowała się próbka III.4 KA w porównaniu do pozostałych próbek. Obecność przebarwień





wahała się od 4,2 do 4,89 j.u. w owocach. Gładkość powierzchni pozostawała na względnie wyrównanym i wysokim poziomie w próbkach (7,83-8,53 j.u.). Większe różnice odnotowano w twardości postrzeganej wizualnie pomiędzy próbkami 3,92 (III.2 j.u.) do 5,74 (III.4) j.u. W stosunku do pierwszego terminu oceny zmiany w charakterystyce wizualnej zależały od rodzaju próbek w ramach wariantów (z wyjątkiem gładkości powierzchni, której poziom był porównywalny). W profilu zapachowym najmniej owocowa, kwaśna i słodka była próbka III.4 KA. Intensywność wymienionych atrybutów utrzymywała się odpowiednio w zakresach: 3,56-5,12 j.u.; 2,37-2,74 j.u. oraz 1,95-2,99 j.u. W porównaniu do profilu zapachowego próbek kontrolnych (I termin oceny) natężenie atrybutów było generalnie zbliżone. Natomiast zaobserwowano wzrost intensywności zapachu owocowego w próbkach III.1 oraz III.2., zapachu kwaśnego w III.1 oraz zmniejszenie natężenia zapachu słodkiego w III.4. Odnotowano jednocześnie zwiększenie poziomu zapachu przechowalniczego aczkolwiek intensywność atrybutu była bardzo niska. Twardość oceniana doustnie wahała się w granicach 2,69 (III.2) - 3,97 (III.4) j.u. i uległa obniżeniu w porównaniu do próbek III.1, III.2 i III.3 w ramach pierwszego terminu oceny. Natężenie smaku owocowego, kwaśnego, słodkiego, gorzkiego oraz cierpkiego utrzymywało się w granicach odpowiednio 5,49 - 6,35 j.u.; 3,54 - 4,50 j.u.; 3,62 - 5,32 j.u.; 1,26 - 1,82 j.u. oraz 2,30 - 2,90 j.u. W odniesieniu do pierwszego terminu badań uzyskano zbliżone dane z pewnymi wyjątkami (np. wyższe oceny dla smaku słodkiego w III.1 oraz III.2). Natężenie smaku przechowalniczego było od 0,33 (III.4 KA) do 1,43 (III.1\_2TO) j.u. i zwiększyło intensywność w przypadku próbek III.1 oraz III.2 porównując wyniki z pierwszym terminem badań. Sensoryczna ocena ogólna próbek wynosiła odpowiednio: 6,26 (III.1), 6,79 (III.2), 6,18 (III.3) oraz 6,82 (III.4) j.u. oraz utrzymywała się na zbliżonym poziomie w stosunku do próbek z I terminu ocen.

*III termin ocen (Tabela 36, Rys. 51B).* W wyglądzie zewnętrznym, barwa owocu i miąższu uzyskała wartości ocen w granicach 5,08 (III.4) do 6,32 (III.2) oraz 4,52 (III. 4) do 5,99 (III.2) j.u. Gładkość powierzchni utrzymywała się na zbliżonym i wysokim poziomie w próbkach. Obecność widocznych przebarwień wahała się od 4,69 do 5,29 j.u, natomiast twardość oceniana wizualnie przyjęła oceny w granicach 4,00 do 4,96 j.u. Praktycznie charakterystyka wizualna próbek była zbliżona do analogicznych wariantów z drugiego terminu badań. W profilu zapachowym otrzymano następujące wyniki: 4,10 - 4,26 j.u. (zapach owocowy), 2,40 - 2,74 j.u. (zapach kwaśny) oraz 2,26 - 2,61 j.u.(zapach słodki), których wartości były stosunkowo zbliżone do danych z II terminu oceny. Natomiast wyższe wartości średniej uzyskano dla zapachu przechowalniczego w przypadku wszystkich próbek. Twardość oceniana doustnie wahała się od 2,90 (III.1) do 4,02 (III.4) i pozostawała na podobnym poziomie w stosunku do próbek z II terminu ocen. W profilu smakowym otrzymano następujące zakresy ocen: 4,98 - 6,18 j.u. (smak owocowy), 3,38 - 3,61 j.u. (smak kwaśny), 3,73 - 4,95 j.u. (smak słodki), 1,07 - 1,67 j.u. (smak gorzki) oraz 2,19 - 2,88 (smak cierpki) j.u. Generalnie wyniki intensywności dla tych wyróżników były zbliżone do danych w przypadku próbek z I terminu badań a nieco niższe lub wyższe wyniki zależały od rodzaju próbki biorąc pod uwagę układ eksperymentu. Intensywność smaku przechowalniczego utrzymywała się w zakresie od 1,16 (III.2) do 1,90 (III.3) j.u. oraz przyjęła wyższe wartości w porównaniu do poprzednich terminów ocen dla próbek III.3 oraz III.4. Sensoryczna ocena ogólna utrzymała się na poziomie: 5,47 (III.1), 6,24 (III.2), 5,44 (III.3) oraz 6,23 (III.4) j.u. w próbkach. Ogólnie średnia była zbliżona w stosunku do próbek z drugiego terminu badań przy czym nieco niższe wartości odnotowano dla próbek III.1 (5,47 vs 6,26 j.u.) oraz III 3 (5,44 vs 6,18 j.u.).

*IV termin ocen (Tabela 36, Rys. 51C).* W czwartym terminie badań zaznaczyły się większe zmiany w profilu sensorycznym w stosunku do poprzednich terminów ocen. Niższe wartości średniej uzyskano dla barwy owocu i miąższu (z wyjątkiem próbki III.3). Odnotowano również zwiększenie udziału przebarwień w szczególności dla próbek III.1 oraz III.2. Natomiast gładkość powierzchni utrzymywała się na zbliżonym poziomie niezależnie od terminów ocen. Wykazano jednocześnie znaczące zwiększenie twardości owoców w ramach poszczególnych wariantów. Intensywność wyróżników zapachu była następująca: 3,22 j.u. III.1, 3,31 j.u. III.2, 3,49 j.u. III.3 oraz 3,88 j.u. III.4 dla owocowego; 2,27 j.u. III.1, 2,20 j.u. III.2, 2,16 j.u. III.3 i 2,42 j.u. III.4 dla kwaśnego oraz 1,30 j.u. III.1, 1,38 j.u. III.2, 1,30 j.u. III.3 oraz 1,63 j.u. III.4. dla słodkiego. Zmniejszenie natężenia atrybutów zapachu



zaobserwowano w przypadku noty owocowej i słodkiej. Intensywność zapachu przechowalniczego wahała się w zakresie od 1,10 III. 2 do 1,48 III.4 j.u. Jednocześnie twardość oceniana doustnie uległa zwiększeniu (5,35 - 7,36 j.u.). Intensywność smaku owocowego obniżyła się w próbkach III.2, III.3 oraz III.4, natomiast natężenie smaku słodkiego utrzymywało się na niższym poziomie we wszystkich próbkach. Nie stwierdzono większych zmian w intensywności smaku kwaśnego, cierpkiego oraz gorzkiego. Jedyne wzrost smaku cierpkiego i gorzkiego odnotowano w próbce III.4 KA w stosunku do pozostałych terminów ocen. Intensywność smaku przechowalniczego występowała w granicach od 0,80 (Kontr.) do 1,5 (KA) j.u. Sensoryczna ocena ogólna wynosiła 5,34 III.1, 4,96 III.2, 5,08 III.3 oraz 4,51 III.4 oraz była niższa w przypadku próbek II.2 X-Tendy oraz III.4 KA w stosunku do pozostałych terminów badań.

*V termin ocen (Tabela 36, Rys. 51D).* W piątym terminie oceny nie odnotowano większych zmian w barwie owocu oraz miąższu, analogicznie jak w gładkości powierzchni. Obecność przebarwień pozostawała na względnie wyrównanym poziomie. Twardość postrzegana wizualnie zmniejszyła się dla próbek III.1 (Kontr.) oraz III.3 (ZW+OZ) oraz zwiększyła w przypadku próbek III.2 (X-Tendy) i III.4 (KA). Natężenie zapachu owocowego (2,96 - 3,82 j.u.), kwaśnego (2,00 - 2,46 j.u.) oraz słodkiego (1,84 - 2,48 j.u.) utrzymało generalnie zbliżoną intensywność w porównaniu do poprzedniego terminu. Zapach przechowalniczy zwiększył swoje natężenie w przypadku próbki III.3 (ZW+OZ). Twardość oceniana doustnie była wyższa w próbkach III.2 (X-Tendy) oraz III.4 (KA) w porównaniu do próbek III.1 (Kontr.) i III.3 (ZW+OZ). Nie stwierdzono większych zmian w natężeniu smaku owocowego (4,35 - 4,77 j.u.), kwaśnego (2,73 - 3,58 j.u.), słodkiego (3,00 - 3,75 j.u.), gorzkiego (1,70 - 2,78 j.u.) i cierpkiego (2,51 - 2,87 j.u.) w porównaniu do poprzedniego terminu oceny. Natężenie smaku przechowalniczego wzrosło i utrzymywało się w zakresie od 1,36 (X-Tendy) do 2,04 j.u. (ZW+OZ). Sensoryczna ocena ogólna pozostawała w granicach 3,74 III.4 (KA) do 4,98 j.u. (III. 2 X-Tendy) i uległa obniżeniu w próbkach porównaniu do wcześniejszego terminu oceny z wyjątkiem próbki III.2 (X-Tendy).

*VI termin ocen (Tabela 36).* Badania w szóstym terminie zrealizowane dla wariantów III.3 (ZW+OZ) oraz III.4 (KA) z uwagi na niekorzystne zmiany w profilu sensorycznym pozostałych owoców. Nie wykazano większych zmian w barwie owoców i miąższu oraz obecności przebarwień w stosunku do piątego terminu badań. Obniżeniu uległo wrażenie gładkości oraz twardości. Natężenie zapachu owocowego i kwaśnego praktycznie nie uległo zmianie, natomiast słodkiego wzrosło. Zapach przechowalniczy zwiększył swoją intensywność w próbce III.3. Twardość oceniana doustnie zmniejszyła się w próbce III.2, nie zmieniając praktycznie natężenia w III.4. Intensywność smaku owocowego, kwaśnego, słodkiego, gorzkiego, cierpkiego utrzymywała się na nieznacznie niższym poziomie w próbkach w stosunku do wariantów w poprzednim terminie oceny. Natomiast wzrosło natężenie smaku przechowalniczego. Sensoryczna ocena ogólna przyjęła następujące wartości: 3,94 j.u. III.3 oraz 3,74 j.u. III.4 i wyraźnie uległa obniżeniu w przypadku próbki III.3.

*VII termin oceny (Tabela 36).* W terminie siódmym oceniana była tylko próbka III.4 (KA). Nie odnotowano większych zmian w charakterystyce sensorycznej ocenianej próbki w stosunku do poprzedniego terminu badań. Odnotowano, że wzrosło natężenie zapachu i smaku przechowalniczego. Sensoryczna ocena ogólna pozostawała na zbliżonym poziomie 3,96 j.u. (III.4\_7TO KA) vs 4,01 j.u. (III.4\_6TO KA).

Zmiany w charakterystyce sensorycznej próbki III.3 (ZW+OZ) z uwzględnieniem poszczególnych terminów ocen przedstawiono na rys. 52, natomiast zmiany w profilu sensorycznym próbki III.4 (KA) z uwzględnieniem poszczególnych terminów ocen uwzględniono na rys. 53.

Różnice i podobieństwa w jakości sensorycznej owoców z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem terminów ocen przedstawiono na rys. 54. Niezależnie od rodzaju próbek w ramach układu doświadczenia sensoryczna ocena ogólna była związana z wyczuwalnością z zapachu i smaku owocowego, smaku kwaśnego, smaku słodkiego i negatywnie zależna od natężenia zapachu i smaku przechowalniczego, smaku gorzkiego, smaku cierpkiego, zapachu kwaśnego oraz zapachu słodkiego. W większości przypadków próbki wykazywały zbliżoną charakterystykę sensoryczną w ramach



pierwszego, drugiego oraz trzeciego terminu badań biorąc pod uwagę próbki w ramach układu doświadczenia.

Na rys. 55 przedstawiono uśrednione różnice w natężeniu wyróżników z uwzględnieniem analizowanych próbek z III kombinacji doświadczenia oraz terminów ocen (przechowywania). Istotne zmiany odnotowano w barwie miąższu oraz smaku cierpkim pomiędzy próbkami owoców. Nie wykazano różnic w ogólnej ocenie sensorycznej próbek w ramach przyjętego układu doświadczenia. Terminy badań warunkowały wyraźne różnice w profilu próbek (za wyjątkiem smaku cierpkiego). Próbki jak kontrolna (ZW), X-Tendy (ZW) oraz ZW+OZ uzyskały zbliżone wartości dla ogólnej oceny sensorycznej i istotnie wyższe w porównaniu do próbek ZW+OZ oraz KA

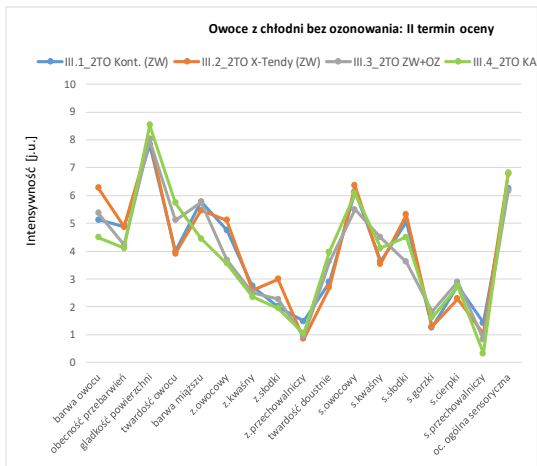
*Podsumowanie.* Próbki owoców z III kombinacji doświadczenia różniły się w charakterystyce sensorycznej pod względem intensywności wyróżników wyglądu zewnętrznego, cech zapachu, konsystencji oraz smaku/smakowości biorąc pod uwagę poszczególne terminy badań. Najmniejsze zmiany we właściwościach sensorycznych wystąpiły pomiędzy owocami z pierwszego, drugiego i trzeciego terminu badań. W kolejnych terminach zmieniał się wygląd zewnętrzny owoców, ich konsystencja oraz natężenie kluczowych (pozytywnych) atrybutów związanych dodatnio z ogólną oceną sensoryczną, natomiast wzrastała intensywność cech negatywnych. Stwierdzono, że odnotowane zmiany w profilu sensorycznym próbek z III kombinacji pod wpływem przechowywania były stosunkowo zbliżone do tych wykazanych w pierwszej kombinacji doświadczenia.



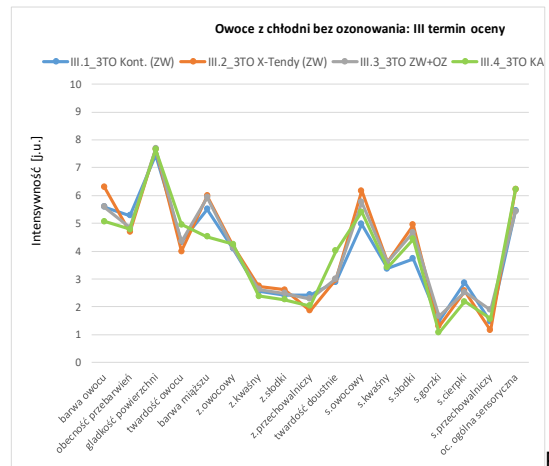
Tabela 36. Charakterystyka jakości sensorycznej owoców minikiwi z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania.

Wyróżniki jakościowe	II termin oceny				III termin oceny				IV termin oceny				V termin oceny			
	III.1_2TO Kont. (ZW)	III.2_2TO X-Tendy (ZW)	III.3 _2TO ZW+OZ	III.4 _2TO KA	III.1_3TO Kont. (ZW)	III.2_3TO X-Tendy (ZW)	III.3_3TO ZW+OZ	III.4 _3TO KA	III.1_4TO Kont. (ZW)	III.2_4TO X-Tendy (ZW)	III.3_4TO ZW+OZ	III.4 _4TO KA	III.1_5TO Kont. (ZW)	III.2_5TO X-Tendy (ZW)	III.3 _5TO ZW+OZ	III.4 _5TO KA
barwa owocu	5,14	6,28	5,37	4,50	5,59	6,32	5,60	5,08	4,11	4,00	5,60	4,19	4,35	4,98	5,82	4,20
obecność przebarwień	4,89	4,88	4,23	4,12	5,29	4,69	4,84	4,79	5,02	5,67	4,55	4,59	4,36	4,33	5,20	4,59
gładkość powierzchni	7,83	8,04	8,00	8,53	7,44	7,68	7,68	7,65	7,66	7,51	7,26	7,51	7,83	7,26	7,27	7,31
twardość owocu	4,00	3,92	5,11	5,74	4,34	4,00	4,35	4,96	7,30	6,11	6,40	8,14	4,96	7,19	3,96	7,33
barwa miąższu	5,78	5,47	5,77	4,45	5,51	5,99	5,94	4,52	3,46	4,01	5,28	3,18	4,80	4,10	5,62	3,34
z.owocowy	4,76	5,12	3,69	3,56	4,10	4,20	4,13	4,26	3,22	3,31	3,49	3,88	3,36	3,26	3,82	2,96
z.kwaśny	2,74	2,61	2,52	2,37	2,56	2,74	2,63	2,40	2,27	2,20	2,16	2,42	2,17	2,23	2,46	2,00
z.słodki	2,01	2,99	2,28	1,95	2,41	2,61	2,49	2,26	1,30	1,38	1,30	1,63	1,99	1,84	2,48	2,14
z.przechowalniczy	1,49	0,86	0,93	1,05	2,43	1,87	2,29	2,04	1,39	1,10	1,25	1,48	1,78	1,38	2,52	1,57
twardość doustnie	2,89	2,69	3,62	3,97	2,90	2,98	3,01	4,02	6,97	5,73	5,35	7,36	4,28	6,09	3,56	6,97
s.owocowy	6,15	6,35	5,49	6,07	4,98	6,18	5,77	5,41	4,99	4,57	4,50	4,22	4,22	4,77	4,35	4,37
s.kwaśny	3,64	3,54	4,50	4,11	3,38	3,61	3,61	3,43	3,90	3,25	3,20	3,66	3,31	3,37	2,73	3,58
s.słodki	5,06	5,32	3,62	4,51	3,73	4,95	4,68	4,44	2,92	2,62	3,07	2,54	3,23	3,75	3,42	3,00
s.gorzki	1,26	1,28	1,82	1,61	1,48	1,30	1,67	1,07	1,46	1,55	1,93	2,02	1,70	1,75	2,78	2,43
s.cierpki	2,77	2,30	2,90	2,75	2,88	2,58	2,54	2,19	2,51	2,26	2,71	3,06	2,58	2,51	2,75	2,87
s.przechowalniczy	1,43	1,04	0,84	0,33	1,47	1,16	1,90	1,57	0,80	1,32	0,87	1,51	1,68	1,36	2,04	1,38
oc. ogólna	6,26	6,79	6,18	6,82	5,47	6,24	5,44	6,23	5,34	4,96	5,08	4,51	4,51	4,98	3,94	3,74

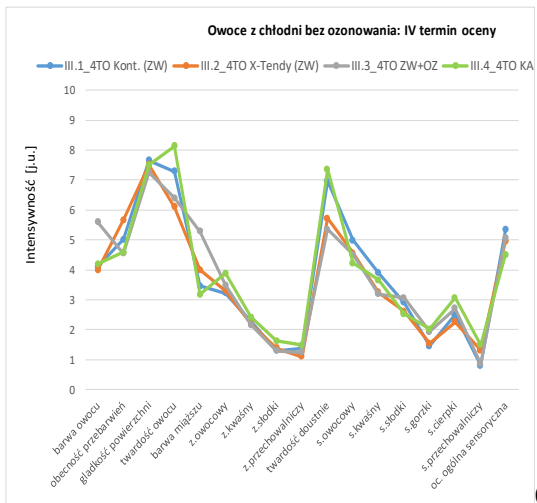
z. – zapach; s. – smak/smakowość



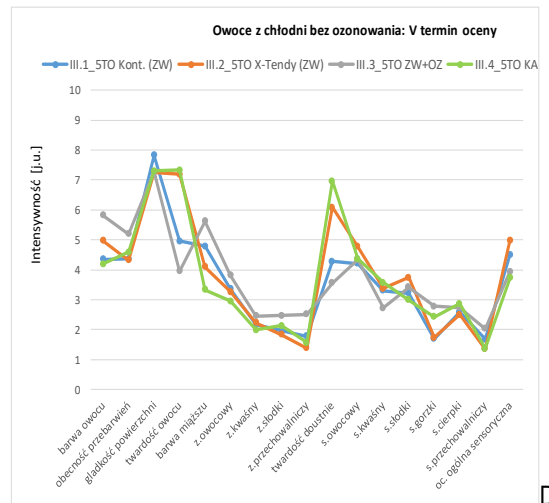
A)



B)

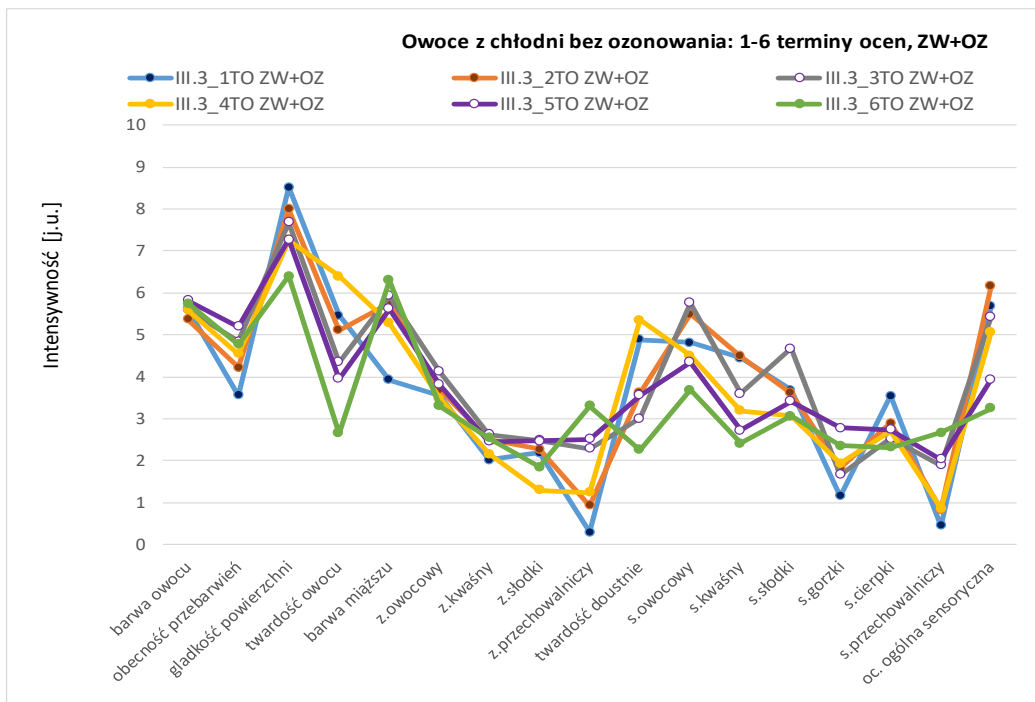


C)

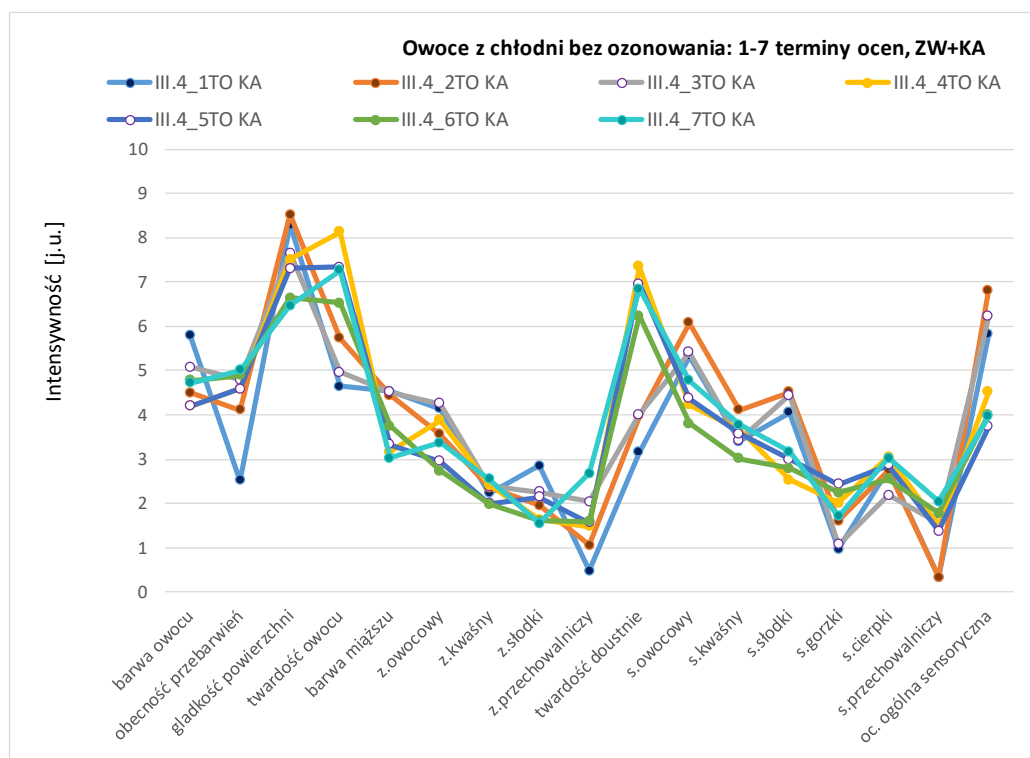


D)

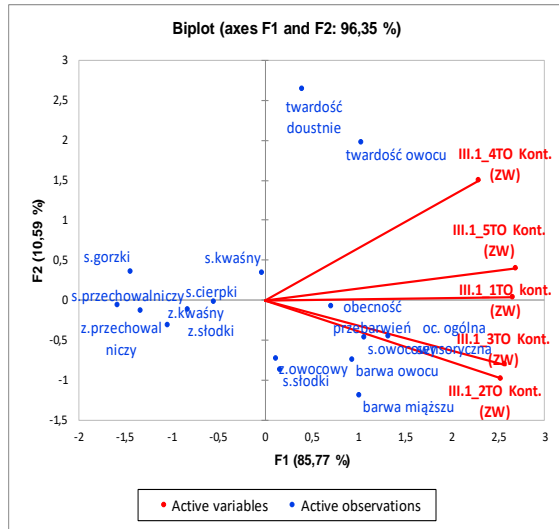
Rys. 51. Profil sensoryczny owoców minikiwi z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania.



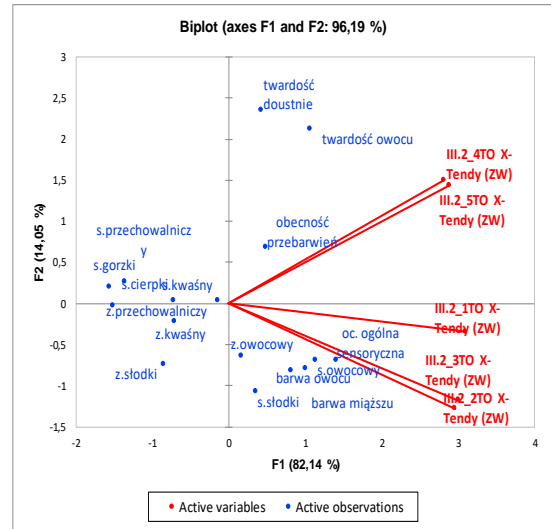
Rys. 52. Zmiany w charakterystyce sensorycznej próbki III.3 (ZW+OZ) w terminach 1-6 badań (III kombinacja doswiadczenia)



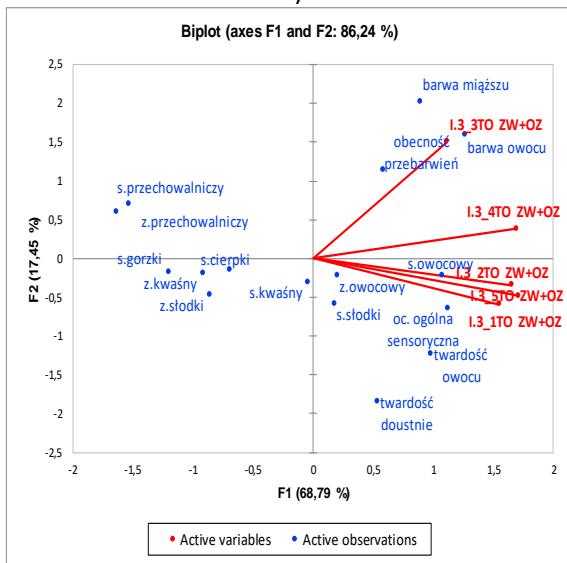
Rys. 53. Zmiany w charakterystyce sensorycznej próbki III.4 (KA) w terminach 1-7 badań (III kombinacja doswiadczenia)



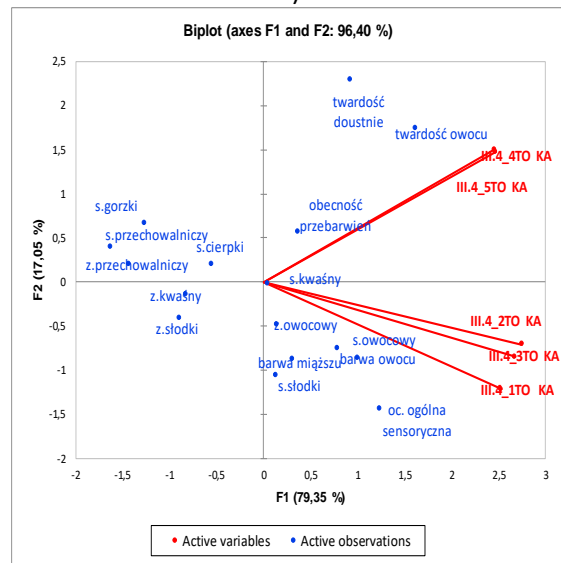
A)



B)



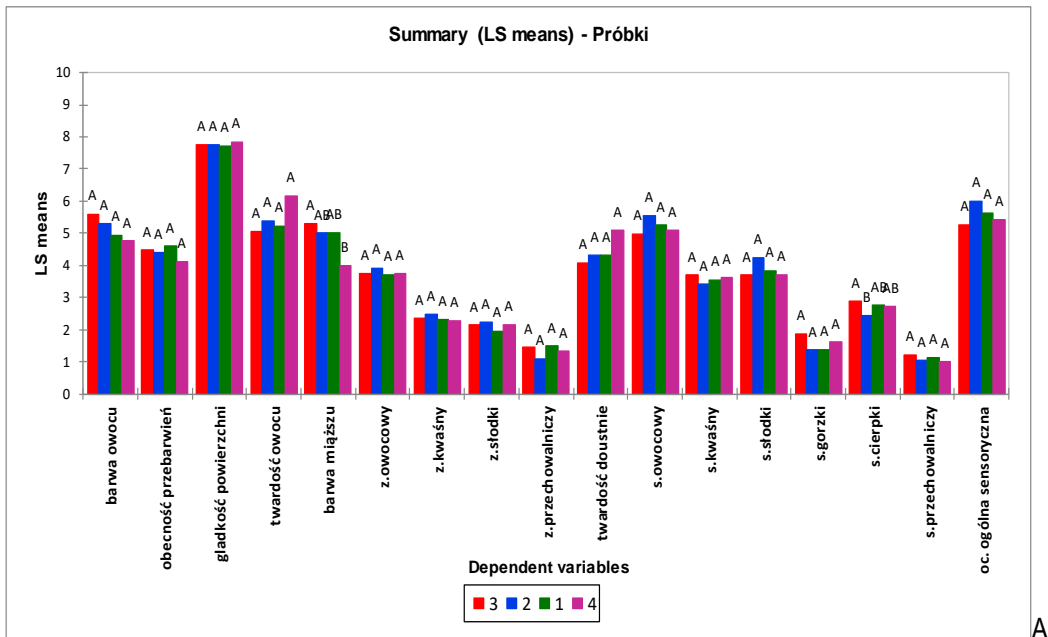
C)



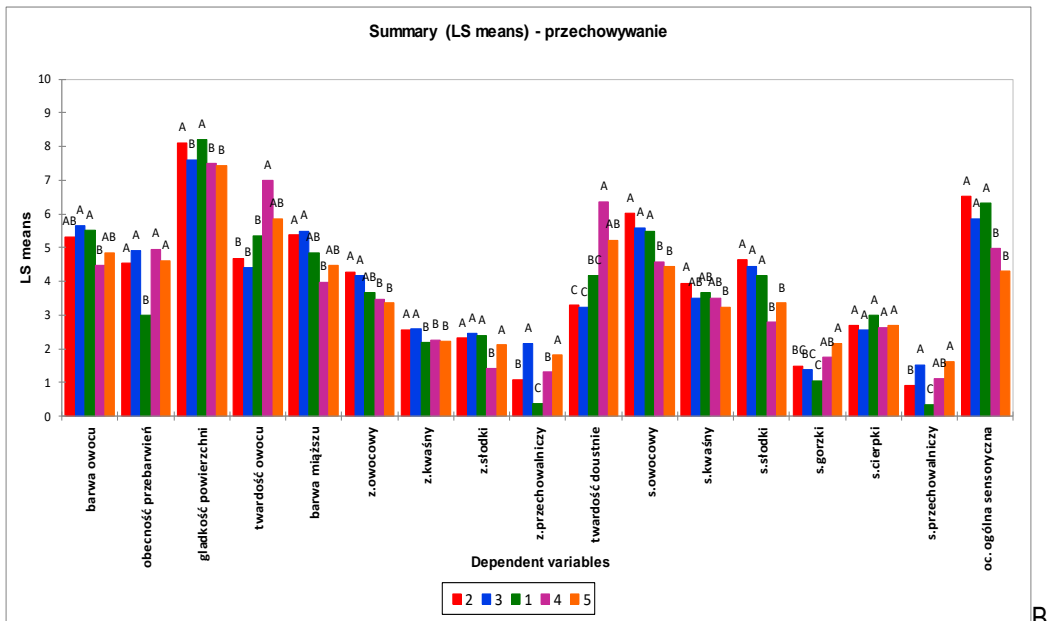
D)

Rys. 54. Podobieństwa i różnice w jakości sensorycznej owoców minikiwii z III kombinacji doświadczenia z uwzględnieniem przechowywania dla próbek: A) I.1\_1TO Kont. (ZW) - I.1\_5TO Kont. (ZW); B) I.2\_2TO X-Tendy (ZW) - I.2\_5TO X-Tendy (ZW); C) I.3\_1TO ZW+OZ - I.3\_5TO ZW+OZ; D) I.4\_1TO KA - I.4\_5TO KA





A)



B)

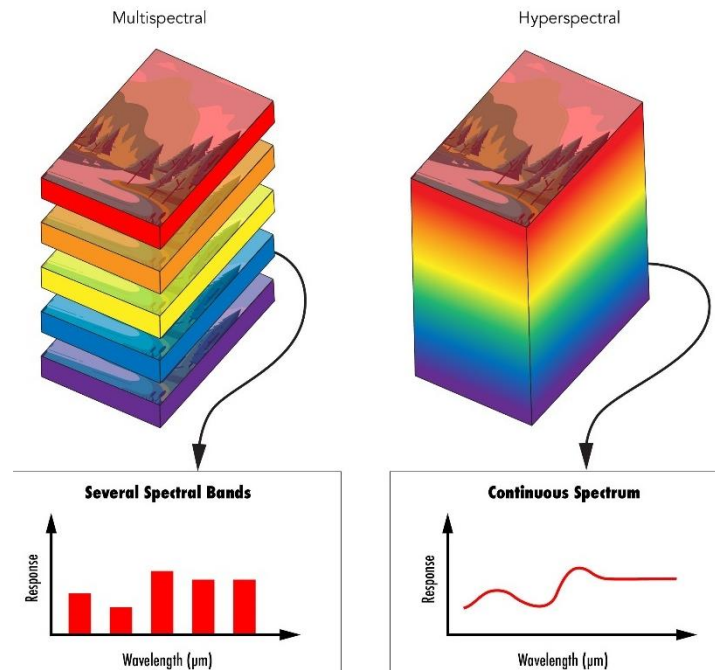
Rys. 55. Różnice istotnie statystyczne dla atrybutów ze względu na A) próbki i B) terminy ocen (przechowywanie); III kombinacja doświadczenia.



### **3. Zaprojektowanie i wykonanie prototypu modułu do oceny dojrzałości owoców minikiwi (MODOM) (osobna numeracja tabel i rysunków)**

Prace nad prototypem modułu do oceny dojrzałości owoców minikiwi prowadzono w trzech grupach tematycznych: projektowanie i konstruowanie prototypu, regulacja i sterowanie elementami roboczymi prototypu, programowanie algorytmów rejestracji, przetwarzania i analizy danych spektralnych.

Obrazowanie spektralne należy rozumieć jako rejestrację fal elektromagnetycznych za pomocą specjalistycznych urządzeń, które umożliwiają zapisanie informacji o optycznych właściwościach materii, nie tylko w zakresie światła widzialnego, ale także poza nim, od ultrafioletu po mikrofalę. Technika ta polega na rejestracji obrazów za pomocą kamer, wyposażonych w spektrometry. Kamery tego typu rejestrują obrazy w wielu wąskich pasmach promieniowania elektromagnetycznego, przy czym każdemu pasmu odpowiada jeden obraz. Dzięki obecności spektrometru promieniowanie odbijane lub przenikające przez obiekt i docierające do detektora rozszczepiane jest na zakresy widma o stałej szerokości i dla takich wąskich pasm tworzone są osobne obrazy cyfrowe. W efekcie powstaje stos obrazów, z których każdy reprezentuje wąskie pasmo widma. Zależnie od techniki obrazowania, rejestracji może podlegać poziom absorpcji promieniowania przez materię, poziom przenikania promieniowania (transmitancja) lub poziom jego odbicia (reflektancja). Jednym z ważniejszych parametrów pracy urządzeń rejestrujących obrazy spektralne jest rozdzielczość spektralna, która odpowiada zdolności urządzenia do rejestracji określonej liczby kanałów spektralnych (zakresów widma) o ustalonej szerokości. Większa rozdzielczość spektralna oznacza, że urządzenie może zarejestrować więcej kanałów spektralnych, często pokrywających niemal cały zakres widma elektromagnetycznego, przy czym najczęściej ich szerokość jest niewielka. Rozdzielczość spektralna urządzenia decyduje zatem o rodzaju rejestrowanego obrazu, a może nim być obraz multi- lub hiperspektralny. Zasadnicza różnica między tymi dwoma rodzajami obrazów wynika z liczby wartości, charakteryzujących pojedynczy piksel obrazu, które odpowiadają reflektancjom lub transmitancjom promieniowania w określonych zakresach widma oraz z faktu czy zakresy te sąsiadują ze sobą (Rys.1).

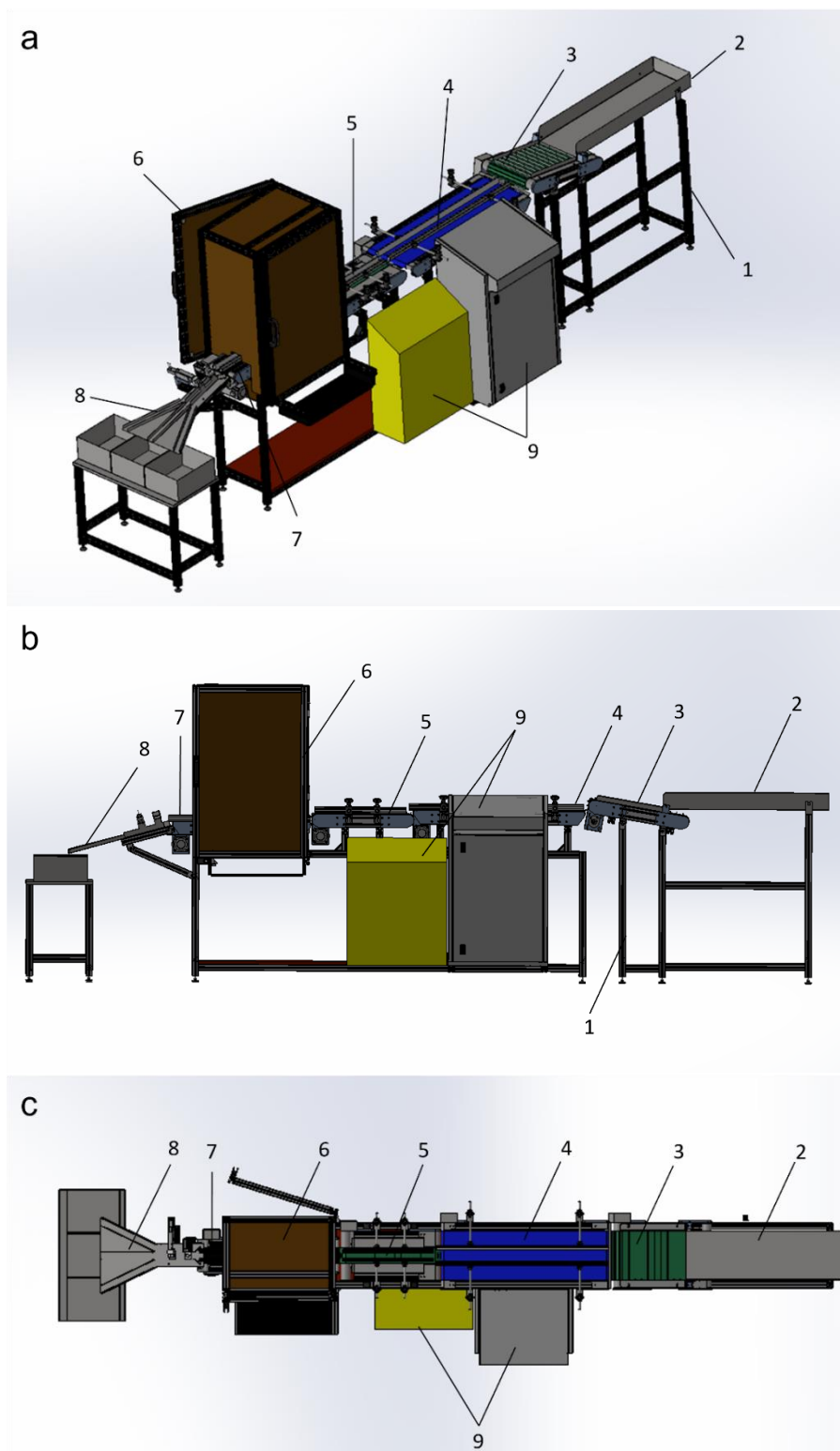


Rys. 1. Obraz multispektralny (po lewej) i hiperspektralny (po prawej) oraz zakresy wykorzystanych w nich promieniowań. Źródło: Unninayar i Olsen, 2008

Rejestracja obrazów spektralnych wymaga źródła światła o określonej mocy i składzie spektralnym, przy czym źródło to musi charakteryzować się widmem ciągłym, a jeżeli są to układy rejestrujące obraz w zakresie bliskiej podczerwieni, to również źródło światła musi emitować promieniowanie w tym zakresie. Naturalnym źródłem światła, spełniającym powyższe wymagania jest oczywiście słońce, natomiast w przypadku światła sztucznego, wymagania te spełniają oświetlacze halogenowe, gdyż charakteryzuje je ciągłe widmo w zakresie długości fal 400 – 2500 nm, ale jednocześnie emisja promieniowania w zakresie podczerwieni sprawia, że emitują one duże ilości energii w postaci ciepła.

### 3.1. Wyniki prac projektowych i konstrukcyjnych

W wyniku prowadzonych prac badawczych, zaprojektowano, a następnie wykonano prototypową konstrukcję urządzenia sortującego owoce minikiwi, która ze względu na swój uniwersalny charakter może też zostać wykorzystana do sortowania innych owoców czy drobnych warzyw. Zaprojektowane urządzenie ma budowę modułową, w której wyróżnić można 3 główne elementy składowe (Rys. 2): system transportowy z pojemnikiem zasypowym, komorę wizyjną z własnym przenośnikiem oraz rozdzielacz (diverter).



Rys. 2. Moduł oceny dojrzałości owoców minikiwi MODOM, a) widok ogólny, b) widok z boku, c) widok z góry: 1 – rama nośna, 2 – pojemnik zasypowy, 3 – przenośnik zabierakowy 1, 4 – przenośnik taśmowy liniujący 2, 5 – przenośnik zabierakowy 3, 6 – komora wizyjna, 7 – przenośnik taśmowy 4 (w komorze wizyjnej), 8 – rozdzielacz, 9 – szafa sterownicza

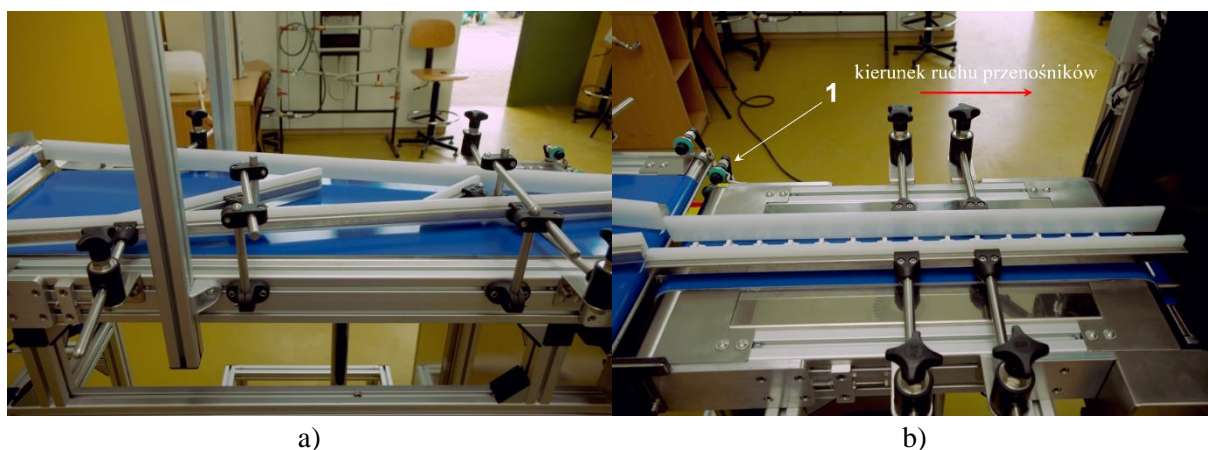
Wszystkie elementy wraz z dodatkowym wyposażeniem w postaci szaf sterowniczych, jednostki obliczeniowej (komputer PC) oraz monitora dotykowego zostały posadowione na lekkiej ramie nośnej, wykonanej z profili aluminiowych, wyposażonej w system jezdny. Na system transportowy składają się

dwa przenośniki zabierakowe oraz umieszczony między nimi przenośnik taśmowy. Zadaniem przenośnika zabierakowego 1 jest odbiór owoców z pojemnika zasypowego i przekazanie ich na taśmę kolejnego przenośnika (liniującego) tak, aby uniknąć zbędnego obijania owoców (Rys. 3).



Rys. 3. Elementy konstrukcji prototypu, a) przenośnik zabierakowy 1, b) pojemnik zasypowy

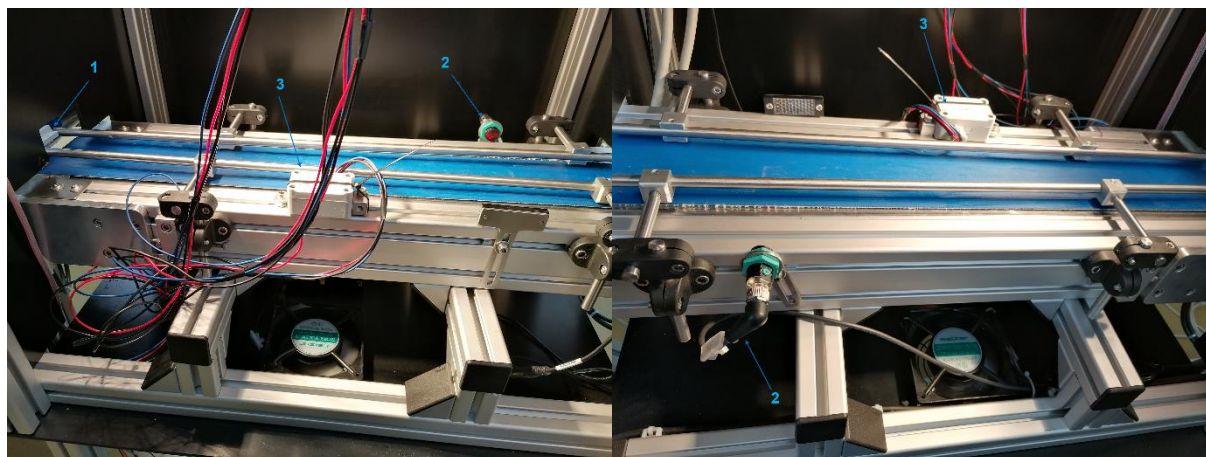
Owoce minikiwi są ciężkie i jednocześnie delikatne, dlatego standardowe rozwiązania transportowe, wykorzystywane np. w sortownikach do owoców borówki wysokiej nie sprawdzą się. Na taśmie przenośnika liniującego owoce ustawiane są w kolejkę, a następnie pojedynczo odbierane przez przenośnik zabierakowy 3, którego pracą steruje czujnik obecności owocu umieszczony nad skrajnym zabierakiem od strony przenośnika taśmowego 2 (Rys. 4).



Rys. 4. Elementy konstrukcji prototypu, a) przenośnik taśmowy, liniujący 2, b) przenośnik zabierakowy 3: 1 – czujnik obecności owocu

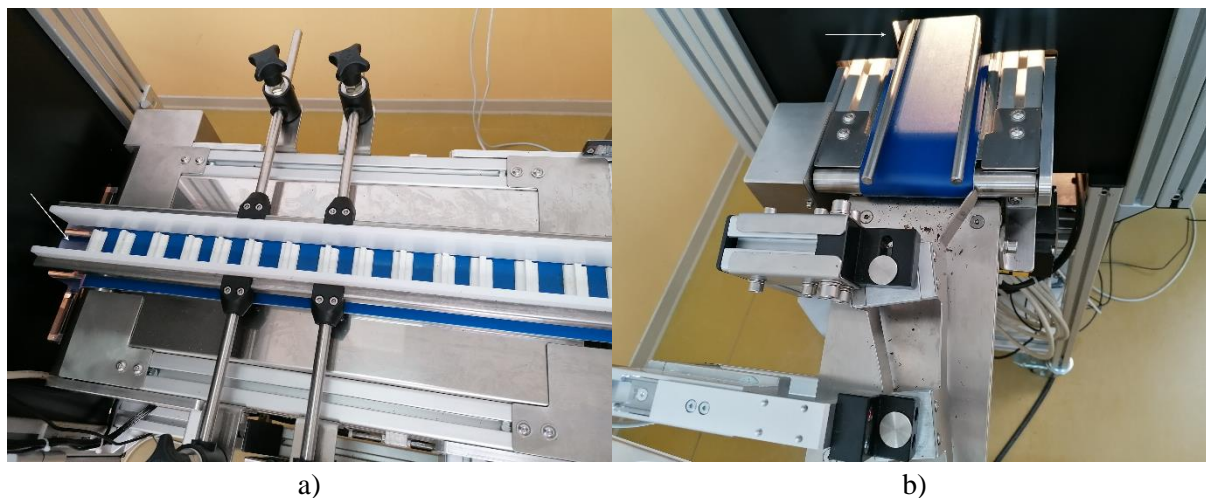
Za każdym razem, gdy skrajny zabierak od strony przenośnika 2 zostanie zapełniony, silnik elektryczny przenośnika przesuną taśmę z zabierakami o jeden krok w przód, odsłaniając kolejny zabierak. W tym samym momencie przeciwległy skrajny zabierak przenośnika 3 przekazuje owoc przez otwór wlotowy na taśmę przenośnika 4, znajdującego się we wnętrzu komory wizyjnej (Rys. 5).





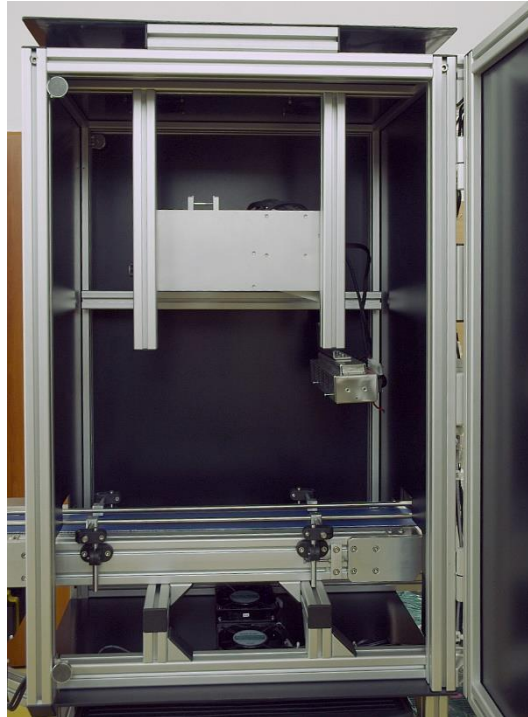
Rys.5. Przenośnik taśmowy 4 wewnątrz komory wizyjnej, a) widok z tyłu, b) widok z przodu: 1 – fragment zabieraka przenośnika 3, 2 – czujnik obecności owocu, 3 – czujnik temperatury

Komora wizyjna znajduje się nad przenośnikiem taśmowym 4, który na wejściu do komory jest połączony z przenośnikiem zabierakowym 3, a na wyjściu z komory z rozdzielaczem. Komora ma kształt prostopadłościenny i wykonana jest z materiału o barwie czarnej, przy czym jej ściany boczne, ułożone prostopadle do kierunku pracy przenośników zawierają otwory odpowiednio wlotowy, od strony przenośnika zabierakowego i wylotowy od strony rozdzielacza, umożliwiające wprowadzenie i wyprowadzenie owoców z komory przy jednoczesnym ograniczeniu dostępu światła zewnętrznego do komory (Rys. 6).



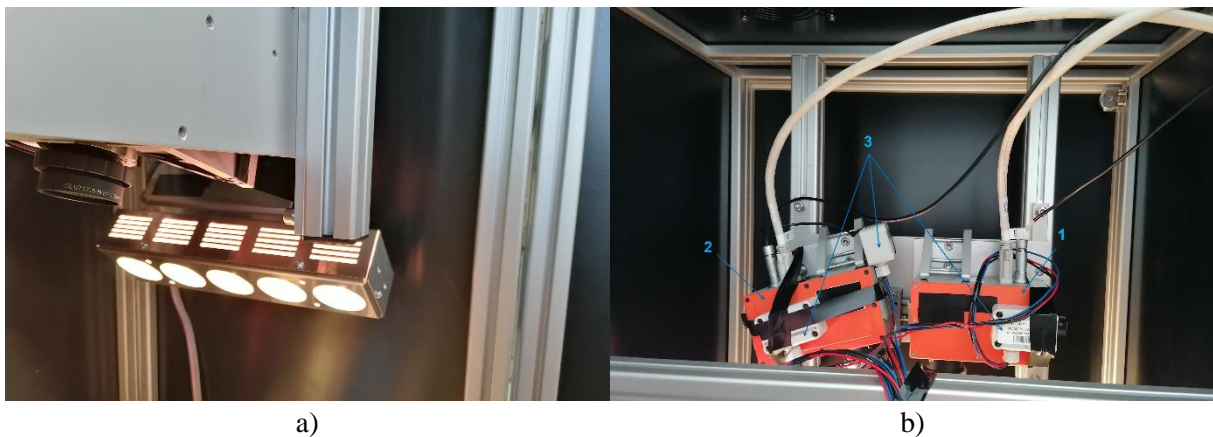
Rys. 6. Elementy konstrukcji prototypu, a) otwór wlotowy od strony przenośnika zabierakowego 3, b) otwór wylotowy od strony rozdzielacza

Ściany boczne komory wizyjnej, położone wzdłuż przenośnika taśmowego 4 są wykonane w formie drzwi, zamykanych na magnes, co umożliwia pełny dostęp do wnętrza komory, np. w celu serwisowania, montażu i demontażu znajdujących się tam urządzeń (Rys. 7).



Rys. 7. Komora wizyjna – widok ogólny z przodu

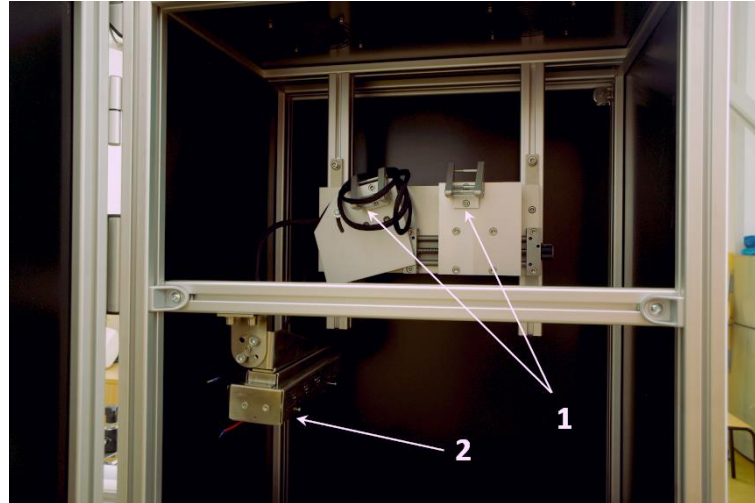
W komorze zamontowano pionowe prowadnice, do których zamocowano oświetlacz halogenowy o mocy 250W, składający się z 5 żarówek halogenowych o mocy 50W każda oraz układ kamer hiperspektralnych, połączonych z komputerem, które służą do rejestracji własności spektralnych owocu w zakresie światła widzialnego oraz bliskiej podczerwieni, przy czym proces klasyfikacji owoców na podstawie danych spektralnych jest wspomagany komputerowo (Rys. 8).



Rys. 8. Wnętrze komory wizyjnej MODOM, a) oświetlacz halogenowy, b) uchwyt z kamerami hiperspektralnymi: 1 – FX10, 2 – FX17, 3 – czujnik temperatury i wilgotności powietrza

Uchwyty w prowadnicach (Rys. 9) umożliwiają również montaż innych urządzeń rejestrujących oraz oświetlaczy, zależnie od potrzeb, należy jednak pamiętać, że specyfika kamer hiperspektralnych, wykorzystanych w tej konstrukcji polega na liniowym skanowaniu obiektu przesuwanego się pod nimi.





Rys. 9. Wnętrze komory wizyjnej MODOM ze stelażem: 1 – uchwyty do kamer, 2 – oświetlacz halogenowy

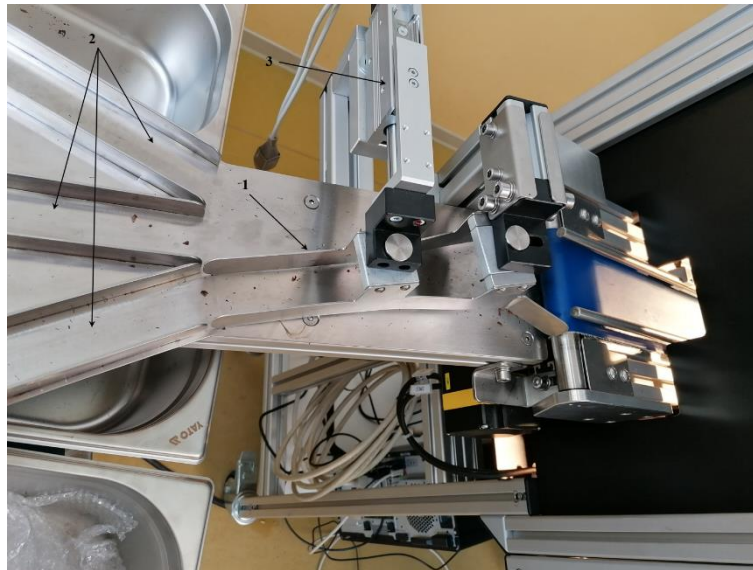
Ponadto komora wizyjna zawiera zespół wentylatorów, które zapewniają warunki wymuszonej konwekcji powietrza, nagrzanego w wyniku pracy oświetlacza, przy czym wentylatory zamocowane są w dolnej i górnej ścianie komory i nad górną ścianą komory znajduje się dodatkowa przysłona, ograniczająca dostęp światła zewnętrznego przez przestrzeń między łopatkami wentylatorów (Rys.10).



Rys. 10. Wnętrze komory wizyjnej MODOM, a) wentylatory w płycie dolnej, b) wentylatory w płycie górnej: 1 – przysłona ochronna

Nad przenośnikiem taśmowym 4 w komorze wizyjnej znajduje się drugi czujnik obecności owocu, którego zadaniem jest wywołanie procedury analizy danych spektralnych, rejestrowanych w sposób ciągły w polu widzenia kamer. Odległość tego czujnika od pola widzenia kamer jest regulowana i zależy od prędkości przesuwu taśmy przenośnika oraz częstotliwości rejestracji klatek przez kamery. Zasadniczo czujnik znajduje się za polem widzenia kamer, w odległości, umożliwiającej wykrycie owocu po jego wyjściu z tego pola, dzięki czemu stale rejestrowane dane spektralne faktycznie dotyczą całej powierzchni owocu, a nie taśmy przenośnika. Wewnątrz komory znajdują się również czujniki temperatury oraz wilgotności względnej powietrza, które na bieżąco monitorują warunki pracy i przekazują dane bezpośrednio do bazy danych Microsoft SQL.

Rozdzielacz wyposażony jest w kierownicę, która pracuje w płaszczyźnie poziomej (Rys. 11). Poniżej kierownicy znajdują się trzy kanały, do których kierowane są owoce. Kierownica kieruje owoce o zadanej klasie dojrzałości, zwróconej przez system przetwarzania danych spektralnych, do odpowiedniego kanału (o tym który to kanał decydują ustawienia pracy algorytmu sterującego), którym owoce zsuwają się do pojemników lub mogą być przekazywane na oddzielne linie transportowe.



Rys. 11. Widok ogólny rozdzielacza: 1 – kierownica, 2 – kanały rozdzielacza, 3 – siłownik elektryczny

Pracą kierownicy steruje siłownik elektryczny, połączony z jednostką sterującą. Siłownik skonfigurowany jest do ustawienia kierownicy rozdzielacza w dowolnej pozycji przy jednoczesnej regulacji prędkości jej przesuwu. Rozdzielacz skonstruowano tak, aby możliwa była regulacja kąta jego nachylenia w płaszczyźnie pionowej, co ułatwia zgranie modułu z innymi elementami linii sortującej, przy czym rozdzielacz nie powinien znajdować się w położeniu poziomym, gdyż przemieszczanie owoców w jego kanałach odbywa się w sposób grawitacyjny.

Pracą zespołu przenośników steruje system automatyki zawierający czujniki oraz jednostkę sterującą, połączoną z układem napędowym przenośników i siłownikiem rozdzielacza. Pracę układu automatyki nadzoruje system informatyczny SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*), którego zadaniem jest skomunikowanie elementów pomiarowych i wykonawczych z podsystemem wizyjnym odpowiedzialnym za klasyfikację owoców, na który składają się: komputer PC pełniący rolę jednostki obliczeniowej, wyposażony w monitor dotykowy, mysz i klawiaturę.

Ramę nośną MODOM zaprojektowano tak, aby możliwe było odłączenie tej części, na której posadowiony jest pojemnik zasypowy i przenośnik zabierakowy 1 od reszty modułu sortującego, co ma ułatwić ewentualny transport urządzenia. Dzięki kompaktowej budowie, moduł może zostać dowolnie łączony z innymi elementami linii sortujących, zwłaszcza z ich elementami transportowymi lub pojemnikami.

**Opracowana konstrukcja komory wizyjnej została zgłoszona do Urzędu Patentowego RP w dniu 16.12.2022, pod numerem P.443173, pt. *Układ do pozbiorniczego sortowania owoców*. (Zał. do WoP)**

### 3.2. Wyniki prac nad systemem regulacji i sterowania elementami roboczymi prototypu

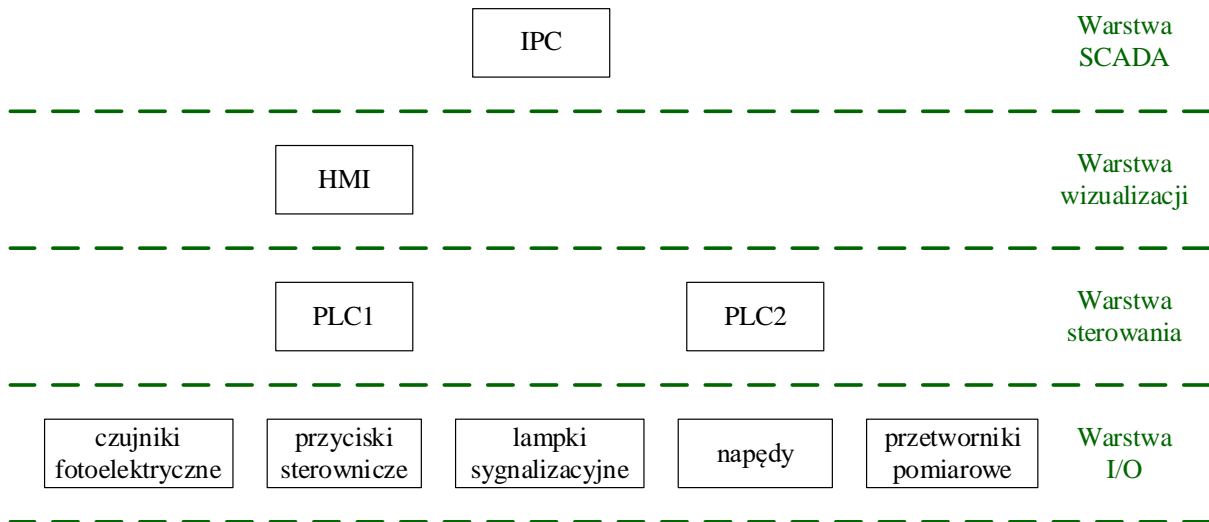
Ze względu na ogólny podział prac konstrukcyjnych w projekcie opracowanie systemu regulacji i sterowania elementami roboczymi prototypu przebiegało zgodnie z poniższym harmonogramem:

- opracowanie systemu monitoringu i archiwizacji danych pomiarowych na stanowisku obrazowania spektralnego oraz zaprojektowanie układu sterowania na tym stanowisku
- zaprojektowanie i wykonanie układu sterowania pracą stanowiska obrazowania hiperspektralnego
- zaprojektowanie i wykonanie układu sterowania prototypu MODOM
- opracowanie algorytmu sterowania pracą stanowiska obrazowania hiperpektralnego
- wdrożenie i strojenie algorytmu sterowania pracą stanowiska obrazowania hipespektralnego
- opracowanie i wdrożenie algorytmu sterowania pracą prototypu MODOM

### 3.2.1. Koncepcja układu sterowania prototypu MODOM

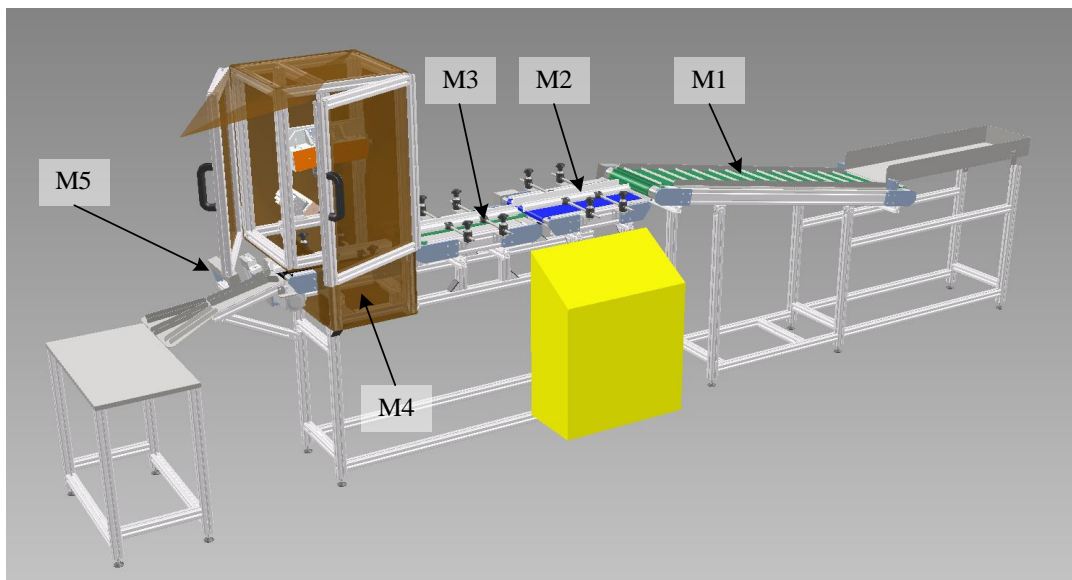
Układ sterowania prototypem MODOM (sortownika) ma klasyczną strukturę warstwową. Jest ona schematycznie przedstawiona na rysunku 12. Struktura dzieli się na warstwy: I/O, sterowania, wizualizacji oraz SCADA.

Najniższą warstwę stanowią urządzenia wejściowe i wykonawcze (I/O). Podstawowymi elementami wykonawczymi sortownika są napędy obsługujące cztery przenośniki (M1-M4) oraz kierownicę (M5).



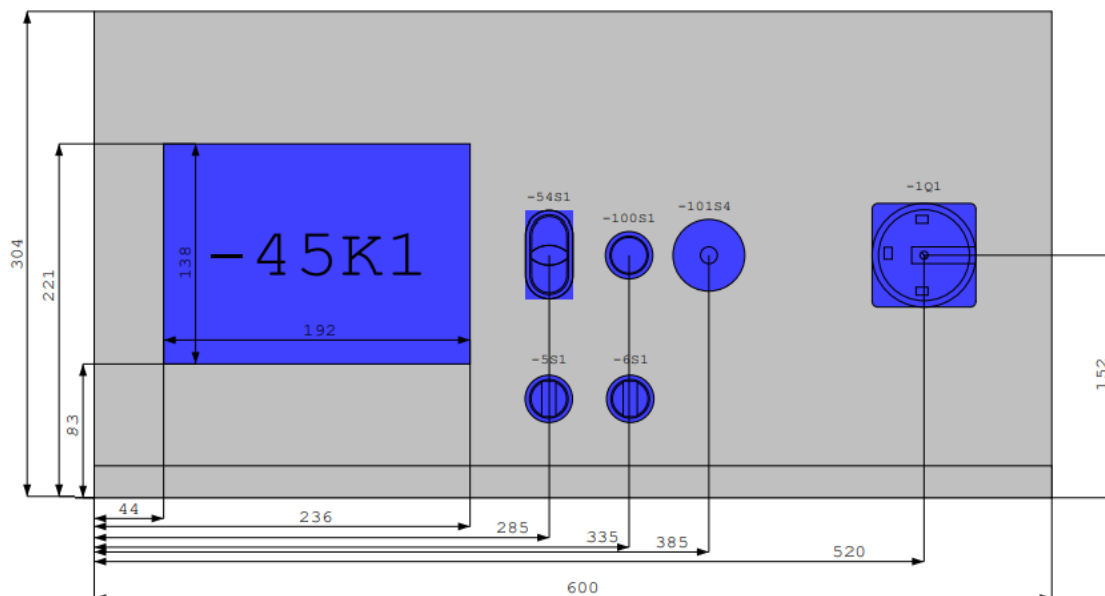
Rys. 12. Struktura systemu sterowania prototypu MODOM

Rozmieszczenie poszczególnych napędów na schemacie poglądowym sortownika przedstawia rysunek 13. Przenośniki 1 (zabierakowy 1), 2 (taśmowy liniujący) i 4 (taśmowy w komorze wizyjnej) napędzane przez M1, M2 i M4 działają w sposób ciągły. Przenośnik 3 napędzany przez M3 działa w sposób krokowy. Napęd kierownicy M5 odpowiada za kierowanie owoców do odpowiednich kontenerów po opuszczeniu komory wizyjnej na podstawie wskazań klasyfikatora. Analiza obrazu oraz klasyfikacja realizowane są przez komputer PC, który z punktu widzenia systemu sterowania jest elementem zewnętrznym. Jednym z założeń prac projektowych było zaprogramowanie dwukierunkowej komunikacji pomiędzy systemem sterowania a systemem analizy obrazu.



Rys. 13. Rysunek poglądowy prototypu sortownika z zaznaczonymi urządzeniami wykonawczymi

Źródłem sygnałów wejściowych są przyciski znajdujące się na obudowie szafy sterowniczej, czujniki fotoelektryczne oraz przetworniki pomiarowe. Umieszczenie przycisków na szafie sterowniczej pokazane jest na rysunku 14. Dodatkowo, tabela 1 opisuje funkcje realizowane przez poszczególne przyciski. Zastosowano czujniki fotoelektryczne marki Pepperl+Fuchs model GLV18-55-G/73/120.



Rys.14. Widok górny pulpitu sterowniczego, gdzie: 45K1 – panel HMI, 54S1, 100S1, 5S1, 6S1 – przyciski sterownicze, 101S4 – wyłącznik bezpieczeństwa, 1Q1 – wyłącznik główny

**Tabela 1.** Opis funkcyjny przycisków dostępnych na szafie sterowniczej

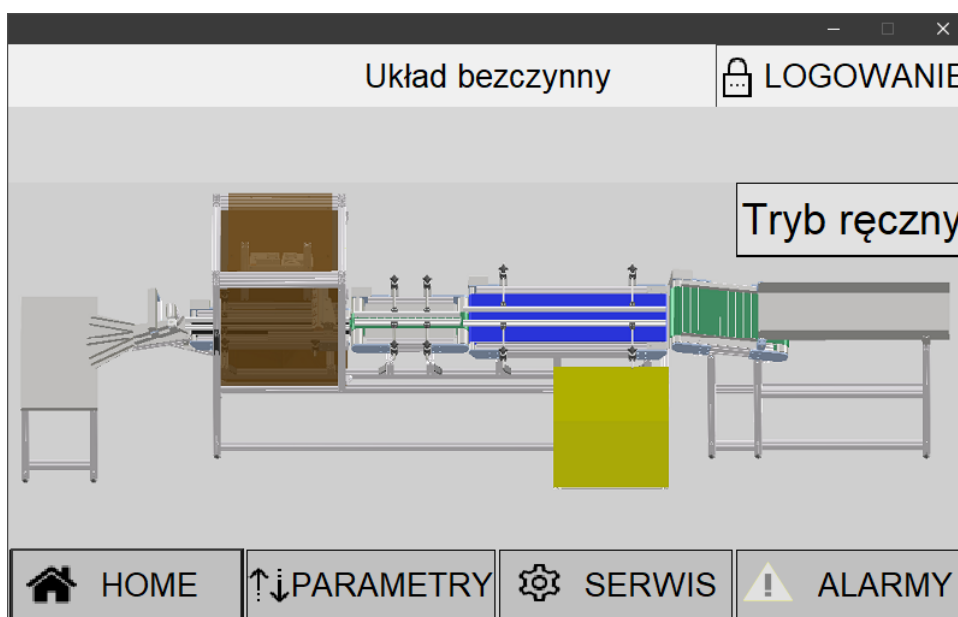
Oznaczenie	Funkcja
1Q1	wyłącznik główny zasilania stanowiska
101S4	wyłącznik bezpieczeństwa
54S1	uruchomienie urządzenia zatrzymanie urządzenia bazowanie napędów M1-M4
100S1	kasowanie alarmów
5S1	sterowanie oświetleniem stanowiska
6S1	sterowanie wentylatorami komory wizyjnej

Ich zadaniem jest wykrywanie owoców, pozycjonowanie przenośnika zabierakowego 3 oraz generowanie alarmów związanych z ewentualnym zatorem przenośnika liniującego 2. Z kolei przetworniki pomiarowe marki F&F model MB-AHT-1 służą do monitorowania temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnątrz komory wizyjnej. Zastosowano cztery przetworniki rozmieszczone w różnych miejscach komory.

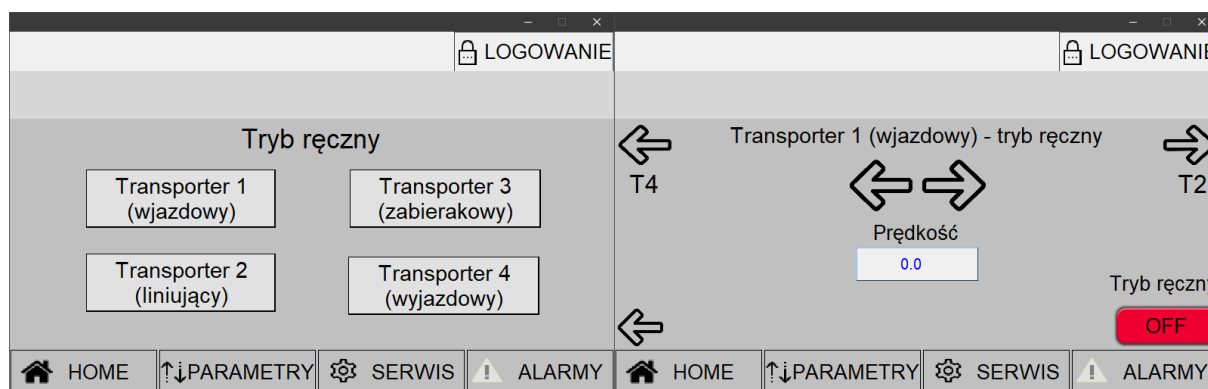
W kolejnej warstwie systemu, tj. warstwie sterowania, znajdują się dwa sterowniki PLC: marki Mitsubishi model FX5UC-32MT/DSS-TS (PLC1) oraz marki Siemens model S7-1214C (PLC2). Sterownik PLC1 odpowiada za przetwarzanie sygnałów wejściowych z przycisków sterowniczych i czujników fotoelektrycznych oraz realizację programu sterowania napędami przenośników M1-M4. Program sterowania został zaprezentowany w Aneksie 1: *Program sterownika PLC1*. Sterowanie napędami M1-M4 realizowane jest impulsowo w trybie PULSE/SIGN za pomocą wyjść cyfrowych sterownika. Do wysterowania każdego napędu wykorzystywane są dwa wyjścia, jedno odpowiada za

generowanie impulsów sterujących, a drugie za ustawienie kierunku obrotu silnika. Podstawowe ustawienia związane z napędami M1-M4 można parametryzować z poziomu aplikacji uruchomionej na panelu operatorskim marki Weintek model MT8071iE (HMI). Wybrane ekrany aplikacji są przedstawione na rysunkach 15 – 17, a pełną strukturę aplikacji przedstawia lista poniżej:

- Ekran główny (Rys. 15)
  - Tryb ręczny (Rys. 16)
- Ekran ustawień (Rys. 17)
  - Prędkości przenośników
  - Opóźnienia
  - Diagnostyka wejść/wyjść
- Ekran serwisowy
- Ekran alarmów



Rys. 15. Ekran główny aplikacji HMI

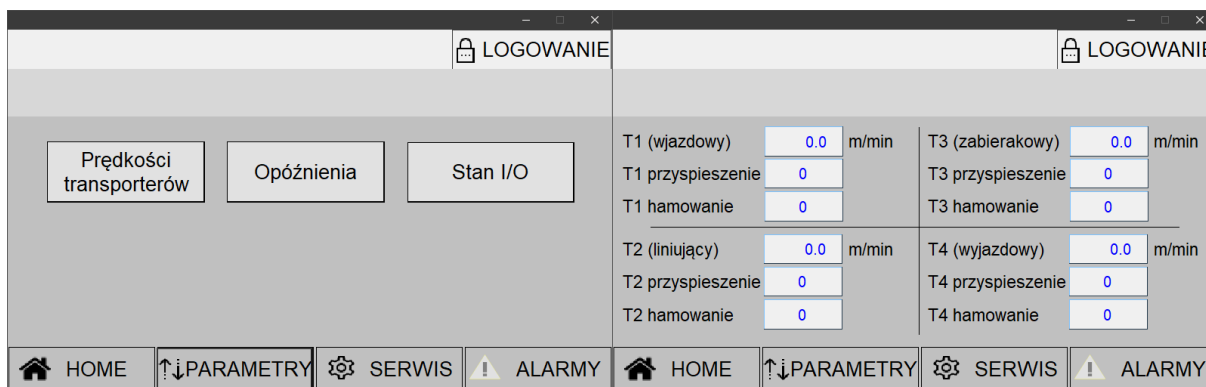


a)

b)

Rys. 16. Ekran trybu ręcznego aplikacji HMI: a – wybór przenośnika, b – sterowanie ręczne przenośnika 1





a)

b)

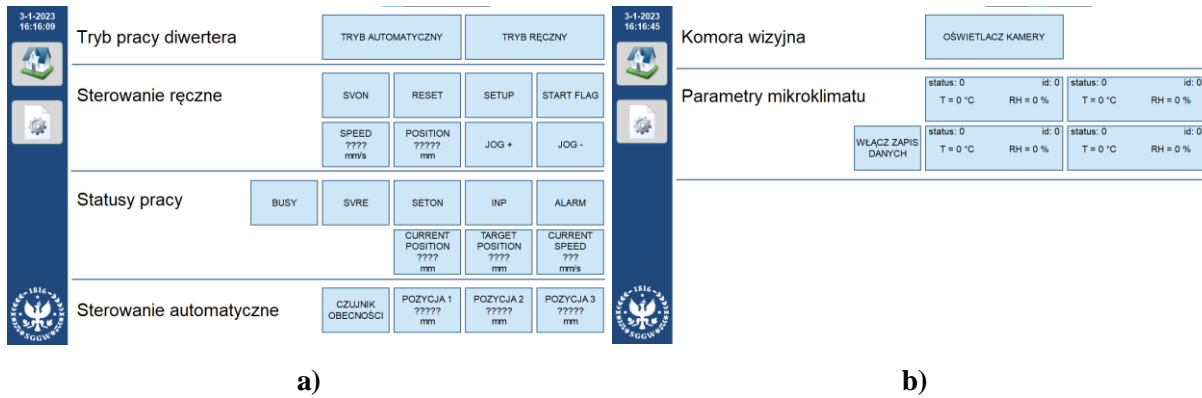


c)

Rys. 17. Ekran ustawień aplikacji HMI: a – wybór kategorii, b – ustawienia opóźnień, c – diagnostyka wejść/wyjść

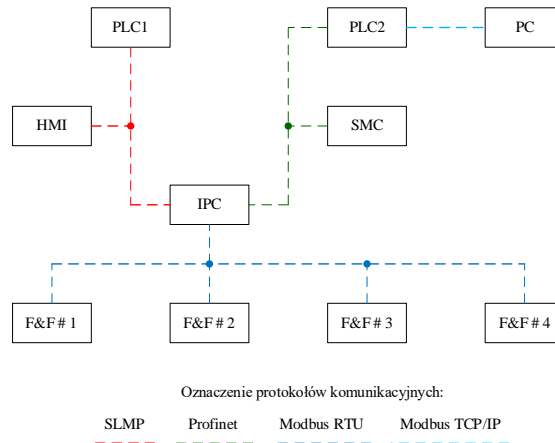
Głównym zadaniem sterownika PLC2 jest realizacja programu sterowania napędem kierownicy M5. Program sterowania został przedstawiony w rozdziale Aneks 2: *Program sterownika PLC2*. Elementem wykonawczym jest w tym wypadku siłownik elektryczny marki SMC model LEPS10J-50R-S5CP18. Siłownik sterowany jest cyfrowo przy użyciu protokołu Profinet. W obecnej konfiguracji układ ma zaprogramowane trzy pozycje kierownicy, które można powiązać z maksymalnie trzema klasami dojrzałości owoców. Sterownik przekazuje informacje o wykryciu owocu w komorze wizyjnej do komputera PC, na którym realizowana jest analiza obrazu. Po zakończonej analizie sterownik otrzymuje informacje zwrotną o prognozowanym stopniu dojrzałości i na tej podstawie przesyła zadaną pozycję do napędu kierownicy M5. Zmiana podstawowych ustawień napędu M5 możliwa jest z poziomu aplikacji SCADA. Aplikacja uruchomiona jest na komputerze przemysłowym (IPC) serii PS6000 marki Proface i została przygotowana w oprogramowaniu Blue Open Studio.

Część wizualna aplikacji składa się z dwóch ekranów przedstawionych na rysunku 18. Na ekranie ustawień kierownicy możliwa jest pełna kontrola napędu M5. Z poziomu ekranu ustawień komory wizyjnej możliwe jest uruchomienie oświetlacza kamery, podgląd aktualnych danych z przetworników pomiarowych oraz aktywacja rejestracji pomiarów w bazie danych. Bezpośrednio do IPC podłączone są przetworniki pomiarowe F&F. Pomiarzy temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnątrz komory wizyjnej rejestrowane są w bazie danych Microsoft SQL. Serwer bazy danych jest również zainstalowany na komputerze IPC.



Rys. 18. Ekrany główne aplikacji SCADA: a – ekran ustawień kierownicy, b – ekran ustawień komory wizyjnej

Istotnym elementem całego systemu sterowania jest komunikacja pomiędzy poszczególnymi komponentami (Rys. 19).



Rys. 19. Schemat systemu komunikacji układu sterowania sortownika

Większość komponentów systemu sterowania połączona jest w oparciu o sieć Ethernet z wykorzystaniem różnych protokołów komunikacyjnych. Centralnym punktem systemu jest komputer przemysłowy IPC. Ze sterownikiem PLC1 łączy się protokołem SLMP. W taki sam sposób zrealizowane jest także połączenie PLC1-HMI. Do komunikacji ze sterownikiem PLC2 wykorzystano protokół Profinet. Ten sam protokół służy również do wymiany danych z napędem kierownicy M5 marki SMC. Aby zapewnić wymianę danych między systemem automatyki a systemem analizy obrazu, wykorzystano protokół Modbus TCP/IP łączący PLC2 i komputer PC, który steruje pracą układu akwizycji i analizy obrazu. Jeden z czujników fotoelektrycznych umieszczony w komorze wizyjnej pełni rolę wyzwalacza przekazując do komputera PC sygnał do rozpoczęcia akwizycji obrazu. Po wykonanej analizie komputer PC przesyła do sterownika PLC2 informacje zwrotną o przypisanej do badanego owocu klasie. Na tej podstawie sterownik PLC2 steruje ustawieniem napędu kierownicy M5.

Odczyt danych z przetworników pomiarowych F&F zrealizowany jest za pośrednictwem protokołu Modbus RTU. W tabeli 2 zawarto podstawowe adresy sieciowe komponentów systemu sterowania.

**Tabela 2.** Adresy urządzeń w sieci

Oznaczenie	Adres
PLC1	IP = 192.168.10.10
HMI	IP = 192.168.10.11
PLC2	IP = 192.168.10.20
IPC	IP = 192.168.10.21



SMC	IP = 192.168.10.22
PC	IP = 192.168.10.30
F&F # 1...4	Modbus ID = 1...4

### 3.3. Rejestracja, przetwarzanie i analiza danych spektralnych

#### 3.3.1. Rejestracja obrazów hiperspektralnych oraz pomiar refraktometryczny

Obrazy hiperspektralne, które stanowiły źródło danych dla modeli klasyfikacyjnych rejestrowano w komorze wizyjnej prototypu w dwóch sezonach zbiorów, przypadających na lata 2021 i 2022. Obrazy rejestrowano za pomocą wypożyczonych w tym celu kamer marki SPECIM, model FX10 i FX17 (Oulu, Finlandia), które pracowały w trybie skanowania liniowego (ruchomy obiekt i nieruchoma kamera), w zakresie promieniowań odpowiednio 400 – 1000 nm oraz 900 – 1700 nm. Kamera FX10 rejestrowała 448 kanałów spektralnych, kamera FX17 224 kanały spektralne, co w przypadku FX10 oznacza, że jeden obraz odpowiadał kanałowi o szerokości 1,32 nm, a w przypadku FX17 – kanałowi o szerokości 3,5 nm. Maksymalna rozdzielczość przestrzenna kamery FX10 wynosiła 1024 piksele, a kamery FX17 640 pikseli, co oznacza, że linia rejestrowana jednorazowo w czasie integracji składała się z takiej liczby pikseli. Kamery były wyposażone w standardowe obiektywy o kącie widzenia 38°, których ogniskowa wynosiła 17,5 mm, a liczba przysłony f/2.1. Wewnątrz komory wizyjnej owoce oświetlano oświetlaczem halogenowym dzięki czemu rejestrowane obrazy pokrywały cały zakres promieniowania od 400 – 1700 nm. Należy tu wspomnieć, że docelowo procedura klasyfikacyjna, realizowana przez moduł wizyjny i analityczny prototypu nie wymaga zapisu obrazów w pamięci urządzenia. Obrazy są przetwarzane i analizowane w czasie rzeczywistym. Niemniej, budowa algorytmu klasyfikacyjnego wymagała tej operacji, ze względu na konieczność ustalenia, które zakresy promieniowań okażą się przydatne w procesie klasyfikacji.

Jako metodę referencyjną oceny stopnia dojrzałości owoców i określenia ich faktycznej przynależności do klas dojrzałości wykorzystano pomiar refraktometryczny, który wykonywano refraktometrem cyfrowym marki ATAGO, seria PAL-1 (Rys. 20).



Rys. 20. Refraktometr ATAGO PAL-1, przykładowy wynik pomiaru ekstraktu a) w owocu w stanie dojrzałości zbiorczej, b) w owocu dojrzałym

Pomiar ten polegał na analizie zależności między kątem załamania światła a stężeniem substancji rozpuszczonych w próbce soku. Urządzenie zwracało wynik w skali pochodnej - %Brix, odpowiadającej masowemu stężeniu sacharozy w wodzie. W warunkach produkcyjnych za graniczną wartość dojrzałości zbiorczej owoców minikiwi uznaje się 7,5% Brix i taką wartość graniczną przyjęto do

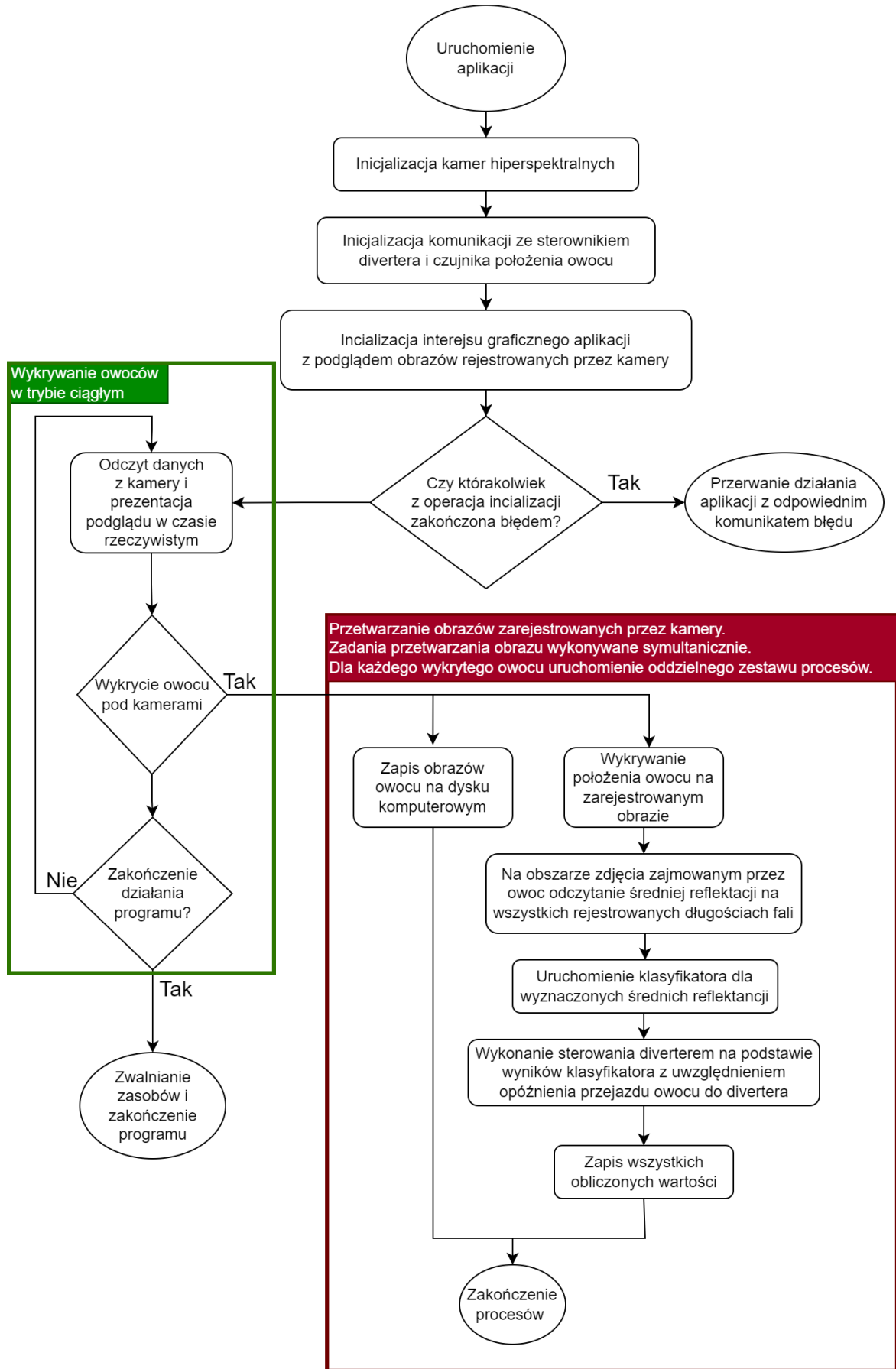


określenia wzorców klas, które oznaczono: A – owoce niedojrzałe (w fazie dojrzałości zbiorczej, rekomendowane do długotrwałego przechowania z zachowaniem opracowanej w projekcie procedury pozbiorczej) i B – owoce dojrzałe (w fazie dojrzałości konsumpcyjnej, rekomendowane do bezpośredniej sprzedaży).

Identyczną procedurę pomiarową stosowano w latach 2021 i 2022. Zestawienie wyników obrazowania oraz pomiarów refraktometrycznych, wykonanych dla każdego owocu umożliwiło zbudowanie zbioru wzorców uczących algorytm klasyfikacji. W tym zbiorze informację o klasie traktowano jak etykietę (zmienną zależną o charakterze nominalnym), natomiast wartości refleksyjności w poszczególnych kanałach spektralnych traktowano jako predyktory (zmiennie niezależne/przyczynowe o charakterze ilościowym). Ogółem takich cech było 672, ale ze względu na niską informatywność obrazów rejestrowanych w początkowych i końcowych zakresach promieniowań, zwłaszcza w zakresie odpowiadającym barwom niebieskim do zbioru danych włączono predyktory, charakteryzujące zakresy widma od 490,43 nm do 909,13 nm oraz od 977,11 nm do 1616,61 nm, co w sumie dało 492 zmienne.

Ze względu na różne protokoły komunikacyjne wykorzystywanych w prototypie urządzeń (głównie kamer i sterowników), a także konieczność kontrolowania procesów rozruchu kamer, rejestracji obrazów, ich archiwizacji, kodowania, przetwarzania i analizy niezbędne okazało się opracowanie autorskiego oprogramowania, które łączyło w sobie wszystkie te operacje, aby przesłać do sterownika prototypu sygnał o przydziale owocu do określonej klasy dojrzałości. Schemat blokowy działania opracowanej aplikacji prezentuje rysunek 21.

W ramach przetwarzania obrazów algorytm realizował operację segmentacji w celu wykrycia owocu i wyeliminowania ewentualnych refleksów światła, pojawiających się na jego powierzchni. Przed odczytaniem refleksyjności owoców wykonywana była również kalibracja radiometryczna, której zadaniem jest zwykle zapewnienie porównywalności obrazów uzyskanych w różnych warunkach oświetleniowych. Zwykle w takich warunkach rejestrowane jest promieniowanie odbite od obrazowanej powierzchni, dlatego kalibracji dokonuje się względem wzorców refleksyjności dla standardów bieli i czerni. Standard czerni uzyskać można przez zarejestrowanie obrazu przy zamkniętej przysłonie obiektywu sensora, natomiast jako standard bieli najczęściej wykorzystuje się specjalne płytki kalibracyjne wykonane z materiału, który niemal w pełni odbija padające nań promieniowanie. Może to być płytka teflonowa (takie rozwiązanie stosowano w czasie realizacji projektu) lub spektralon, czyli fluoropolimer posiadający najwyższy współczynnik odbicia w zakresie promieniowania widzialnego, ultrafioletu oraz bliskiej podczerwieni (Baiano i in. 2012, Cheng i in. 2015, Pan i in. 2016; Gomes i in. 2017).



Rys. 21. Schemat blokowy sposobu działania aplikacji obsługującej zadania rejestracji, przetwarzania i analizy danych hiperspektralnych

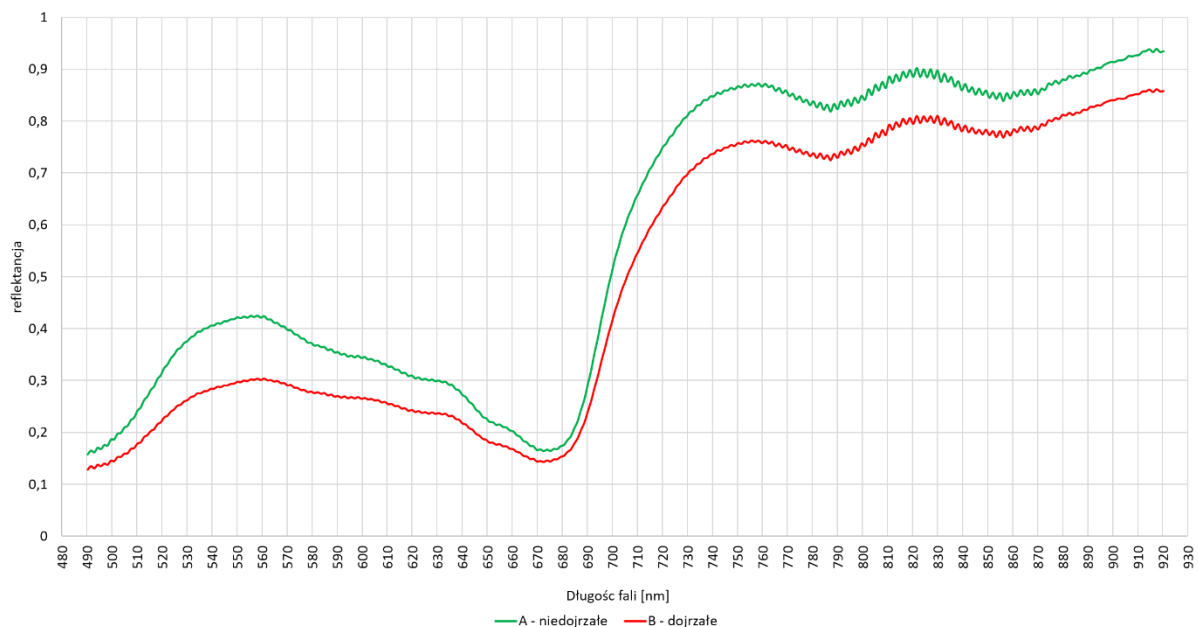
Kalibracja radiometryczna względem obu wzorców przebiegała zgodnie z zależnością (Xiong i in. 2015):

$$R = \frac{I - I_d}{I_w - I_d} \quad (1)$$

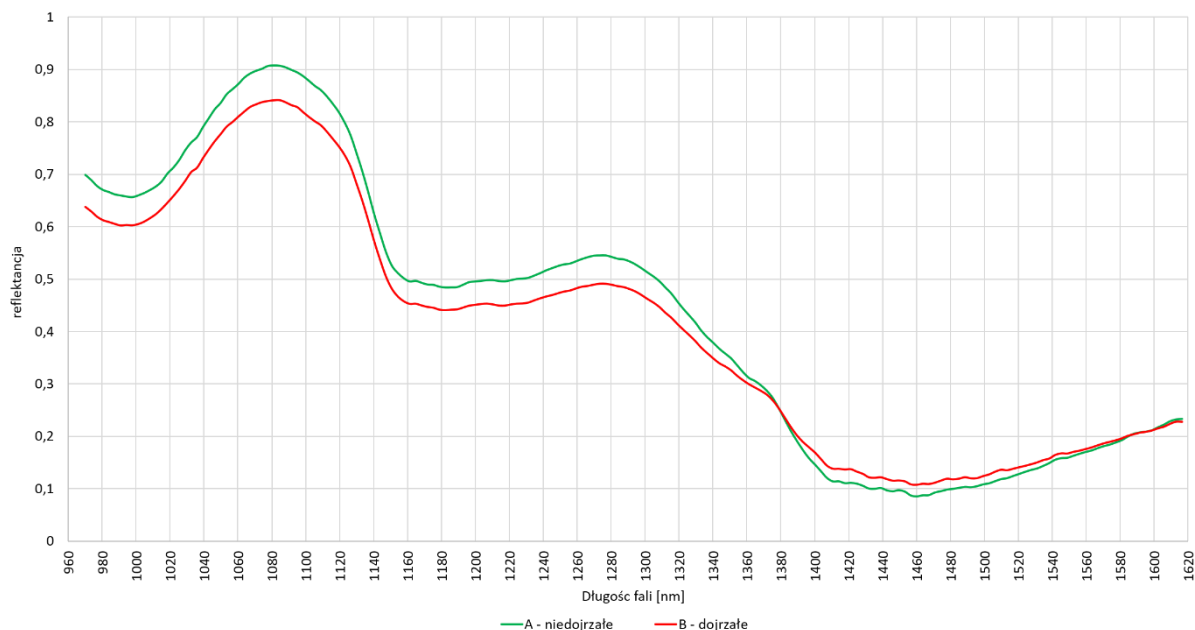
gdzie:  $R$  – skorygowany obraz w określonym kanale spektralnym;  $I$  – oryginalny obraz próbki zarejestrowany w określonym kanale spektralnym;  $I_d$ ,  $I_w$  – obraz standardu odpowiednio czerni i bieli w określonym kanale spektralnym.

### 3.3.2. Charakterystyka spektralna owoców w sezonach 2021 i 2022

W wyniku kalibracji radiometrycznej średnie refleksyjności owoców przyjęły wartości z zakresu 0 – 1. Charakterystyki spektralne owoców, dla których rejestrowano obrazy w sezonie 2021 prezentują rysunki 22 i 23. Najmniejsze różnice w refleksyjności owoców uzyskanych w zakresie światła widzialnego w tym sezonie zaobserwowano dla fal o długości 669,91 nm – 682,11 nm, a w przypadku podczerwieni między 1577,43 nm a 1602,35 nm oraz dla fal o długości 1379,02 nm i 1382,55 nm. W zakresie podczerwieni zaobserwowano zmianę charakteru różnic między refleksyjnością w klasie A i B przy długości fali 1382,55 nm.

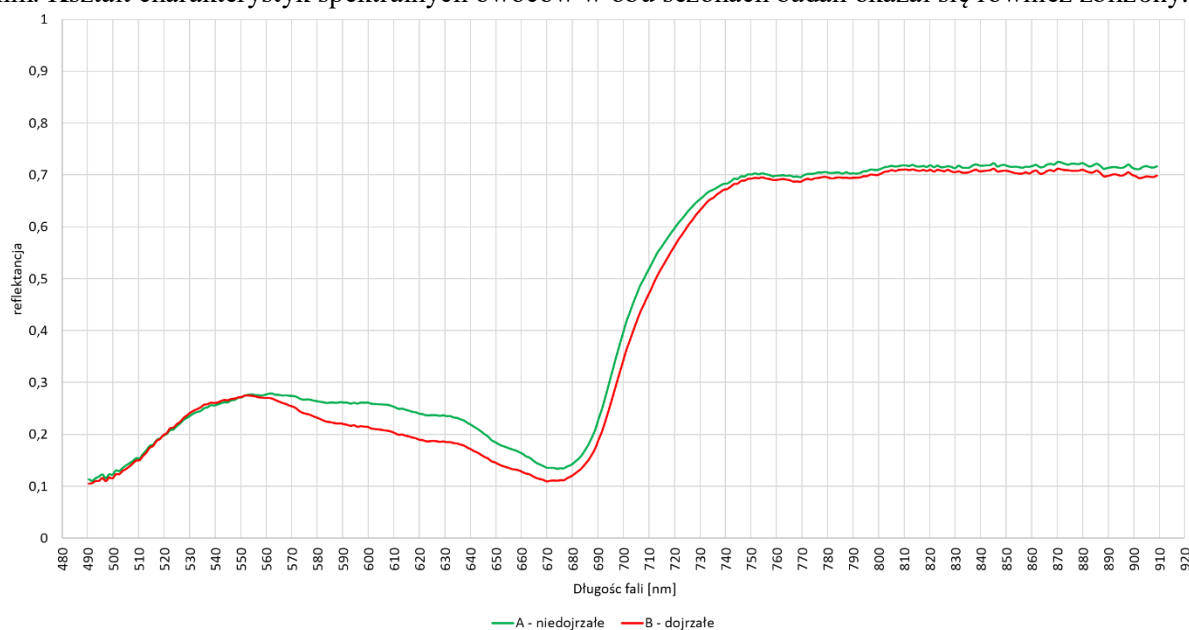


Rys. 22. Uśrednione refleksyjności owoców niedojrzałych (A) i dojrzałych (B) z sezonu 2021, zarejestrowane w zakresie światła widzialnego



Rys. 23. Uśrednione reflektancje owoców niedojrzałych (A) i dojrzałych (B) z sezonu 2021, zarejestrowane w zakresie bliskiej podczerwieni

W sezonie 2022 średnie reflektancje owoców obu klas okazały się znacznie bardziej zbliżone, choć w większości przypadków nadal istotnie różne (Rys. 24 i 25). Reflektancje owoców klas A i B różniły się najmniej w zakresie promieniowania widzialnego 515,63 nm – 520,94 nm i 548,91 nm – 554,24 nm, a w przypadku bliskiej podczerwieni w zakresach 1081,24 nm – 1098,65 nm oraz 1364,92 nm – 1379,02 nm. Kształt charakterystyk spektralnych owoców w obu sezonach badań okazał się również zbliżony.



Rys. 24. Uśrednione reflektancje owoców niedojrzałych (A) i dojrzałych (B) z sezonu 2022, zarejestrowane w zakresie światła widzialnego



Rys. 25. Uśrednione reflektancje owoców niedojrzałych (A) i dojrzałych (B) z sezonu 2022, zarejestrowane w zakresie bliskiej podczerwieni (nie uwzględniono fal z zakresu 1382,55 nm – 1616,61 nm)

Aby potwierdzić przydatność predyktorów do rozpoznawania klas owoców, w obu sezonach przeprowadzono analizę istotności różnic reflektancji dla grup niezależnych. W analizie wykorzystano test U Manna–Whitneya z poprawką na ciągłość (analizowane predyktory nie miały rozkładu normalnego).

W przypadku danych z sezonu 2021 wykazano, że reflektancje owoców w klasie A i B nie różnią się istotnie w zakresie promieniowań 1371,97 nm – 1379,02 nm oraz w zakresie 1580,99 nm – 1616,61 nm. Analiza potwierdziła brak przydatności zmiennych reprezentujących promieniowania z końca zakresu, w którym reflektancja owoców dojrzałych przekroczyła reflektancję owoców niedojrzałych. Z tego powodu oraz ze względu na zmianę charakteru różnic między reflektancją w klasach A i B, z dalszych analiz wyeliminowano obrazy reprezentujące kanały od 1382,55 nm do 1616,6 nm. Zmienne reprezentujące reflektancje w zakresie promieniowań 1371,97 nm – 1379,02 nm pozostawiono w zbiorze danych.

W przypadku danych z sezonu 2022 brak istotnych różnic w reflektancjach owoców z klas A i B wykazano w zakresach promieniowań 515,63 nm – 531,58 nm oraz 536,91 nm – 555,58 nm. Niemniej ze względu na różnice wywołane warunkami wegetacyjnymi, wartości reflektancji w tym zakresie pozostawiono w zbiorze danych, który w sezonie 2022 zawierał już jedynie 425 predyktorów klas. Ze względu na zmiany obserwowane w charakterystykach spektralnych owoców w obu sezonach, sprawdzono czy różnice te można uznać za istotne, bowiem mogły one być przyczyną zwiększenia rozrzutu wartości poszczególnych predyktorów wokół ich tendencji centralnej, a co za tym idzie utrudnić klasyfikację. Analizę zróżnicowania reflektancji w sezonach 2021 i 2022 przeprowadzono identycznie jak w przypadku porównania klas. Wykazano, że wartości tych samych predyktorów w latach 2021 i 2022 były istotnie różne w każdym przypadku. Istotne różnice reflektancji owoców w sezonach zbiorów 2021 i 2022 wymusiły konieczność uwzględnienia w modelach klasyfikacyjnych poprawki na warunki wegetacyjne, co uzyskano przez wprowadzenie do zbioru predyktorów dodatkowej zmiennej kodującej sezon wegetacji. Z tego względu w roku 2022 ponownie uruchomiono wszystkie procedury doboru zmiennych oraz budowano modele dla danych z obu lat badań, aby uwzględnić w nich rozrzut reflektancji owoców dojrzałych i niedojrzałych.

### 3.3.3. Dobór predyktorów do modeli klasyfikacyjnych

Budowę algorytmów klasyfikacji poprzedzono wstępną analizą reflektancji owoców oraz procedurami doboru zmiennych przyczynowych, istotnych dla przewidywania klasy owocu. Dodatkową trudność powodował fakt, że większość analiz oraz bibliotek, które je realizują nie są przystosowane do obsługi tak dużej liczby zmiennych. W tym miejscu należy wspomnieć, że każda zmienna w dowolnym



modelu reprezentuje jeden wymiar w przestrzeni analitycznej, zatem dwie zmienne budują przestrzeń dwuwymiarową, trzy trójwymiarową, itd. Zbiór danych złożony z 502 predyktorów oraz dwustanowej zmiennej nominalnej reprezentującej klasę wymusza realizację obliczeń w 503 – a w przypadku niektórych metod w 504 – wymiarowej przestrzeni analitycznej (każda wartość zmiennej zależnej była traktowana jako osobna zmienna). Stąd dalsze ograniczanie liczby predyktorów okazało się na tym etapie prac zadaniem priorytetowym.

W toku badań przetestowano modele z predyktorami dobranymi według różnych strategii. Do selekcji zmiennych wykorzystano metody typu filtr oraz powłoka. W metodach selekcji typu filtr dobór zmiennych jest niezależny od wykorzystanej później metody klasyfikacji. Metody filtrujące analizują każdy atrybut niezależnie od wszystkich innych, określając poziom korelacji między predyktorem a przewidywaną klasą. Zmienne o niskiej korelacji są usuwane. W metodach selekcji typu powłoka dobór zmiennych jest dedykowany określonej metodzie klasyfikacji. Wśród zastosowanych metod znalazły się następujące algorytmy doboru predyktorów:

- *recursive partitioning and regression trees* (RPART) to algorytm selekcji typu powłoka oparty na drzewach CART, buduje drzewo klasyfikacyjne w wyniku rekursywnego podziału zbioru danych na podprzestrzenie na podstawie wybranego podzbioru predyktorów aż do chwili, gdy zmienna zależna osiągnie w każdej z nich minimalny poziom zróżnicowania (mierzony za pomocą odpowiedniej funkcji straty)
- *random forest* (RF), czyli las losowy, algorytm podobny do CART z tą różnicą, że zamiast jednego drzewa klasyfikacyjnego, budowanych jest wiele drzew (powstaje las), ale każde z nich wykorzystuje inny, losowo wybrany zestaw predyktorów. Im więcej drzew użyło danego predyktora tym jego ważność jest większa.
- *Boruta* (Kursa, 2022), algorytm selekcji typu powłoka, którego działanie polega na porównywaniu ważności oryginalnej cechy z losowo osiąganą ważnością jej wielu kopii, których wartości stanowią permutacje oryginału. Algorytm współpracuje z wieloma klasyfikatorami, w wypadku tych badań zastosowano klasyfikator typu losowy las.
- *simulated annealing* (SA), czyli algorytm symulowanego wyżarzania, jest metodą selekcji typu powłoka, która wybiera początkowe (nie zawsze optymalne) rozwiązanie (zestaw predyktorów), a następnie wprowadza w nim losowe zmiany i sprawdza, czy poprawiła się jakość klasyfikacji. Zmiana jest akceptowana, jeśli następuje poprawa wyników lub jeśli różnica w uzyskanych wynikach spełnia kryteria akceptacji.
- *recursive feature elimination* (RFE), czyli algorytm typu filtr, realizujący rekurencyjną eliminację cech, polegającą na usuwaniu zbędnych predyktorów na podstawie rankingu ich ważności. W trakcie procesu eliminacji testowane są wszystkie możliwe podzbiory zmiennych oraz ich zdolność do możliwie bezbłędnej klasyfikacji.
- *filter-based variable importance* (FVI), algorytm oceny ważności predyktorów, który bazuje na mierze jakości klasyfikacji w postaci AUC (ang. *area under ROC curve*), czyli pola powierzchni pod krzywą ROC. Krzywa ROC obrazuje zależność między skutecznością klasyfikacji pozytywnych (czułością) a nieskutecznością klasyfikacji przypadków negatywnych (1-specyficzność) na każdym poziomie prawdopodobieństwa, czyli jak duży będzie odsetek błędnych klasyfikacji (pozytywnych i negatywnych) dla danego punktu odcięcia. Czulość klasyfikatora charakteryzuje jego zdolność do wychwytywania przypadków pozytywnych, a specyficzność do wychwytywania przypadków negatywnych.

Do selekcji predyktorów wykorzystano również 14 dodatkowych metod selekcji typu filtr, które można podzielić na następujące grupy:

- **Algorytmy przyrostowe**, do których należy metoda BF (ang. *Best first*), czyli strategia polegająca na iteracyjnym wyborze zmiennych na podstawie ich indywidualnej jakości lub wpływu na wynik klasyfikacji. Algorytm ocenia i porównuje zmienne na podstawie funkcji oceny, którą może to być współczynnik korelacji, odległość międzyklasowa, współczynnik informacyjny, wartość prawdopodobieństwa  $p$  lub inna metryka, która określa istotność danej zmiennej w modelu. W procesie selekcji zbiór predyktorów jest sukcesywnie rozbudowywany o najlepsze z nich. W każdej iteracji sprawdzana jest wartość oceny dla pozostałych zmiennych i wybierana jest kolejna najlepsza (zwycięska) zmienna do dodania.





- **Algorytmy genetyczne i ewolucyjne**, do których zaliczyć można strategie ES – *evolutionary search* (wyszukiwanie ewolucyjne), *GENS* – *genetic search* (wyszukiwanie genetyczne), *MES* – *multiobjective evolutionary search* (wielokryterialne wyszukiwanie ewolucyjne ENORA i NSGA2), czyli strategie, które tworzą populację osobników, a każdy z nich reprezentuje pewną kombinację predyktorów (zazwyczaj jako wektor binarny, gdzie 1 oznacza wybraną cechę, a 0 oznacza niewybraną cechę). Proces ten jest powtarzany przez określoną liczbę iteracji lub do momentu osiągnięcia kryterium zbieżności (np. osiągnięcie zadowalającego poziomu jakości lub brak poprawy przez pewną liczbę iteracji). Kolejne kroki algorytmu obejmują:
  - a) inicjalizację populacji – tworzona jest początkowa populacja osobników, które są losowo wybrane spośród możliwych kombinacji predyktorów,
  - b) ocenę osobników – każdy osobnik jest oceniany za pomocą funkcji celu, która może być np. dokładnością modelu, błędem predykcji lub inną miarą jakości,
  - c) selekcję – wybierane są najlepsze osobniki na podstawie ich wartości funkcji celu (zazwyczaj stosuje się metody selekcji turniejowej, ruletki lub rankingowej),
  - d) krzyżowanie – losowo wybrane pary osobników są łączone w procesie krzyżowania, co umożliwia kombinowanie cech z różnych osobników, w wyniku którego powstają nowi potomkowie,
  - e) mutacje – losowe mutacje są wprowadzane w genotypy potomków w celu wprowadzenia nowych cech lub zmiany istniejących.Po zakończeniu procesu ewolucyjnego, wybrany zostaje najlepszy osobnik, który reprezentuje optymalny zestaw cech, na ogół w oparciu o mechanizm sortowania.
- **Algorytmy zachłanne**, do których należy *GS* – *greedy stepwise* (zachłanne przeszukiwanie), polegające na iteracyjnym dodawaniu lub usuwaniu predyktorów na podstawie ich wpływu na jakość modelu. Algorytm rozpoczyna działanie od pustego modelu i w każdej iteracji, zbiór predyktorów jest rozszerzany o kolejną zmienną, która prowadzi do największej poprawy jakości modelu. Działanie algorytmu kończy się, gdy dodanie kolejnej zmiennej nie przynosi już znaczącej poprawy lub spełniony zostanie określony warunek zakończenia. Po tym etapie algorytm rozpoczyna usuwanie ze zbioru tych predyktorów, których brak nie będzie powodował znacznego pogorszenia modelu. Proces zostaje zatrzymany, jeśli nie ma już w zbiorze predyktorów, których usunięcie nie powoduje istotnego wzrostu błędu klasyfikacji lub gdy spełniony zostanie określony warunek zakończenia.
- **Algorytmy krokowe**, do których należy *LFS* – *linear forward selection* (liniowe przeszukiwanie w przód), *RS* – *rank search* (wyszukiwanie rankingowe) polegają na iteracyjnym dodawaniu predyktorów na podstawie ich wpływu na jakość modelu. Algorytm działa podobnie jak *greedy stepwise*, ale nie usuwa zmiennych ze zbioru po zakończeniu ich gromadzenia. W przypadku *rank search* algorytm generuje listę rankingową predyktorów i ocenia zestawy zmiennych w sposób liniowy, zgłaszając w wyniki najlepszy zestaw predyktorów.
- **Algorytmy optymalizacyjne**, do których należą metaheurystyczne *PSO* – *Particle Swarm Optimization* (optymalizacja roju cząstek) oraz *TS* – *Tabu Search* (przeszukiwanie tabu). Algorytm PSO jest inspirowany zachowaniem stad w naturze. Podstawowa idea PSO polega na symulowaniu ruchu cząstek w przestrzeni poszukiwań, które reprezentują potencjalne rozwiązania problemu optymalizacyjnego. Każda cząstka posiada swoją pozycję oraz prędkość, która jest dostosowywana na podstawie własnego doświadczenia oraz doświadczenia innych cząstek w stadzie. Każda cząstka w algorytmie reprezentuje jedno potencjalne rozwiązanie, które jest kodowane jako wektor binarny. Algorytm wykorzystuje funkcję celu, która ocenia jakość danego rozwiązania. Cząstki poruszają się w przestrzeni poszukiwań, aktualizując swoje pozycje na podstawie własnej najlepszej pozycji oraz najlepszych pozycji innych cząstek w sąsiedztwie. W trakcie iteracji, cząstki przemieszczają się w przestrzeni poszukiwań, aby znaleźć optymalne kombinacje zmiennych. Proces ten trwa aż algorytm osiągnie warunek stopu. *Tabu Search* jest z kolei inspirowany procesem przeszukiwania sąsiedztwa, a podczas jego działania tworzona jest lista tabu, która przechowuje informacje o ruchach "zakazanych" lub "tabu", co ma na celu zapobieganie cyklom i utrzymywanie różnorodności przeszukiwania. Algorytm przeszukuje przestrzeń podzbiorów zmiennych, dokonując ruchów, które dodają lub



usuwają zmienne z bieżącego rozwiązania. Lista tabu zapobiega powtarzaniu tych samych ruchów, co pozwala na bardziej wszechstronne eksplorowanie przestrzeni rozwiązań.

- **Algorytmy harmonijne**, do których należy *HS – Harmony Search* (harmonijne przeszukiwanie), czyli algorytm inspirowany zasadami improwizacji harmonijnej i zapamiętywania tworzących ją dźwięków w muzyce. Na etapie inicjalizacji harmonii utworzona jest początkowa populacja, a każda harmonia reprezentuje pewien zestaw zmiennych. Inicjalizacja może być losowa lub wymuszona za pomocą określonych reguł. Następnie każda harmonia jest oceniana na podstawie określonej funkcji celu, która mierzy jakość modelu. Na podstawie istniejących harmonii generowane są nowe w wyniku dodawania, usuwania lub zmiany wartości zmiennych. Wprowadza się również mechanizm zapamiętywania najlepszych harmonii, znalezionych dotychczas w procesie selekcji zmiennych. Nowe harmonie są wprowadzane, a najgorsze usuwane z populacji, aby utrzymać jej stały rozmiar. W przypadku selekcji zmiennych, jest to odpowiedzialne za regulację liczby zmiennych w zestawie. Proces przeszukiwania zbioru zmiennych przebiega iteracyjnie do momentu osiągnięcia kryterium zbieżności, na przykład uzyskanie satysfakcjonującego zestawu predyktorów lub brak poprawy w ustalonej liczbie iteracji.
- **Algorytmy typu meta**, do których należą metoda Fleureta maksymalizacji warunkowej wzajemnej informacji (*Reranking Search Fleuret Conditional Mutual Information Maximization - RSF*), metoda Battiti, która opiera się na wzajemnej informacji jako miary znaczenia zmiennych (*Reranking Search Battiti Mutual Information-Based Feature Selection – RSB*) oraz metoda Penga, która łączy maksymalną adekwatność i minimalną nadmiarowość (*Reranking Search Peng Max-Relevance and Min-Redundancy – RSP*). Algorytmy te dążą do wyboru predyktorów, które są silnie skorelowane z celem analizy (maksymalna adekwatność), jednocześnie minimalizując redundancję między wybranymi zmiennymi. Celem jest stworzenie zestawu zmiennych, które są zarówno informatywne, jak i niezależne od siebie nawzajem.

Powyższe metody selekcji stosowano w kombinacji z 7 metodami oceny podzbiorów zmiennych, do których należą:

- *Correlation-based Feature Subset Selection (CFS)* to metoda oceny podzbiorów zmiennych, która opiera się na analizie korelacji między zmiennymi a celem analizy oraz korelacji między zmiennymi w samym zbiorze. Celem CFS jest wybór podzbioru zmiennych, które są silnie skorelowane z celem i jednocześnie najmniej skorelowane między sobą.
- *Consistency Subset Evaluation (CSE)*, czyli metoda oceny podzbiorów zmiennych, która opiera się na pomiarze spójności lub stabilności wyników analizy w zależności od wybranego podzbioru zmiennych i ma na celu wyeliminowanie zmiennych, które wprowadzają do wyniku niepotrzebną zmienność lub niezgodność. Algorytm generuje różne podzbiory zmiennych z oryginalnego zbioru, następnie dla każdego podzbioru zmiennych buduje modele na danych treningowych i ocenia ich działanie na danych walidacyjnych. Wybór ostatecznego podzbioru następuje na podstawie ocen spójności i stabilności wyników dla różnych podzbiorów zmiennych.
- *Wrapper Subset Evaluation (WSE)* to technika oceny jakości podzbiorów zmiennych poprzez tworzenie modeli predykcyjnych dla każdego z nich i mierzenie ich wydajności w kontekście określonego kryterium, takiego jak dokładność klasyfikacji. Działaniem przypomina algorytm CSE, ale jest metoda typu powłoka, zatem ocena podzbiorów jest dokonywana w kontekście konkretnego klasyfikatora.
- *Gain Ratio Attribute Evaluator (GRAE)*, czyli metoda oceny podzbioru zmiennych oparta na współczynniku zysku, mierzonego jako stosunek przyrostu informacji (*information gain*), mierzonego jako zmiana entropii przed i po klasyfikacji obiektów na podstawie podzbioru zmiennych, do współczynnika rozproszenia informacji (*information split*), mierzonego w oparciu o ten podzbiór.
- *Info Gain Attribute Evaluator (IGAE)* jest metodą oceny podzbiorów zmiennych oparta na mierze zysku informacyjnego. Wzrost informacji oznacza zmniejszenie jej nieuporządkowania (entropii) w zbiorze danych po uwzględnieniu danego zestawu zmiennych. Im większy wzrost informacji, tym bardziej wartościowy jest zestaw predyktorów w kontekście klasyfikacji.



- *OneR Attribute Evaluator* (ORAE), czyli metoda oparta na regule decyzyjnej, która ocenia predyktory na podstawie ich jednoznaczności (*one rule*) w odniesieniu do klasy decyzyjnej, ale nie uwzględnia zależności między predyktorami. Dla każdego predyktora wyznaczana jest częstość wystąpień jego wartości w każdej klasie, następnie tworzona jest reguła, przyporządkowująca te wartości do najczęstszej klasy decyzyjnej i obliczany jest wskaźnik dokładności tej reguły. Na podstawie wskaźników dokładności dla wszystkich predyktorów, wybierany jest ten o najwyższym wskaźniku.
- *Relief Attribute Evaluator* (RAFE) jest metodą opartą na ocenie międzyklasowej i wewnątrzklasowej zmienności wartości predyktorów. Działanie algorytmu opiera się na pomiarze odległości (najczęściej Manhattan) między najbliższymi parami wektorów danych, należących do tej samej klasy (najbliższe trafienie) i do różnych klas (najbliższa pomyłka) w celu określenia wartości miary RELIEF. Jeśli różnica wartości predyktora zostanie zaobserwowana w parze wektorów z tą samą klasą, ocena RELIEF spada, natomiast jeżeli różnica wystąpi w parze wektorów należących do różnych klas ocena RELIEF predyktora wzrasta. Wartości RELIEF dla wszystkich przykładów są agregowane osobno dla każdej zmiennej, a za najlepszą uznawana jest ta z największą wartością RELIEF. Efektem jest utworzenie listy rankingowej predyktorów, na podstawie miary RELIEF. Algorytm odporny na szum i uwzględnia zależności między cechami, które mogą wpływać na klasyfikację. Jest też szczególnie przydatny w przypadkach, gdy dane są nieliniowe lub występuje duża liczba zmiennych.

W wyniku zastosowania strategii selekcji zmiennych takich, jak RPART, Boruta, RFE, RF, FVI, SA, GRAE, IGAE, ORAE, RFAE uzyskano rankingi predyktorów, na podstawie których budowano podzbiory zmiennych o określonej ważności. Ogółem uzyskano 82 takie podzbiory. W wyniku zastosowania kombinacji strategii oceny podzbiorów CFS, CSE, WSE z 14 metodami selekcji typu filtr uzyskano kolejne 42 podzbiory. Ogółem w procesie poszukiwania najlepszego klasyfikatora przetestowano 124 podzbiory predyktorów oraz 1 zbiór niezredukowany, co dało 125 możliwych kombinacji predyktorów.

### 3.3.4. Algorytmy klasyfikacyjne

W roku 2021 do testowania wybrano 4 rodzaje klasyfikatorów: sieci neuronowe typu MLP (ang. *Multi-layer perceptron*), drzewa klasyfikacyjne typu CART (ang. *Classification and regression trees*), naiwny klasyfikator Bayesa (NB) oraz klasyfikator logistyczny (LOG).

Modele neuronowe MLP budowano z uwzględnieniem kombinacji dwóch funkcji aktywacji, które przetwarzały sygnały w warstwie ukrytej i wyjściowej sieci. Testowano następujące funkcje aktywacji: liniową, logistyczną, tangens hiperboliczny oraz wykładniczą, co dało 16 różnych par funkcji. Ponadto testowano różne topologie sieci, wynikające z zastosowania różnej liczby neuronów w warstwie ukrytej, która zmieniała się od 2 do 25, co razem z 16 różnymi parami funkcji aktywacji dało 384 modele. Dla tych modeli dodatkowo stosowano po 3 powtórzenia cyklu uczenia, co skutkowało koniecznością zbudowania i walidowania 1152 modeli, spośród których wybierano 5 najlepszych, a następnie jeden, który charakteryzował się najlepszą jakością klasyfikacji. Zatem biorąc pod uwagę liczbę podzbiorów zmiennych zbudowano i zwalidowano 144 000 samych modeli neuronowych i dodatkowo po 125 modeli naiwnych, CART i logistycznych, czyli ogółem 144 375 modeli klasyfikacyjnych.

Wszystkie modele były „uczone” w trybie nadzorowanym, a to oznacza, że zbiór wektorów danych podzielono na podzbiory uczący i walidacyjny. W każdym przypadku zbiór uczący pełnił rolę treningową i na podstawie zawartych w tym zbiorze przykładów następował dobór parametrów modeli klasyfikacyjnych (wag w przypadku sieci neuronowych i regresji logistycznej, kryteriów podziału w przypadku drzew CART oraz prawdopodobieństw *a posteriori* w przypadku klasyfikatorów naiwnych). Zbiór walidacyjny służył natomiast do ostatecznego testowania modelu i zawierał wektory danych (przypadki), które nie brały udziału w fazie jego uczenia.

Zbudowane modele oceniano pod kątem jakości klasyfikacji na podstawie wyników uzyskanych na zbiorze walidacyjnym. Jako podstawową miarę jakości klasyfikacji przyjęto procentowy udział błędnie sklasyfikowanych przypadków (ICI – *incorrectly classified instances*). Dalszym rozważaniom poddawano modele z najniższymi wartościami ICI. Ponadto dla klasyfikatorów wyznaczono także inne miary, które można obliczyć na podstawie tzw. macierzy pomyłek, czyli tabeli kontyngencji

zawierającej zestawienie poprawnych i niepoprawnych klasyfikacji w poszczególnych klasach. Ze względu na fakt, że celem klasyfikacji było rozpoznanie dwóch klas, tabela kontyngencji miała rozmiar  $2 \times 2$  (Tab. 3).

Zakładając, że klasa A jest klasą zwycięską (owoce niedojrzałe), rozpoznanie jej przedstawicieli jest uznawane za sukces. W tabeli 3 pozycja TP – *prawdziwie pozytywne* oznacza liczbę wszystkich przypadków klasy A (wartości obserwowane), które zostały poprawnie rozpoznane przez klasyfikator (wartości przewidywane) i zaliczone do tej klasy. Z drugiej strony liczba przypadków klasy B, poprawnie przypisanych do tej klasy tworzy w tabeli 3 pozycję TN – *prawdziwie negatywne*. Jeżeli przypadki z klasy B zostały błędnie przypisane do klasy A, znalazły się w pozycji FP – *falszywie pozytywne*, a przypadki klasy A błędnie rozpoznane jako przedstawiciele klasy B zliczono w pozycji FN – *falszywie negatywne*.

**Tabela 3. Macierz pomyłek**

		klasa przewidywana	
		klasa A	klasa B
klasa obserwowana	klasa A	<p>TP (<i>true positive</i>) prawdziwie pozytywny</p>	<p>FN (<i>false negative</i>) prawdziwie negatywny</p>
	klasa B	<p>FP (<i>false positive</i>) falszywie pozytywny</p>	<p>TN (<i>true negative</i>) prawdziwie negatywny</p>

Liczności przypadków w poszczególnych kategoriach macierzy pomyłek pozwalają na wyznaczenie dodatkowych miar jakości klasyfikacji, które szczegółowo charakteryzują zdolności poprawnej identyfikacji obiektów należących do różnych klas. Spośród możliwych do wyznaczenia miar skupiono się na następujących:

- czułość (TPR – *true positive rate, recall, sensitivity*) – zdolność do prawidłowego wykrywania pozytywnej informacji wśród wszystkich rzeczywiście pozytywnych, czyli prawdopodobieństwo prawdziwie pozytywnego wyniku lub moc testu, obliczana zgodnie z zależnością:

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

- specyficzność (TNR – *true negative rate, specificity*), trafność, czyli frakcja poprawnie sklasyfikowanych obiektów wśród wszystkich klasyfikowanych, obliczana zgodnie z zależnością:

$$TNR = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3)$$

- trafność klasyfikacji (ACC – *accuracy*), czyli frakcja poprawnie sklasyfikowanych obiektów wśród wszystkich klasyfikowanych, obliczana zgodnie z zależnością:

$$ACC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (4)$$

- precyzja inaczej odsetek wyników prawdziwych (PPV – *positive predictive value, precision*), czyli frakcja wyników faktycznie pozytywnych wśród wszystkich uznanych za pozytywne. Wysoka wartość PPV oznacza małe odchylenie od tendencji centralnej, czyli wysoką precyzję klasyfikacji, liczona dla każdej klasy oznacza czystość klasy:

$$PPV = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$



- $F$ -miara ( $f$ -measure,  $f$ -index), czyli dodatnia wartość predykcyjna, odpowiadająca średniej harmonicznnej precyzji i czułości testu.  $F$ -miara przyjmuje wartość 1 jeśli precyzja i czułość wynoszą 1 oraz 0 jeśli jedna z tych miar wynosi zero i jest obliczana z zależności:

$$F = 2 \frac{PPV \cdot TPR}{PPV + TPR} \quad (6)$$

- Statystyka kappa (*indeks kappa*, *kappa Cohena*), czyli miara łącznego błędu klasyfikacji. Statystyka kappa przyjmuje wartość 1, jeżeli ma miejsce idealne rozpoznanie klas, a wartość 0, jeżeli wszystkie obiekty są źle rozpoznane i jest wyznaczana z zależności:

$$K = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} = 1 - \frac{1 - p_o}{1 - p_e} \quad (7)$$

gdzie  $p_o$  – obserwowane prawdopodobieństwo poprawnej klasyfikacji we wszystkich  $k$  klasach, obliczane z zależności:

$$p_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k TP_i \quad (8)$$

$p_e$  – suma oczekiwanych prawdopodobieństw  $p_k$  poprawnej predykcji we wszystkich klasach,  $p_k$  – oczekiwane prawdopodobieństwo poprawnej predykcji danej klasy, obliczane z zależności:

$$p_k = \frac{(TP+FN)(TP+FP)}{n^2} \quad (9)$$

gdzie:  $n$  – liczba klasyfikowanych obiektów.

W tabeli 4 zestawiono miary jakości klasyfikacji dla 4 najlepszych modeli, reprezentujących każdą grupę klasyfikatorów. Najniższym błędem (3,7%) charakteryzował się klasyfikator oparty na funkcji logistycznej, ale wymagał wprowadzenia aż 93 predyktorów. Niewiele większym błędem (4%) charakteryzowało się drzewo klasyfikacyjne CART, w którym wynik osiągnięto na podstawie jedynie 24 zmiennych. Ponadto model ten wyróżniał się najwyższą specyficznością wśród pozostałych modeli, a to oznacza, że był wrażliwy na owoce klasy B (dojrzałe) i rozpoznawał je z dużą precyzją.

**Tabela 4. Własności najlepszych klasyfikatorów – sezon 2021**

Klasyfikator	Podzbiór (i liczba) predyktorów	ICI	ACC	TPR	TNR	PPV	$F$ -miara	kappa
MLP	Boruta (72)	0,043	0,957	0,931	0,992	0,993	0,961	0,913
CART	RPART (24)	0,040	0,960	0,932	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	0,965	0,920
NB	WSE_NB_BF (5) <sup>1</sup>	0,196	0,804	0,834	0,772	0,798	0,815	0,607
LOG	CSE_MES_ENORA (93) <sup>2</sup>	<b>0,037</b>	<b>0,963</b>	<b>0,988</b>	0,938	0,944	<b>0,966</b>	<b>0,927</b>

<sup>1</sup> podzbiór wyłoniony za pomocą kombinacji strategii oceny podzbiorów WSE dedykowanej dla modeli naiwnych oraz strategii oceny predyktorów *best first*

<sup>2</sup> podzbiór wyłoniony za pomocą kombinacji strategii oceny podzbiorów CSE oraz strategii oceny predyktorów opartej na wielokryterialnym wyszukiwaniu ewolucyjnym ENORA

Ta zdolność klasyfikatora jest bardziej pożądana, ponieważ koszt błędu polegającego na zaliczeniu owocu niedojrzałego do dojrzałych jest znacznie mniejszy niż koszt błędu polegającego na zaliczeniu owocu dojrzałego do niedojrzałych, z tego względu, że owoce niedojrzałe w partii owoców dojrzałych nie wywołują negatywnych skutków, natomiast owoce dojrzałe w partii owoców niedojrzałych będą przyspieszać ich dojrzewanie. Zatem wybór klasyfikatora CART wydawał się bardziej uzasadniony, biorąc pod uwagę niewielki wzrost błędu (o 0,03%) względem niemal 4-krotnie mniejszej liczby predyktorów.

Procedurę konstruowania modeli powtórzono dla danych z 2022 roku, ale dla tych samych kombinacji podzbiorów predyktorów i klasyfikatorów uzyskano inne wyniki niż w sezonie 2021 (Tab. 5). Identyfikacyjnie zachowały się klasyfikatory neuronowy i CART, natomiast błąd klasyfikacji, w porównaniu do sezonu 2021 zwiększył się. Podobnie w przypadku klasyfikatora logistycznego.

Klasyfikator naiwny charakteryzował się znacznie mniejszym błędem, ale pozostałe miary jakości klasyfikacji nie były tak zadowalające jak w przypadku MLP i CART.

**Tabela 5. Własności najlepszych klasyfikatorów – sezon 2022**

Klasyfikator	Podzbiór (i liczba) predyktorów	ICI	ACC	TPR	TNR	PPV	F-miara	kappa
MLP	Boruta (72)	<b>0,047</b>	<b>0,957</b>	<b>0,993</b>	<b>0,906</b>	<b>0,925</b>	<b>0,958</b>	<b>0,905</b>
CART	RPART (24)	<b>0,047</b>	<b>0,953</b>	<b>0,993</b>	<b>0,906</b>	<b>0,925</b>	<b>0,958</b>	<b>0,905</b>
NB	WSE_NB_BF (5)	0,072	0,928	0,818	0,953	0,804	0,811	0,766
LOG	CSE_MES_ENORA (93)	0,066	0,934	0,800	0,966	0,846	0,822	0,782

Ze względu na fakt, iż w sezonie 2022 pojawiły się dane dla owoców odmiany ‘Geneva’ oraz wykazano istotne różnice w reflektancjach owoców ‘Weiki’ w sezonach 2021 i 2022, należało ponownie wygenerować podzbiory predyktorów oraz uniewrażliwić proces klasyfikacji na zróżnicowanie odmianowe i sezonowe. Jak można było się spodziewać, algorytmy doboru predyktorów, po uwzględnieniu zmiennych kodujących sezon zbioru oraz odmianę, zwróciły w wyniku nieco inne ich zestawy i dla tych zestawów ponownie zbudowano 144 375 modeli. Najlepsze wyniki klasyfikacji uzyskane dla 4 kategorii modeli prezentuje tabela 6.

**Tabela 6. Własności najlepszych klasyfikatorów uwzględniających zróżnicowanie sezonowe i odmianowe**

Klasyfikator	Podzbiór (i liczba) predyktorów	ICI	ACC	TPR	TNR	PPV	F-miara	kappa
MLP	RPART (48)	<b>0,070</b>	<b>0,930</b>	0,944	<b>0,915</b>	<b>0,921</b>	<b>0,932</b>	<b>0,859</b>
CART	RF (81)	0,119	0,881	0,926	0,834	0,854	0,889	0,762
NB	WSE_NB_BF (5)	0,284	0,716	0,680	0,750	0,727	0,703	0,431
LOG	IGAE (427)	0,730	0,927	<b>0,951</b>	0,903	0,905	0,928	0,854

Mimo, że w sezonie 2021 za najlepszy klasyfikator uznano drzewo klasyfikacyjne, w przypadku nowego zestawu predyktorów i zwiększenia zróżnicowania ich wartości w klasach, najlepszy wynik (błąd klasyfikacji 7%) uzyskano dla modelu neuronowego z 48 predyktorami. Czulość i specyficzność klasyfikatora MLP były zbliżone, co świadczy o tym, że w procesie klasyfikacji następuje poprawne rozpoznanie obiektów klasy A i B, choć algorytm częściej muli się zaliczając owoce klasy B do klasy A niż odwrotnie (TNR < TPR).

Ponowne nauczenie modelu MLP rozpoznawania klas, ale bez uwzględniania owoców odmiany ‘Geneva’ (wyłączono z zestawu predyktorów zmienną kodującą odmianę, przyniosło nieznaczną poprawę wyników. Wartość ICI tego modelu wyniosła 0,058, trafność ACC osiągnęła wartość 0,942, precyzja PPV wyniosła 0,932, a czulość i specyficzność wynosiły odpowiednio 0,958 i 0,926. Poprawiły się również statystyki kappa i F-miara, które osiągnęły wartości odpowiednio 0,885 i 0,944.

Uzyskane wyniki potwierdzają znany fakt, że na zmienność cech jakościowych obiektów biologicznych wpływ mają trzy zasadnicze czynniki: genotyp (odmiana), środowisko (lokalizacja, warunki pogodowe, warunki uprawy, itd.) oraz interakcja genotyp×środowisko. W związku z tym wszelkie metody, m.in. klasyfikacyjne, które odnoszą się do parametrów owoców, powinny uwzględniać te trzy źródła zmienności, co z kolei wymaga ciągłego douczania klasyfikatorów o nowe odmiany oraz pozyskiwania danych z wielu sezonów wegetacyjnych i charakteryzujących różne lokalizacje upraw. Zatem uzyskanie uniwersalnego algorytmu klasyfikacji owoców miniwini wymaga ciągłego doskonalenia i dalszych prac w tym zakresie, aby możliwe było uwzględnienie możliwie największej zmienności, wynikającej z wpływu czynników genotyp, środowisko i ich interakcji.



## Literatura

- Baiano A., Terracone C., Peri G., Romaniello R. 2012. Application of hyperspectral imaging for prediction of physico-chemical and sensory characteristics of table grapes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 87: 142–151.
- Cheng J.-H., Sun D.-W., Pu H., Zhu Z. 2015a. Development of hyperspectral imaging coupled with chemometric analysis to monitor K value for evaluation of chemical spoilage in fish fillet. *Food Chemistry*, 185: 245–253.
- Gomes V. M., Fernandes A. M., Faia A., Melo-Pinto P. 2017. Comparison of different approaches for the prediction of sugar content in new vintages of whole Port wine grape berries using hyperspectral imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140: 244–254.
- Pan L., Zhang Q., Zhang W., Sun Y., Hua P., Tu K. 2016. Detection of cold injury in peaches by hyperspectral reflectance imaging and artificial neural network. *Food Chemistry*, 192: 134–141.
- Unninayar S., Olsen L. 2008. Monitoring, Observations, and Remote Sensing – Global Dimensions. *Encyclopedia of Ecology*, 2425–2446, ISBN 978-0-08-045405-4.
- Xiong Z., Xie A., Sun D.-W., Zeng X.-A., Liu D. 2015. Applications of Hyperspectral Imaging in Chicken Meat Safety and Quality Detection and Evaluation. A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55:1287–1301.



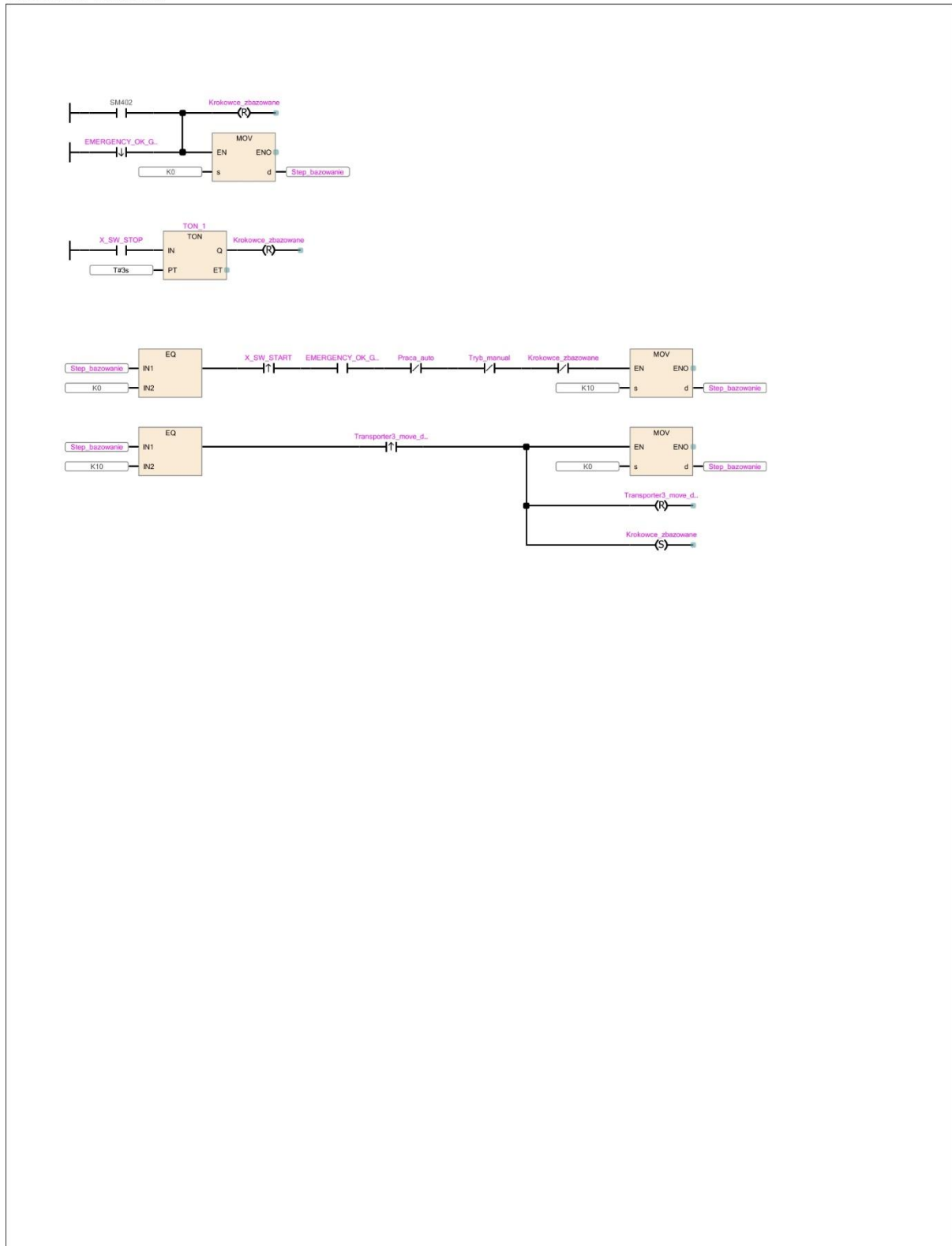


## Aneks 1: Program sterownika PLC1

FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Bazowanie

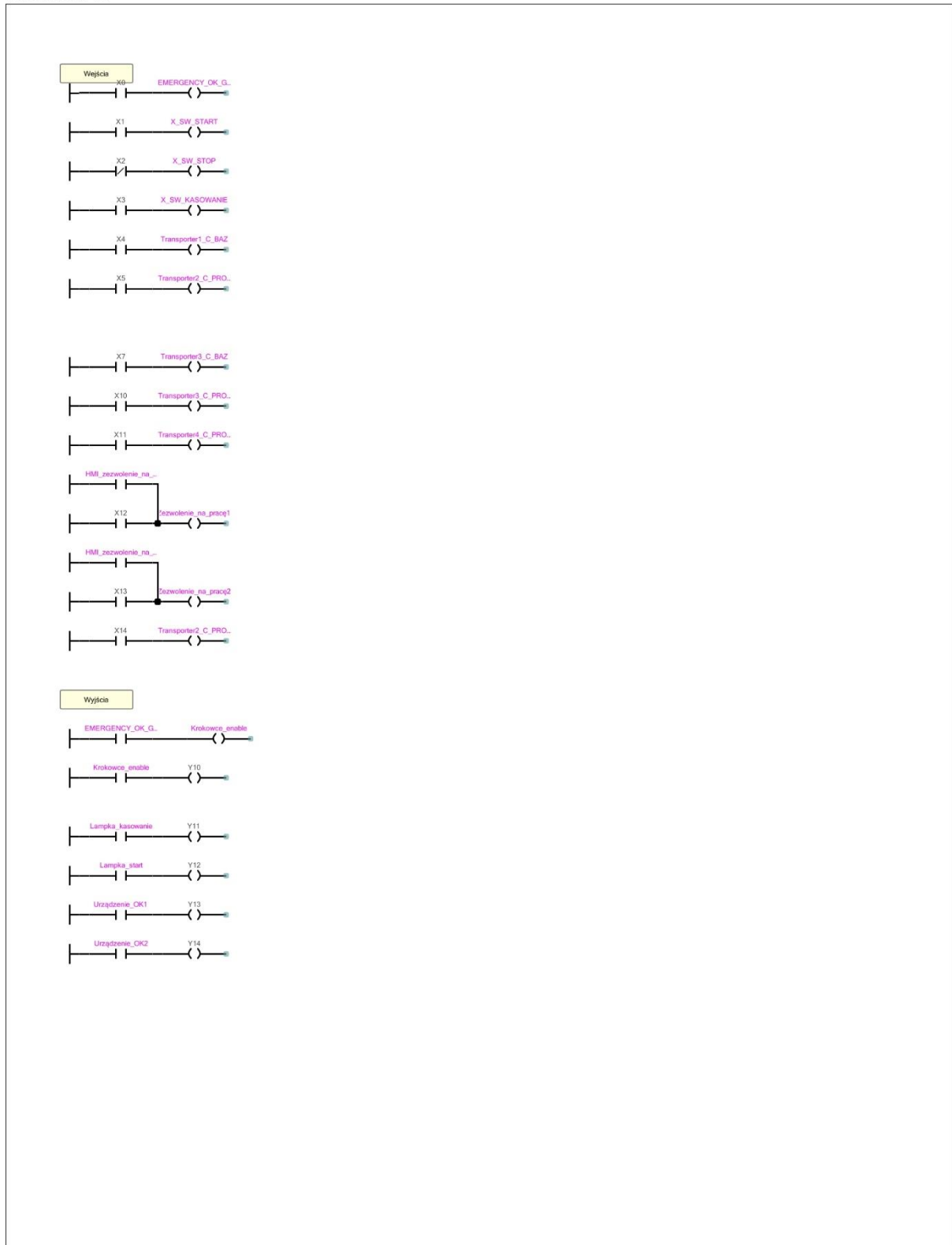




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : IO

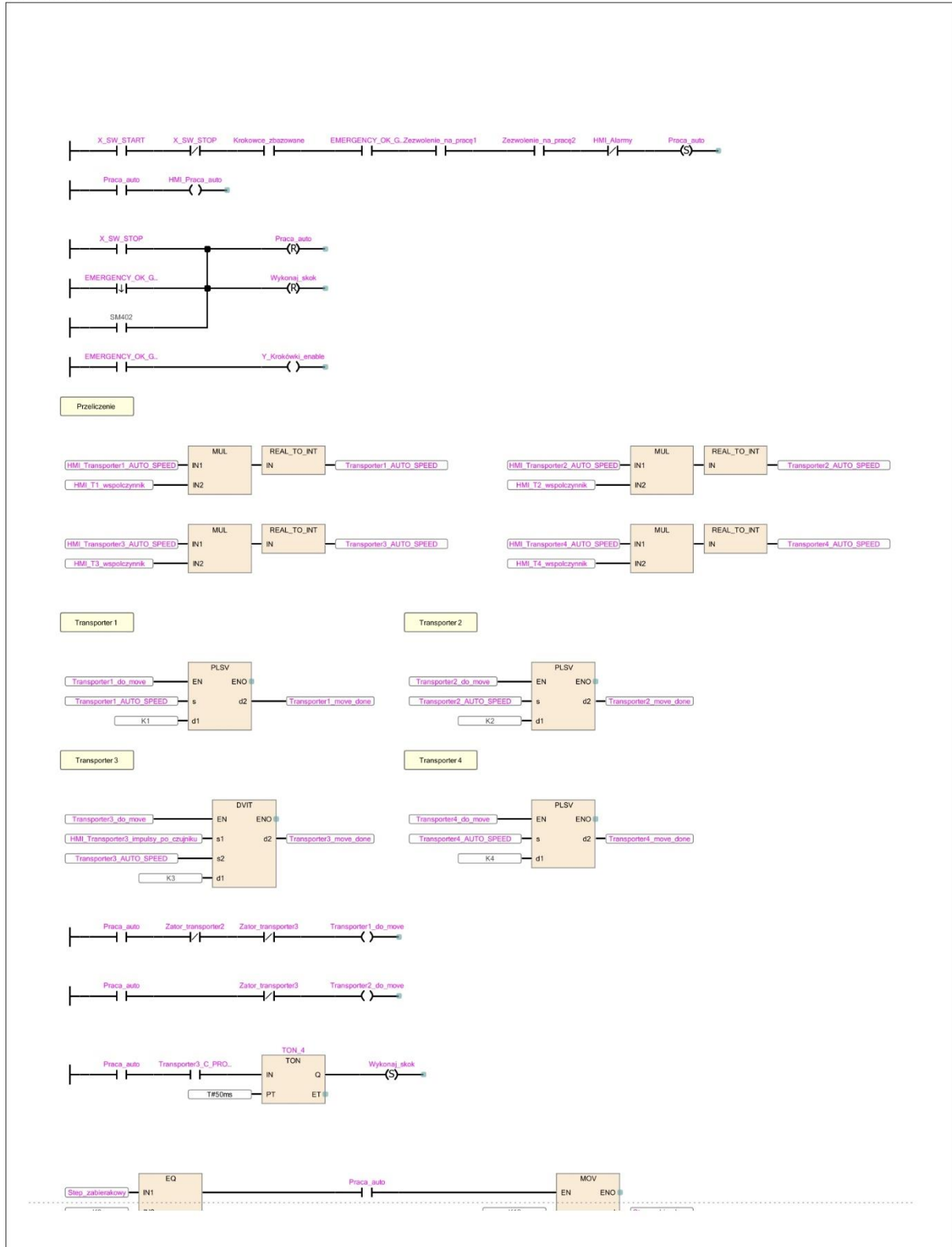




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Main

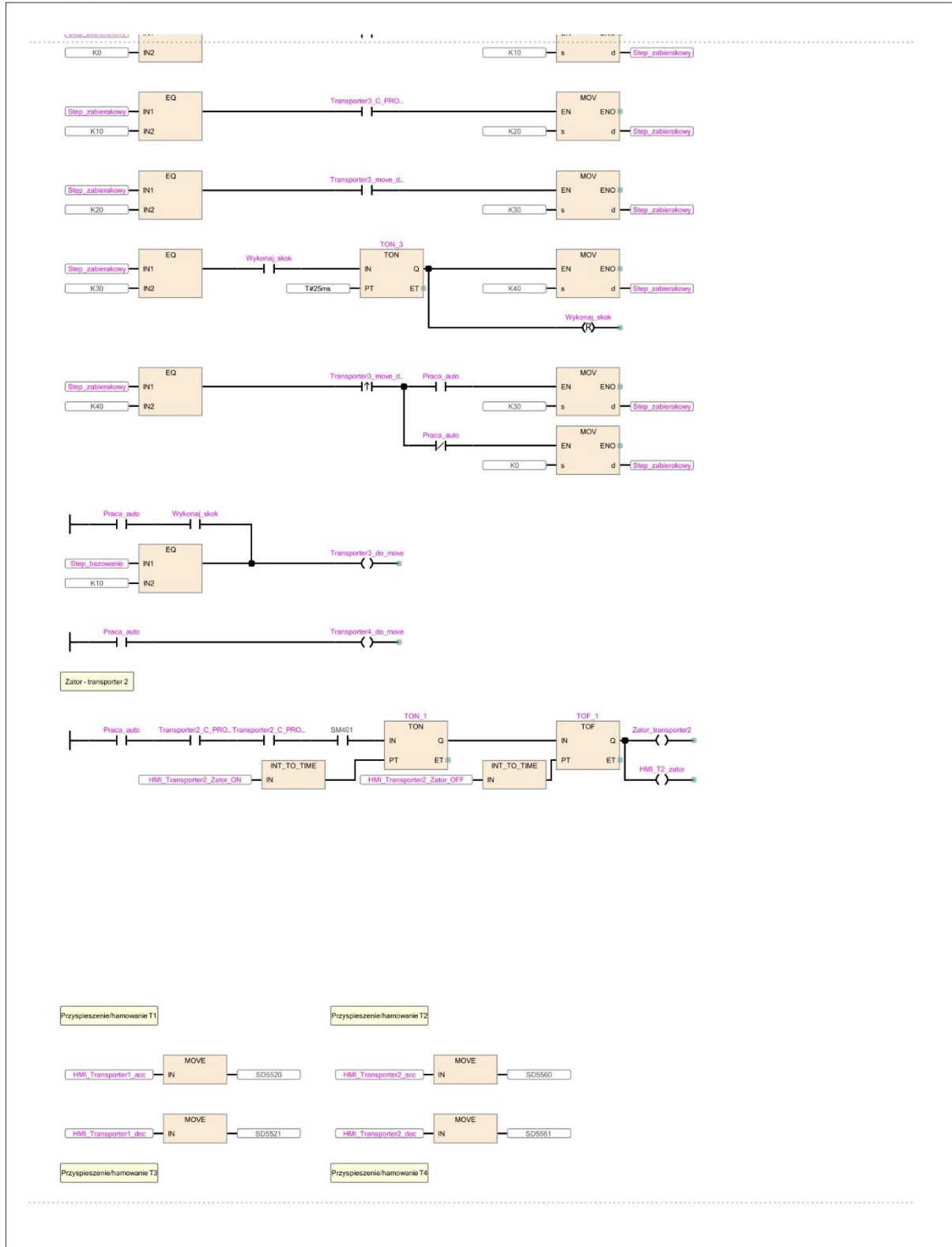




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Main

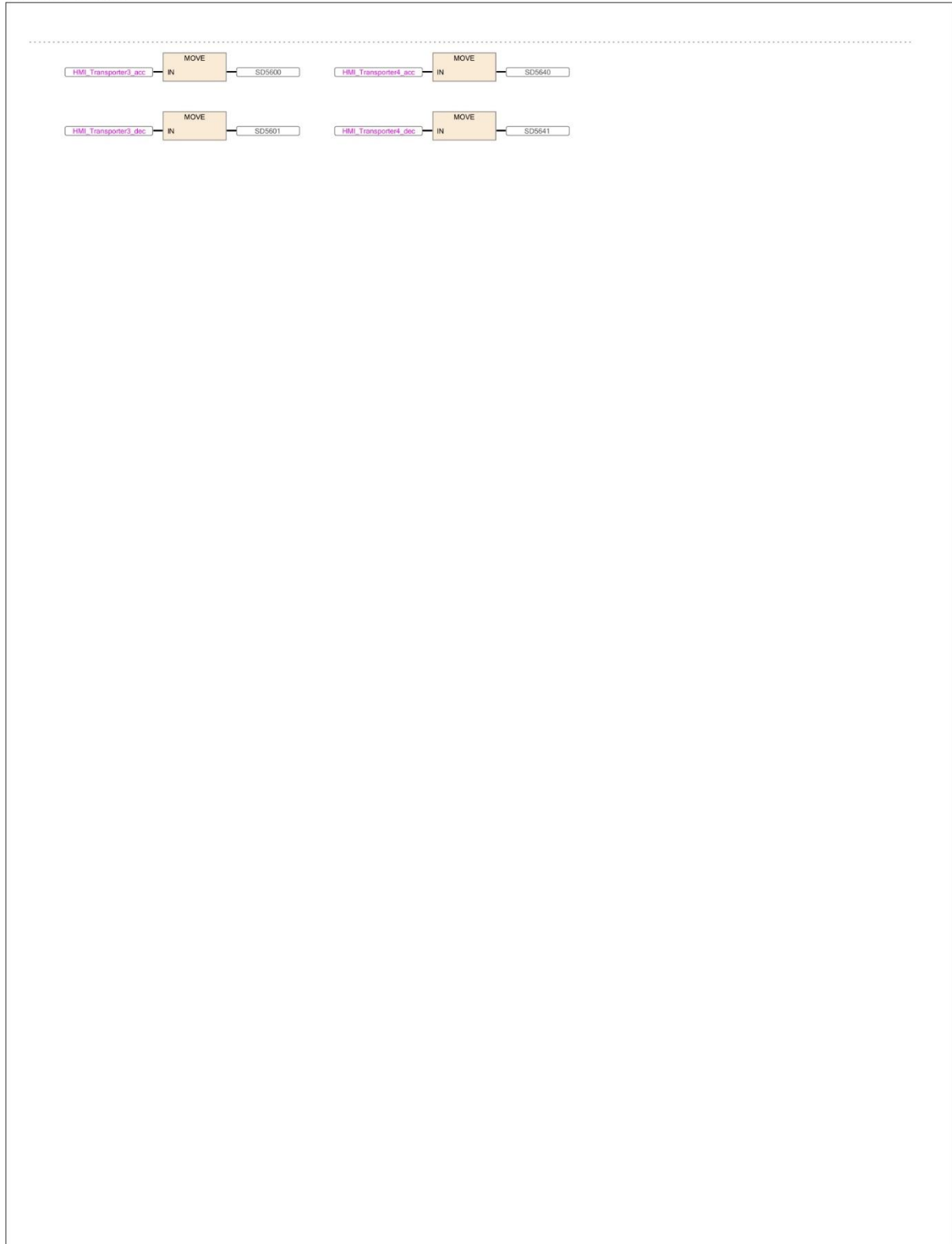




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Main

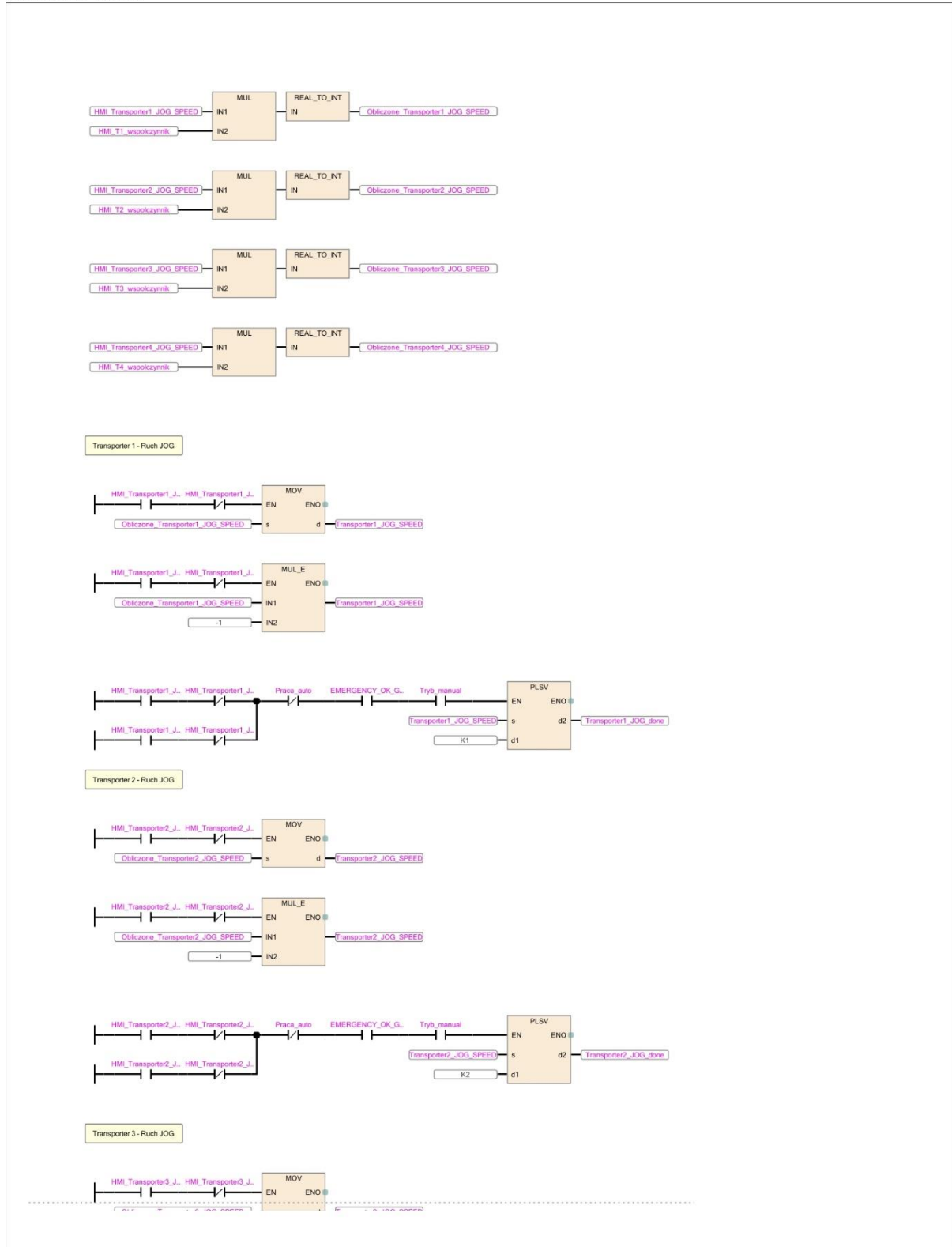




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Manual

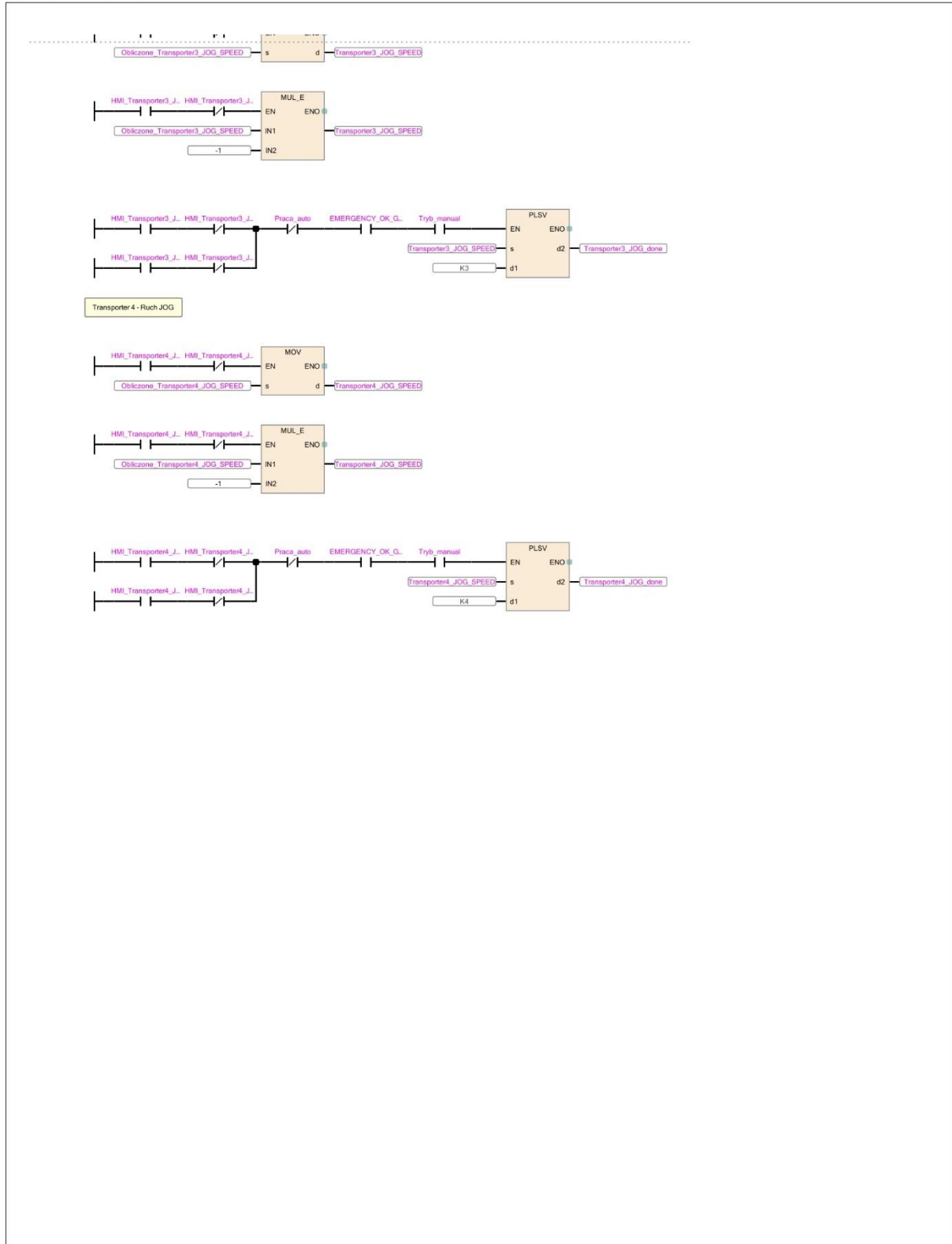




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Manual



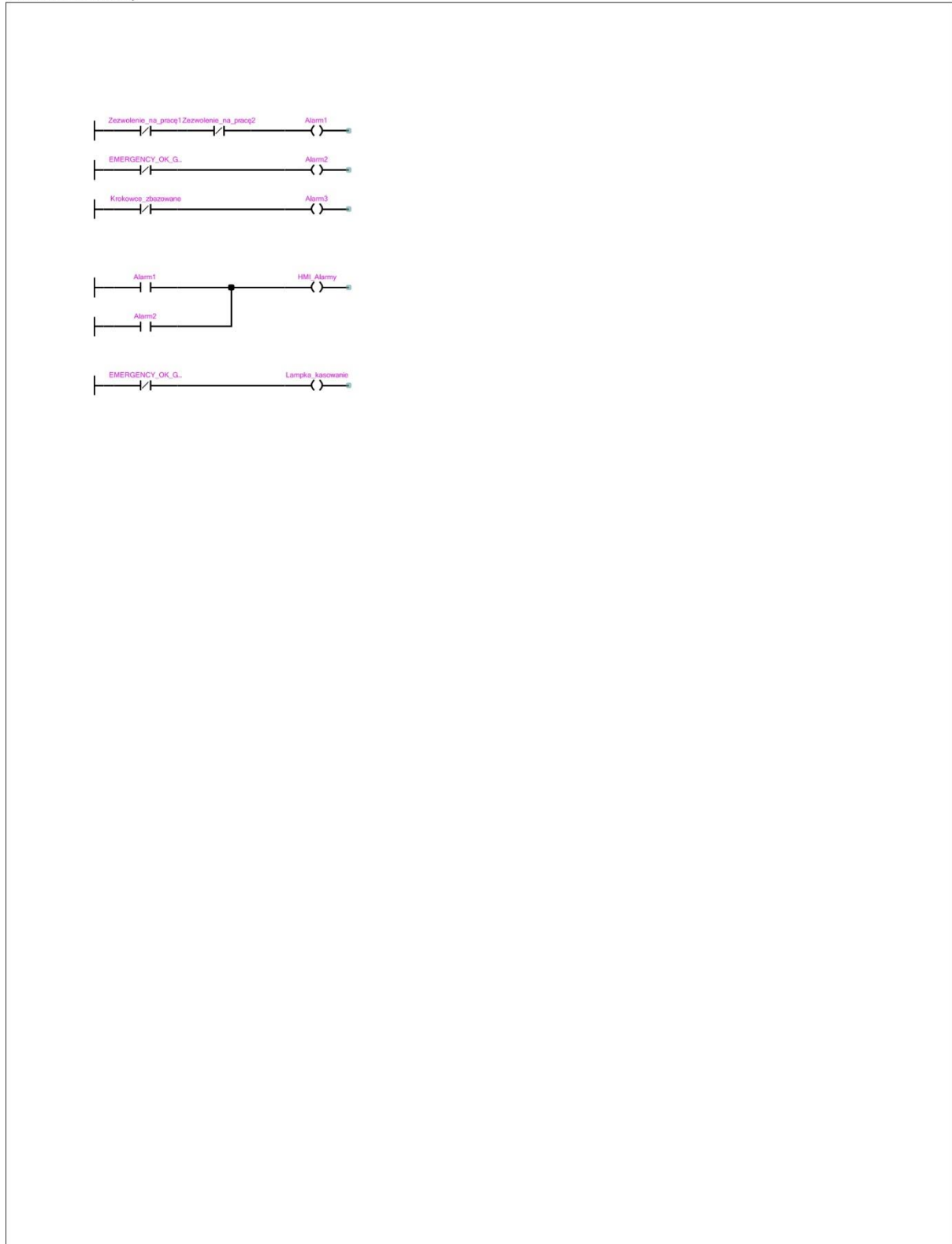




FBD/LD

04.01.2023

Data Name : Alarmy





## Aneks 2: Program sterownika PLC2

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

### Program blocks

#### Main [OB1]

Main Properties					
General					
Name	Main	Number	1	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

#### Network 1:





Totally Integrated Automation Portal										
<b>Program blocks</b>										
<b>IPC [DB1]</b>										
<b>IPC Properties</b>										
<b>General</b>										
<b>Name</b>	IPC	<b>Number</b>	1	<b>Type</b>	DB					
<b>Language</b>	DB	<b>Numbering</b>	Automatic							
<b>Information</b>										
<b>Title</b>		<b>Author</b>		<b>Comment</b>						
<b>Family</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>User-defined ID</b>						
<b>Name</b>	<b>Data type</b>	<b>Offset</b>	<b>Start value</b>	<b>Retain</b>	<b>Access-ible from HMI/PC UA</b>	<b>Wri-table from HMI/PC UA</b>	<b>Visi-ble in HMI engineering</b>	<b>Set-point</b>	<b>Super- vision</b>	<b>Comment</b>
▼ Static										
owoc_wykryty	Bool	0.0	false	False	True	True	True	False		
ustaw_pozycje_1	Bool	0.1	false	False	True	True	True	False		
ustaw_pozycje_2	Bool	0.2	false	False	True	True	True	False		
ustaw_pozycje_3	Bool	0.3	false	False	True	True	True	False		
OUT_svon	Bool	0.4	false	False	True	True	True	False		
OUT_reset	Bool	0.5	false	False	True	True	True	False		
OUT_setup	Bool	0.6	false	False	True	True	True	False		
OUT_jog_f	Bool	0.7	false	False	True	True	True	False		
OUT_jog_r	Bool	1.0	false	False	True	True	True	False		
OUT_start_flag	Bool	1.1	false	False	True	True	True	False		
OUT_speed	Word	2.0	100	False	True	True	True	False		
OUT_position	DWord	4.0	16#0	False	True	True	True	False		
IN_current_position	DWord	8.0	16#0	False	True	True	True	False		
IN_target_position	DWord	12.0	16#0	False	True	True	True	False		
IN_current_speed	Word	16.0	16#0	False	True	True	True	False		
IN_busy	Bool	18.0	false	False	True	True	True	False		
IN_svre	Bool	18.1	false	False	True	True	True	False		
IN_seton	Bool	18.2	false	False	True	True	True	False		



Totally Integrated Automation Portal										
Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Access-ible from HMI/OPC UA	Wri-ta-ble from HMI/OPC UA	Visi-ble in HMI engineering	Set-point	Super- vision	Comment
IN_inp	Bool	18.3	false	False	True	True	True	False		
IN_alarm	Bool	18.4	false	False	True	True	True	False		
tryb_automatyczny	Bool	18.5	false	False	True	True	True	False		
tryb_reczny	Bool	18.6	false	False	True	True	True	False		
polozenie_pozycji_1	DWord	20.0	400	False	True	True	True	False		
polozenie_pozycji_2	DWord	24.0	2400	False	True	True	True	False		
polozenie_pozycji_3	DWord	28.0	4400	False	True	True	True	False		
wlacz_oswietlacz	Bool	32.0	false	False	True	True	True	False		



Totally Integrated Automation Portal					
<h2>Program blocks</h2> <h3>komunikacja_SMC [FC1]</h3>					
<b>komunikacja_SMC Properties</b>					
<b>General</b>					
Name	komunikacja_SMC	Number	1	Type	FC
Language	SCL	Numbering	Automatic		
<b>Information</b>					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	
<b>Name</b>	<b>Data type</b>	<b>Default value</b>	<b>Comment</b>		
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
▼ Return					
komunikacja_SMC	Void				
<pre> 0001 /// Odczyt danych z SMC 0002 "IPC".IN_current_position := "IN_current_position"; 0003 "IPC".IN_target_position := "IN_target_position"; 0004 "IPC".IN_current_speed := "IN_current_speed"; 0005 "IPC".IN_busy := "IN_busy"; 0006 "IPC".IN_svre := "IN_svre"; 0007 "IPC".IN_seton := "IN_seton"; 0008 "IPC"."IN_inp" := "IN_inp"; 0009 "IPC".IN_alarm := "IN_alarm"; 0010 0011 /// Wysłanie danych do SMC 0012 "OUT_svon" := "IPC".OUT_svon; 0013 "OUT_reset" := "IPC".OUT_reset; 0014 "OUT_setup" := "IPC".OUT_setup; 0015 "OUT_jog_f" := "IPC".OUT_jog_f; 0016 "OUT_jog_r" := "IPC".OUT_jog_r; 0017 "OUT_start_flag" := "IPC".OUT_start_flag; 0018 "OUT_speed" := "IPC".OUT_speed; 0019 "OUT_position" := "IPC".OUT_position; 0020 0021 /// Sygnały stałe 0022 // Steruję tylko prędkością i pozycją 0023 ///"OUT_bMode" := FALSE; 0024 "OUT_bSpeed" := TRUE; 0025 "OUT_bPosition" := TRUE; 0026 "OUT_bAcceleration" := FALSE; 0027 "OUT_bDeceleration" := FALSE; 0028 0029 </pre>					
<b>Symbol</b>	<b>Address</b>	<b>Type</b>	<b>Comment</b>		
"IN_alarm"	%I11.7	Bool			
"IN_busy"	%I11.0	Bool			
"IN_current_position"	%ID14	DWord			
"IN_current_speed"	%IW18	Word			



Totally Integrated Automation Portal			
Symbol	Address	Type	Comment
"IN_inp"	%I11.3	Bool	
"IN_seton"	%I11.2	Bool	
"IN_svre"	%I11.1	Bool	
"IN_target_position"	%ID22	DWord	
"IPC".IN_alarm	%DB1.DBX18.4	Bool	
"IPC".IN_busy	%DB1.DBX18.0	Bool	
"IPC".IN_current_position	%DB1.DBD8	DWord	
"IPC".IN_current_speed	%DB1.DBW16	Word	
"IPC".IN_inp	%DB1.DBX18.3	Bool	
"IPC".IN_seton	%DB1.DBX18.2	Bool	
"IPC".IN_svre	%DB1.DBX18.1	Bool	
"IPC".IN_target_position	%DB1.DBD12	DWord	
"IPC".OUT_jog_f	%DB1.DBX0.7	Bool	
"IPC".OUT_jog_r	%DB1.DBX1.0	Bool	
"IPC".OUT_position	%DB1.DBD4	DWord	
"IPC".OUT_reset	%DB1.DBX0.5	Bool	
"IPC".OUT_setup	%DB1.DBX0.6	Bool	
"IPC".OUT_speed	%DB1.DBW2	Word	
"IPC".OUT_start_flag	%DB1.DBX1.1	Bool	
"IPC".OUT_svon	%DB1.DBX0.4	Bool	
"OUT_bAcceleration"	%Q12.7	Bool	
"OUT_bDeceleration"	%Q13.0	Bool	
"OUT_bPosition"	%Q12.6	Bool	
"OUT_bSpeed"	%Q12.5	Bool	
"OUT_jog_f"	%Q11.6	Bool	
"OUT_jog_r"	%Q11.5	Bool	
"OUT_position"	%QD18	DWord	
"OUT_reset"	%Q11.3	Bool	
"OUT_setup"	%Q11.4	Bool	
"OUT_speed"	%QW16	Word	
"OUT_start_flag"	%Q14.0	Bool	
"OUT_svon"	%Q11.1	Bool	





Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

### Program blocks

#### komunikacja\_IPC [FC2]

##### komunikacja\_IPC Properties

General					
Name	komunikacja_IPC	Number	2	Type	FC
Language	LAD	Numbering	Manual		

Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
▼ Temp			
temp_owoc_wykryty_timer	Bool		
Constant			
▼ Return			
komunikacja_IPC	Void		

#### Network 1:

//Wydłużenie czasu stanu wysokiego od czujnika obecności owocu  
//stan zapisywany jest w M50.0 i wysyłany do PC

#### Network 2: Sterowanie pozycjami

W trybie automatycznym (pozycja zadawana z systemu analizy obrazu):  
PC > M > IPC  
W trybie ręcznym (pozycja zadawana z IPC):  
IPC > M

```
0001 IF "IPC".tryb_automatyczny THEN
0002   "IPC".ustaw_pozycje_1 := "ustaw_pozycje_1";
0003   "IPC".ustaw_pozycje_2 := "ustaw_pozycje_2";
0004   "IPC".ustaw_pozycje_3 := "ustaw_pozycje_3";
0005 END_IF;
0006
```



Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0007 IF "IPC".tryb_reczny THEN 0008     "ustaw_pozycje_1" := "IPC".ustaw_pozycje_1; 0009     "ustaw_pozycje_2" := "IPC".ustaw_pozycje_2; 0010     "ustaw_pozycje_3" := "IPC".ustaw_pozycje_3; 0011 END_IF;</pre> <p><b>Network 3: Wysterowanie wyjść</b></p> <pre>0001 "wlacz_oswietlacz" := "IPC".wlacz_oswietlacz;</pre>		

