

Załącznik III

Tomasz Krupa

Katedra Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa  
Instytut Nauk Ogrodniczych  
SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO  
w WARSZAWIE  
ul. Nowoursynowska 166;  
02-787 Warszawa

## **AUTOREFERAT**

**W POSTĘPOWANIU HABILITACYJNYM W DZIEDZINIE NAUK ROLNICZYCH  
W DYSCYPLINIE ROLNICTWO I OGRODNICTWO**

Warszawa, 2023 r.



## Spis treści:

1. Imię i nazwisko .....	5
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej. ....	5
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych. ....	6
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).....	6
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej .....	41
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę. ....	52
6.1. Zestawienie osiągnięć dydaktycznych.....	52
6.2. Zestawienie osiągnięć organizacyjnych i popularyzujących naukę .....	54



**1. Imię i nazwisko**

Tomasz Krupa

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

**1999 r. dyplom inżyniera:** Wydział Ogrodniczy, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, kierunek Ogrodnictwo.

**Tytuł pracy inżynierskiej:** „Problemy uprawy wiśni”, praca wykonana w Katedrze Sadownictwa.

Promotor: dr hab. Ewa Jadczuk-Tobjasz

**2001 r. dyplom magistra inżyniera:** Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, kierunek Ogrodnictwo.

**Tytuł pracy magisterskiej:** „Wpływ systemu korzeniowego na wzrost i plonowanie wiśni odmiany „Łutówka”, praca wykonana w Katedrze Sadownictwa

Promotor: dr hab. Ewa Jadczuk-Tobjasz (prof. SGGW)

**2002 r. dyplom ukończenia kursu pedagogicznego,** Wydział Ekonomiczno-Rolniczy, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

**2005 r. stopień doktora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa –** Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

**Tytuł rozprawy doktorskiej:** „Wpływ składu atmosfery na jakość przechowalniczą owoców borówki wysokiej”, praca wykonana w Katedrze Sadownictwa i Przyrodniczych Podstaw Ogrodnictwa.

Promotor: prof. dr hab. Kazimierz Tomala

Recenzenci: prof. dr hab. Ewa Jadczuk-Tobjasz

prof. dr hab. Jan Ben

### 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- 15.11.1999 – 29.12.2005 – specjalista naukowo – techniczny w Katedrze Sadownictwa, Wydział Ogrodniczy, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.
- 30.12.2005 – aktualnie – adiunkt w Katedrze Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa, Instytutu Nauk Ogrodniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.
- 01.01.2021 – aktualnie – kierownik Katedry Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa, Instytutu Nauk Ogrodniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.
- 01.01.2021 – aktualnie – kierownik Zakładu Sadownictwa Katedry Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa, Instytutu Nauk Ogrodniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

### 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).

Jako osiągnięcie naukowe przedkładam monotematyczny cykl publikacji pod tytułem:

**Wpływ 1-MCP i warunków przechowywania na jakość owoców aktinidii ostrolistnej**  
(*Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. Ex Miq.)

W skład cyklu wchodzi następujące publikacje [O] (w kolejności chronologicznej)

[O.1] Krupa T. [Aut. koresp.], Latocha P., Liwińska A. 2011. Changes of physicochemical quality, phenolics and vitamin C content in hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrid) during storage. *Scientia Horticulturae*, 130(2): 410-417. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.06.044 (wkład własny 60%)

[IF<sub>2011</sub> = 1,527 pkt.; MNiSW<sub>2011</sub> = 30 pkt.]

[O.2] Szpadzik E. [Aut. koresp.], Zaraś-Januszkiewicz E., Krupa T. 2021. Storage quality characteristic of two minikiwi fruit (*Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq.) cultivars: 'Ananasnaya' and 'Bingo' - a new one selected in Poland. *Agronomy*, 11(1), 134. DOI: 10.3390/agronomy11010134 (wkład własny 70%)

[IF<sub>2021</sub> = 3,949 pkt.; MEiN<sub>2021</sub> = 100 pkt.]

**[O.3] Krupa T. [Aut. koresp.],** Tomala K. 2021. Effect of Oxygen and Carbon Dioxide Concentration on the Quality of Minikiwi Fruits after Storage. *Agronomy*, 11(11), 2251. DOI: 10.3390/agronomy11112251 (**wkład własny 90%**)

[IF<sub>2021</sub> = 3,949 pkt.; MEiN<sub>2021</sub> = 100 pkt.]

**[O.4] Krupa T. [Aut. koresp.],** Klimek K., Zaraś–Januszkiewicz E. 2022. Nutritional Values of Minikiwi Fruit (*Actinidia arguta*) after Storage: Comparison between DCA New Technology and ULO and CA. *Molecules*, 27(13), 4313. DOI: 10.3390/molecules27134313 (**wkład własny 80%**)

[IF<sub>2022</sub> = 4,600 pkt.; MEiN<sub>2022</sub> = 140 pkt.]

**[O.5] Krupa T. [Aut. koresp.],** Tomala K., Zaraś–Januszkiewicz E. 2022. Evaluation of Storage Quality of Hardy Kiwifruit (*Actinidia Arguta*): Effect of 1-MCP and Maturity Stage. *Agriculture (Switzerland)*, 12(12), 2062. DOI: 10.3390/agriculture12122062 (**wkład własny 80%**)

[IF<sub>2022</sub> = 3,600 pkt.; MEiN<sub>2022</sub> = 100 pkt.]

**[O.6] Krupa T. [Aut. koresp.],** Kistechok A., Tomala K. 2023. Estimating the Physicochemical and Antioxidant Properties of Hardy Kiwi (*Actinidia Arguta*) Treated with 1-Methylocyclopropene during Storage. *Agriculture (Switzerland)*, 13(9), 1665; DOI: 10.3390/agriculture13091665 (**wkład własny 85%**)

[IF<sub>2022</sub> = 3,600 pkt.; MEiN<sub>2023</sub> = 140 pkt.]

#### **DANE NAUKOMETRYCZNE PRAC SKŁADAJĄCYCH SIĘ NA OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE**

	Liczba	Punkty	IF wg roku opublikowania
Punkty MNiSW 2011 (1–30)	1	30	1,527
Punkty MEiN 2021-23 (1–200)	5	580	19,698
<b>Razem</b>	<b>6</b>	<b>610</b>	<b>21,225</b>

## SZCZEGÓŁOWE OMÓWIENIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO, KTÓRE ZOSTAŁO OPISANE W WW. PRACACH

### WPROWADZENIE

Postępujące ocieplenie klimatu sprzyja uprawie gatunków „ciepłolubnych”, których wcześniejsza uprawa w chłodniejszych rejonach świata była ryzykowna. Przykładem jest aktinidia ostrolistna (*Actinidia arguta* ((Sieb. & Zucc.) Planch. ex Miq.)) – gatunek, który od ponad 20 lat zyskuje coraz większą popularność wśród plantatorów i zdobywa serca konsumentów [1,2]. Wcześniej głównym przedstawicielem rodzaju *Actinidia* w uprawie towarowej było kiwi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F.Liang&A.R.Ferguson)) – owoce znane i wysoko cenione przez konsumentów na całym świecie [3].

Rodzina *Actinidiaceae* obejmuje około 360 gatunków roślin. W jej obrębie wyróżniane są trzy rodzaje: *Actinidia*, *Saurauia* i *Clematoclethra*. Rośliny z rodziny *Actinidiaceae* cechują się znacznym zróżnicowaniem morfologicznym. Zależnie od rodzaju rośliny mogą być drzewami, krzewami (*Saurauia* i *Clematoclethra*) lub pnączami (*Actinidia*). Rośliny z rodzaju *Actinidia* charakteryzują się dużą zdolnością przystosowania się do warunków klimatycznych. Pierwotny zasięg ich występowania to obszar rozciągający się od tropikalnych rejonów Azji poprzez południowowschodnie Chiny oraz charakteryzujące się chłodnym klimatem regiony Korei i Japonii, aż do niższych partii arktycznych lasów Syberii [4].

Bardzo obiecującym gatunkiem z rodzaju *Actinidia* jest aktinidia ostrolistna, której owoce znane są pod różnymi nazwami: hardy kiwi, bower aktinidia, baby kiwi lub minikiwi [5]. Jedną z zalet tego gatunku jest duża wytrzymałość roślin na niskie temperatury w fazie głębokiego spoczynku zimą (do -30°C) i krótszy okres wegetacji (około 150 dni) w porównaniu z aktinidią smakowitą czy chińską (około 220–240 dni) [2,6,7]. Dlatego aktinidia ostrolistna stała się pierwszym gatunkiem z rodzaju *Actinidia* uprawianym komercyjnie w regionach o chłodniejszym klimacie, dominującym w krajach np. Europy Północnej. Mimo że minikiwi często jest uznawane za owoc egzotyczny, to aktinidia ostrolistna uprawiana jest już komercyjnie w Nowej Zelandii, USA, Kanadzie, Japonii i w Chile, a także w krajach Europy, tj. we Francji, w Szwajcarii, Niemczech, Belgii i w Polsce [2,8,9].

Szersze zainteresowanie aktinidią ostrolistną w Polsce miało miejsce na początku XXI wieku, po pojawieniu się pierwszych wzmianek o atrakcyjnym ozdobnym pnączu do uprawy w przydomowym ogrodzie [10-14]. Z czasem pojawiało się coraz więcej informacji o tym silnie rosnącym pnączu, nie tylko jako o roślinie ozdobnej, ale również o krzewie



dostarczającym jadalnych owoców [15-17]. Charakteryzują się one niepowtarzalnym smakiem i aromatem, co wzbudza ciekawość szerokiego grona konsumentów.

Owocem aktinidii ostrolistnej są jagody o lekko wydłużonym lub okrągłym kształcie i masie do 15 g. Barwa zasadnicza skórki jagód, w zależności od odmiany, przybiera różne odcienie zieleni, czasem pokryta jest rumieńcem. Skórka owoców jest jadalna. Miąższ owoców jest zielonkawy z dużą liczbą drobnych nasion, a jego smak przypomina nieco klasyczne kiwi, jednakże jest bardziej intensywny i ma bogatszy bukiet aromatów [14]. W kompozycji smakowej dojrzałych owoców dominuje wyraźnie kwaskowaty smak skórki i słodki smak miąższu [18,19]. Jagody wykazują cechy owoców klimakterycznych, w wyniku czego dojrzewają dalej po zbiorze [18,20]. Aktinidia ostrolistna jest krzewem długowiecznym, dlatego rośliny mogą rosnać i owocować nawet 100 lat, co jest naturalnym zjawiskiem chociażby u winorośli [10,21].

Konsumenci często określają minikiwi jako bardzo aromatyczne i o bardziej zbalansowanym smaku niż kiwi [22]. Przyjemny aromat kiwi jest kształtowany przez obecność około 80 związków organicznych, należących do różnych grup chemicznych [23]. Wyróżnia się wśród nich aldehydy: 2-heksanal i keton etylowo-winyłowy), estry octan metylu, maślan etylu, maślan metylu, ale także złożone alkohole: 1-heksanolu, (E)-2-heksen-1-olu i terpenoidy: geraniol i linalol [23,24]. Owoc aktinidii ostrolistnej jest bogaty w antyoksydanty o potwierdzonej w testach *in vitro* aktywności biologicznej [25,26]. Wyższą zawartość związków aktywnych biologicznie stwierdzono w skórcie owoców niż w miąższu [27]. Skórka jest niekiedy określana mianem „ściągającej”, za co odpowiada swoisty dla roślin z rodzaju *Actinidia* enzym – aktinidyna. Owoce wszystkich gatunków aktinidii posiadają szereg substancji, kontakt z którymi może skutkować reakcjami alergicznymi u osób wrażliwych [28].

Owoce minikiwi często są definiowane jako „super owoc”, albo „owoc zdrowia”, ze względu na wysoką zawartość związków prozdrowotnych. W porównaniu do popularnego kiwi, owoce minikiwi odznaczają się wyższą zawartością korzystnych składników [29]. Mimo że zawartość związków fenolowych w owocach aktinidii ostrolistnej zależy od odmiany i sezonu, to zwykle zawiera się w przedziale 100–250 mg·100 g<sup>-1</sup> ś.m. [25,30,31]. Krupa i Latocha [32], oceniając profil fenoli w owocach różnych odmian i genotypów aktinidii ostrolistnej wykazali, że zawierają one takie kwasy jak: p-hydroksybenzoesowy, wanilinowy, chlorogenowy, p-kumarowy, galusowy oraz L-epikatechinę. Natomiast Webby [33] zidentyfikował w owocach aktinidii ostrolistnej odmiany ‘Giraldii’ także kwercetynę, glukopiranozyd i kaemferol. Według Kima i in. [34], w skórcie owoców aktinidii ostrolistnej znajduje się 15-krotnie więcej polifenoli niż w miąższu.

W licznych badaniach wykazano, że owoce różnych gatunków aktinidii zawierają imponującą ilość witaminy C [35-37]. Nishiyama i in. [38] stwierdzili, że w przypadku aktinidii pstrolistnej zawartość kwasu askorbinowego sięga aż 1500 mg·100 g<sup>-1</sup> ś. m., co w porównaniu do zawartości w popularnym kiwi stanowi jej 15-krotność. Zawartość witaminy C w owocach aktinidii ostrolistnej wynosi od 37 do 185 mg·100 g<sup>-1</sup> ś.m. zależnie od odmiany [37]. Według Skripchenko i Moroz [39], ukraińskie odmiany aktinidii ostrolistnej zawierają od 91 do 110 mg·100 g<sup>-1</sup> ś. m. witaminy C. Natomiast według Okomato i Goto [9], ilość witaminy C w soku otrzymanym z owoców aktinidii ostrolistnej wynosi od 150 do 200 mg·100 g<sup>-1</sup> ś. m. Owoce aktinidii są również wartościowym źródłem takich witamin jak E i K [40].

Owoce aktinidii ostrolistnej charakteryzują się wysoką zawartością chlorofilu a i b, w granicach od 0,16 do 0,22 mg·1 g<sup>-1</sup> ś. m. Są również źródłem karotenoidów, głównie β-karotenu i luteiny [41,42].

Związki o silnym działaniu antyoksydacyjnym, takie jak kwas askorbinowy, fenole czy karotenoidy, określają potencjał przeciwutleniający owoców. Jego miarą jest zdolność do wychwytywania wolnych rodników. Pozytywną cechą wynikającą z łącznego funkcjonowania karotenoidów, polifenoli i witaminy C jest ich synergiczne działanie, dzięki któremu potencjał przeciwutleniaczy jest wyższy niż w przypadku, gdy związki funkcjonują samodzielnie [43]. Z tego powodu owoce wszystkich gatunków aktinidii charakteryzują się wysoką aktywnością przeciwutleniającą [25,44,45].

Najprostszą i najpopularniejszą metodą wydłużającą podaż owoców świeżych jest ich przechowywanie w warunkach chłodniczych. Dostępne powszechnie na rodzimym rynku owoce aktinidii smakowitej odmiany ‘Hayward’ charakteryzują się 6-miesięcznym okresem przechowywania w chłodni zwykłej [46,47]. Natomiast maksymalny okres przechowywania owoców aktinidii ostrolistnej w chłodni zwykłej wynosi tylko 3–4 tygodnie [30,48]. Powodami niskiej trwałości przechowalniczej są: szybkie mięknięcie, wysychanie owoców spowodowane utratą wody oraz ostatecznie ich gnicie [18]. Rozwój uprawy tego gatunku jest nierozdzielnie związany z opracowaniem odpowiedniej technologii przechowywania owoców, która umożliwi wydłużenie okresu podaży owoców świeżych, a także ich eksport. Minikiwi jest owocem klimakterycznym, dlatego endogenne etylen, wytwarzany nawet w niewielkich ilościach, aktywuje enzymy poligalakturonazy, esterazy pektynowej i β-galaktozydazy, przyczyniając się do utraty jędrności owoców [49]. Spowolnienie procesu syntezy etylenu pozytywnie wpływa na zmniejszenie tempa innych procesów związanych z dojrzewaniem owoców, tj. hydrolizy skrobi czy degradacji chlorofilu [50]. Głównym problemem podczas przechowywania owoców aktinidii ostrolistnej jest ich szybkie mięknięcie po zbiorze [51,52].

Dojrzałość fizjologiczna owoców podczas zbioru ma znaczący wpływ na ich jakość przechowalniczą [53,54]. W badaniach Abdala i in. [55] oraz Ghasemnezhada i in. [56] wykazano, że tzw. optymalne „okno zbioru” owoców aktinidii smakowitej występuje wówczas, gdy owoce osiągną zawartość ekstraktu powyżej 6°Brix. Wciąż jednak nie dysponujemy idealnymi, niedestrukcyjnymi metodami oceny stanu dojrzałości fizjologicznej owoców [57]. W badaniach nad kiwi zwraca się uwagę, że dojrzewanie owoców na pnączu nie zachodzi równomiernie i dlatego poszukuje się innych, bardziej odpowiednich metod oceny stanu dojrzałości zbiorczej owoców niż ocena zawartości ekstraktu [58,59].

Temperatura przechowywania, a także skład gazowy atmosfery wpływają na tempo pozbiornego dojrzewania owoców [46,47]. Obniżenie stężenia tlenu w otoczeniu owoców spowalnia proces oddychania [50]. Jednak krytycznie niskie stężenie  $O_2$  prowadzi do fermentacji w owocach. Według Schliego i in. [60], przy stężeniu tlenu 0,3–0,6% zachodzi w jabłkach proces oddychania beztlenowego – fermentacja alkoholowa. Tak niska zawartość  $O_2$  powoduje nieodwracalne uszkodzenia w owocach. Badania nad przechowywaniem kiwi w atmosferze o bardzo niskim stężeniu tlenu ( $O_2 = 0,5-1,0\%$ ) prowadzono już pod koniec XX wieku [61]. Wyniki tych badań wskazują, że przechowywanie owoców aktinidii smakowitej w atmosferze zawierającej 1%  $O_2$  dość skutecznie ogranicza dojrzewanie owoców. Thomai i Sfakiotakis [61] wykazali, że zawartość tlenu wynosząca 0,5% może powodować fermentację w owocach, na co wskazywała nieznacznie wyższa zawartość etanolu w miąższu, szczególnie u owoców z opóźnionego zbioru (zebranych przy zawartości ekstraktu powyżej 10°Brix). W technologii ULO (Ultra Low Oxygen) czy DKA (Dynamic Controlled Atmosphere) owoce przechowywane są w atmosferze o bardzo niskim stężeniu tlenu. Wykorzystanie tych technologii w praktyce jest uzasadnione dla owoców ziarnkowych. Przechowując minikiwi w ULO o składzie atmosfery 1,5%  $CO_2$  i 1,5%  $O_2$  można wydłużyć okres dystrybucji owoców do 2 miesięcy [30,62]. Natomiast zdaniem Pegoraro i in. [63] przechowywanie owoców aktinidii smakowitej w warunkach kontrolowanej atmosfery, w której stężenie dwutlenku węgla wynosi 5% a tlenu – 3%, skutecznie ogranicza procesy mięknięcia i dojrzewania owoców. Niektórzy autorzy zwracają uwagę, że utrata jędrności owoców aktinidii odbywa się już przy bardzo niskiej jego zawartości (tj. 0,005–0,01 ml L<sup>-1</sup>) [64]. Istnieje również przypuszczenie, że temperatura bliska 0°C może zwiększać wrażliwość owoców na etylen, podobnie jak ma to miejsce w przypadku owoców aktinidii chińskiej (*A. chinensis*) [65].

W związku z rosnącą świadomością konsumentów dotyczącą jakości żywności i jej wpływu na zdrowie człowieka, prowadzone są wielokierunkowe badania, w tym pod kątem zawartości związków bioaktywnych oraz potencjalnych czynników wpływających na ich zawartość

w owocach [66-68]. Zalicza się do nich czynniki endo i egzogenne, które wpływają na rośliny zwłaszcza w czasie wegetacji, ale także po zbiorze owoców, kształtując ich potencjał prozdrowotny. W licznych badaniach wykazano istotną zależność między zawartością związków prozdrowotnych w owocach, a gatunkiem i odmianą [25,29,67], częścią owocu [34, 68], czy warunkami glebowo-klimatycznymi [12,69,70]. Osobnym zagadnieniem w kontekście zawartości związków bioaktywnych w owocach aktinidii jest wyznaczenie terminu zbioru, a następnie ich przechowywanie [71,72].

Poszukując optymalnych rozwiązań do przechowywania owoców, oceniana jest ich jakość zewnętrzna oraz wewnętrzna. Ważny wskaźnik jakości owoców stanowi zawartość przeciwutleniaczy. Minikiwi cenione jest ze względu na wysoką zawartość kwasu askorbinowego [27,32,67]. Niezmiernie ważną kwestią jest utrzymanie w przechowywanych owocach zawartości przeciwutleniaczy na wręcz stałym poziomie. Podczas przechowywania w chłodni zwykłej zawartość witaminy C może zmieniać się dynamicznie. Jeong i in. [73] oraz Lim i in. [74] wykazali, że zawartość kwasu askorbinowego obniża się w trakcie przechowywania owoców w temperaturze 1°C.

W badaniach Fisk i in. [30] wykazano, że w warunkach pokojowych (22°C) następuje drastyczne obniżenie zawartości fenoli w minikiwi, podczas gdy obniżenie temperatury sprzyja spowolnieniu tego procesu. Według Jeonga i in. [73], w owocach przechowywanych w chłodni zwykłej zawartość związków fenolowych nie zmienia się. Natomiast według Fisk i in. [30] oraz Stefaniak i in. [66] zawartość związków fenolowych w owocach przechowywanych w chłodni zwykłej nieznacznie wzrasta, podczas gdy w innych badaniach odnotowano spadek [62]. Podobne zależności stwierdzono w przypadku zawartości flawonoidów [74]. Ich zawartość albo była stabilna albo ulegała nieznacznemu obniżeniu w trakcie przechowywania w niskiej temperaturze (1°C) [73].

Zawartość przeciwutleniaczy determinuje aktywność przeciwutleniającą owoców. W badaniach Fisk i in. [30] nie wykazano różnicy w całkowitej aktywności antyoksydacyjnej po przechowywaniu owoców zarówno w temperaturze pokojowej (22°C), jak i w warunkach chłodniczych (2°C). Zdaniem Jeonga i in. [73] aktywność przeciwutleniająca owoców aktinidii może nie zmieniać się lub ulegać nieznacznemu obniżeniu w trakcie przechowywania.

Syntetycznym lotnym związkiem spowalniającym procesy dojrzewania jest 1-metylocyklopropan (1-MCP), który charakteryzuje się ponad dziesięciokrotnie większym powinowactwem do receptorów etylenu niż sam etylen [75]. Łącząc się z receptorem, powoduje jego dezaktywację i hamuje wpływ etylenu na dojrzewanie owoców [76]. 1-Metylocyklopropan jest bezpieczny dla ludzi i środowiska. Powszechnie stosowany

w przechowywalnictwie produktów ogrodniczych wpływa na spowalnianie mięknięcia owoców, ogranicza gnicie, utratę zielonej barwy skórki i inne procesy związane z ich dojrzewaniem [77,78]. Związek 1-MCP jest bardzo silnym inhibitorem biosyntezy etylenu, co potwierdzają wyniki badań Boquete'a i in. [79], którzy stwierdzili, że w owocach kiwi odmiany 'Hayward' traktowanych 1-MCP, po 32 dniach przechowywania w temperaturze 20°C nie notowano zauważalnych zmian w jakości ogólnej i jędrności. Lim i in. [74] są zdania, że owoce aktinidii smakowitej traktowane 1-MCP cechują się wyższą zawartością kwasu askorbinowego, związków fenolowych oraz niższą utratą masy i jędrności w czasie przechowywania. Ponadto, nawet po 14 dniach symulowanego obrotu w temperaturze 20°C owoce aktinidii smakowitej odmiany 'Hayward' wykazywały lepszą jędrność, gdy po zbiorze były traktowane 1-MCP niż owoce niepoddane jego działaniu [80]. Korzystny wpływ oddziaływania 1-MCP po przechowywaniu owoców aktinidii ostrolistnej odmian 'Cheongsan' i 'Saehan' wykazali też Lim i in. [81]. Traktowanie owoców w temperaturze 10°C przez 16 godzin preparatem zawierającym 1-MCP przyczyniło się do mniejszego o 10% spadku masy przechowywanych owoców i 3-krotnie wyższej ich jędrności niż owoców nietraktowanych.

Według Almeida i Gomes [82], 1-MCP modyfikuje smak owoców aktinidii smakowitej odmiany 'Hayward', w ocenie konsumentów. Oceniający zdecydowanie preferowali owoce nietraktowane 1-MCP, określając je jako słodsze, bardziej aromatyczne i mniej kwaśne. W przypadku owoców kiwi preferencje konsumentów były skorelowane z instrumentalnie oznaczaną zawartością ekstraktu, kwasowością miareczkową i jędrnością [83,84]. Deng i in. [85] stwierdzili, że do utrzymania wysokiej jakości owoców kiwi odmiany 'Qinmei' w trakcie długiego przechowywania niezbędne jest zastosowanie 1-MCP. Niestety, konsumenci oceniający owoce aktinidii smakowitej podkreślali, że jagody traktowane 1-MCP charakteryzują się nadmierną kwasnością. Xuan i Streif [86] wykazali, że stosowanie 1-MCP na jabłka przechowywane w warunkach kontrolowanej atmosfery może nadmiernie opóźnić ich dojrzewanie i tworzenie związków aromatycznych. Boquete i in. [79] podkreślają, że 1-MCP ogranicza wzrost wartości ekstraktu refraktometrycznego, a owoce traktowane tym związkiem w stężeniu  $5 \mu\text{l} \cdot \text{l}^{-1}$  dopiero po 28 dniach zawierały podobną ilość ekstraktu do owoców kontrolnych.

#### **Cele prowadzonych badań:**

1. Wpływ stanu dojrzałości owoców aktinidii ostrolistnej na ich jakość przechowywalniczą i zawartość związków bioaktywnych.

2. Wpływ stężenia CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> na cechy fizykochemiczne owoców aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu.
3. Wpływ składu atmosfery na potencjał przeciwutleniający i zawartość związków bioaktywnych w owocach aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu.
4. Wpływ 1–metylocyklopropenu na jakość przechowalniczą owoców aktinidii ostrolistnej.
5. Wpływ 1–metylocyklopropenu na potencjał przeciwutleniający i zawartości związków bioaktywnych w owocach aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu.

## OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ W RAMACH ZAŁOŻONYCH CELÓW

### 1. Wpływ stanu dojrzałości owoców aktinidii ostrolistnej na ich jakość przechowalniczą i zawartość związków bioaktywnych (O.2 i 5)

Celem pracy była ocena wpływu stopnia dojrzałości owoców w trakcie zbioru na cechy fizykochemiczne i potencjał przeciwutleniający owoców po przechowywaniu.

Materiał badawczy stanowiły owoce pochodzące z plantacji doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa (obecnie Katedra Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa), Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW) w Warszawie, w centralnej Polsce (52,259°N, 21,020°E). Badania przeprowadzono na takich odmianach aktinidii ostrolistnej jak: ‘Ananasnaja’ i ‘Bingo’ w roku 2014 (publikacja O.2) oraz ‘Ananasnaja’ i ‘Geneva’ w roku 2016 (publikacja O.5). Minikiwi o podobnej wielkości i bez widocznych defektów, zebrano ręcznie do plastikowych pojemników z wentylacją (500 g), w dwóch fazach dojrzałości fizjologicznej. Stan dojrzałości oceniono na podstawie zawartości ekstraktu w owocach. Owoce zbierano dwukrotnie, przy zawartości ekstraktu 6–7°Brix i przy 9–10°Brix.

Bezpośrednio po zbiorze owoce umieszczono w kontenerach o pojemności 1 m<sup>3</sup> w chłodni doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa. Monitoring zawartości CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w kontenerach zapewniał system Oxystat 200 (David Bishoop Ltd., Holandia). W pierwszym cyklu badań owoce przechowywano przez 56 dni w warunkach chłodni zwykłej (NA – 0,1% CO<sub>2</sub> : 21% O<sub>2</sub>) i w chłodni z ultra niskim stężeniem tlenu (ULO – 1,5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>) (publikacja O.2). W drugim cyklu badań owoce przechowywano przez 84 dni w warunkach chłodni zwykłej (NA – 0,1% CO<sub>2</sub> : 21% O<sub>2</sub>), w chłodni z ultra niskim stężeniem tlenu (ULO – 1,5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>) oraz w kontrolowanej atmosferze (KA – 5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>) (publikacja O.5). Ocenę owoców prowadzono w odstępach 14–dniowych.

Wyniki uzyskane w obu cyklach badań wykazały, że stan dojrzałości fizjologicznej owoców w istotny sposób wpływa na ich jędrność po przechowywaniu. Utrata jędrności minikiwi postępowała bardzo szybko, szczególnie w trakcie pierwszych tygodni przechowywania w chłodni zwykłej (publikacja O.2). Owoce z wcześniejszego zbioru wyróżniały się wyższą jędrnością do 28. lub 43. dnia przechowywania niż te ze zbioru późniejszego, zależnie od odmiany. Zdaniem Latochy i in. [18] oraz Han i in. [87], owoce aktinidii ostrolistnej miękna wolniej, gdy są zbierane przy zawartości ekstraktu poniżej 9°Brix. Również Oh i in. [53] stwierdzili wolniejszą utratę jędrności przez minikiwi zebrane po 130 dniach niż po 150 dniach od pełni kwitnienia. Ponadto, w drugim cyklu badań zaobserwowano istotny wpływ stopnia dojrzałości owoców w trakcie zbioru na jędrność jagód we współdziałaniu z warunkami przechowywania (publikacja O.5). Owoce zebrane przy zawartości ekstraktu powyżej 9°Brix miękły istotnie szybciej niż zebrane wcześniej i uzyskiwały ‘akceptowalność konsumpcyjną’ już po 6, 8 i 12 tygodniach przechowywania, odpowiednio po przechowywaniu w NA, ULO i KA. Wyniki jednoznacznie wskazują, że owoce zebrane przy zawartości ekstraktu 6–7°Brix miękły wolniej, przy czym tempo utraty jędrności modyfikowane było z jednej strony dojrzałością owoców w trakcie zbioru, a z drugiej – warunkami przechowywania. W literaturze brakuje informacji o wpływie stanu dojrzałości owoców aktinidii ostrolistnej we współdziałaniu z warunkami przechowywania na ich jakość. Abdala i in. [55] oraz Ghasemnezhad i in. [56] podkreślają, że owoce aktinidii smakowitej zebrane przy zawartości ekstraktu 6°Brix przechowują się znacznie lepiej niż owoce zebrane później.

W obu cyklach badań wykazano, że zawartość ekstraktu w owocach zależała w istotny sposób od stanu ich dojrzałości w czasie zbioru. Owoce zbierane przy zawartości ekstraktu powyżej 9°Brix, po przechowywaniu charakteryzowały się wyższą wartością tej cechy niż owoce zbierane wcześniej. Ponadto stwierdzono, że owoce zebrane przy zawartości ekstraktu 6–7°Brix nie osiągały tak wysokich wartości tego parametru jak owoce zbierane w bardziej dojrzałym stadium, niezależnie od długości sezonu przechowalniczego. Zastosowanie warunków kontrolowanej atmosfery na ogół skuteczniej spowalniało wzrost zawartości ekstraktu w owocach pochodzących z wczesnego niż z opóźnionego zbioru. Związek tempa dojrzewania kiwi ze stopniem dojrzałości owoców w trakcie zbioru jest podkreślany w literaturze opisującej dojrzewanie owoców aktinidii smakowitej lub chińskiej (*A. deliciosa* oraz *A. chinensis*) [54, 59, 88, 89]. Proces ten następuje jednak zdecydowanie wolniej w kiwi niż w minikiwi [18, 32, 53].

W prezentowanych badaniach wykazano, że owoce zebrane wcześniej, przy zawartości ekstraktu 6–7°Brix, po przechowywaniu cechowały się wyższą kwasowością niż owoce zebrane później. W warunkach w chłodni zwykłej notowano szybką utratę kwasowości owoców, przy czym po 8 tygodniach przechowywania jagody zebrane wcześniej cechowała od 20 do 40% wyższa kwasowość niż tych zebranych później. Lepsze zachowanie kwasowości notowano w owocach przechowywanych warunkach ULO lub KA. Te warunki przechowywania skutecznie ograniczały spadek kwasowości jagód, a jednocześnie wpływ stopnia dojrzałości owoców w trakcie zbioru na wartość tego parametru był mniej wyraźny niż w chłodni zwykłej. Zdaniem Abdala i in. [55], stan dojrzałości owoców aktinidii smakowitej podczas zbioru nie determinuje ich kwasowości po przechowywaniu. Natomiast Latocha i in. [18] oraz Oh i in. [53] odnotowali różne tempo obniżania się kwasowości w przechowywanych owocach minikiwi, zależnie od stanu ich dojrzałości podczas zbioru.

Stopień dojrzałości minikiwi oddziaływał na wielkość ubytków naturalnych masy owoców w czasie przechowywania. W pierwszym cyklu badań osiągnięcia naukowego wykazano, że straty masy przechowywanych owoców były większe, gdy zbierano je wcześniej – przy zawartości ekstraktu 6–7°Brix niż gdy zbierano je przy wartości tej cechy powyżej 9°Brix. Odmienne zapatrują się na to zagadnienie Oh i in. [53] oraz Fisk i in. [90], którzy są zdania, że ubytki masy są większe w owocach zebranych w zaawansowanym stadium dojrzałości (powyżej 9°Brix). Według Ghasemnezhada i in. [56] straty masy przechowywanych owoców aktinidii smakowitej były wyraźnie mniejsze, gdy zbierano je przy 6,5°Brix niż przy wyższej zawartości ekstraktu. Odnotowany w badaniach własnych przeciętny ubytek masy wynoszący ok. 2,5%, jest spójny z wynikami uzyskanymi przez innych autorów [30,53], którzy twierdzą, że ubytki masy minikiwi trzymanych w chłodni zwykłej mogą przekraczać nawet 3%.

Owoce odmian ‘Ananasnaja’ i ‘Geneva’ charakteryzowały się trawiastzieloną barwą zasadniczą skórki. Stopień dojrzałości owoców w trakcie zbioru nie wpływał w sposób istotny na intensywność zielonego zabarwienia skórki jagód po przechowywaniu, co stanowi potwierdzenie poglądu Fisk i in. [30,90].

Wyniki przedstawionych badań wskazują, że owoce dojrzewające dłużej na pnączu mogą zawierać więcej kwasu askorbinowego, jakkolwiek taką zależność wykazano jedynie w owocach odmiany ‘Bingo’. Ponadto zauważono wzrost wartości tego parametru po 28 dniach przechowywania, ale tylko w owocach z późniejszego zbioru (publikacja O.2). O wzroście zawartości kwasu askorbinowego w owocach aktinidii smakowitej po przechowywaniu, które zebrano przy zawartości ekstraktu powyżej 9,0°Brix, wspominają Ghasemnezhad i in. [56].



Stan dojrzałości zbieranych owoców nie miał istotnego wpływu na zawartość polifenoli ogółem. Tylko w nielicznych terminach analiz notowano nieznacznie wyższą wartość tego wskaźnika w owocach z wczesnego zbioru (7–8°Brix), jednak zależności tej nie udowodniono statystycznie. Ghasemnezhad i in. [56] są zdania, że owoce aktinidii smakowitej o niskiej zawartości ekstraktu podczas zbioru, po przechowywaniu zawierają więcej polifenoli. Podobnie zapatrują się na to zagadnienie Fisk i in. [30], którzy po przechowywaniu notowali wyższą zawartość polifenoli ogółem w minikiwi zebranych przy zawartości ekstraktu 7–8°Brix niż w owocach zebranych w bardziej zaawansowanym stadium dojrzałości.

Nie wykazano jednoznacznego wpływu stopnia dojrzałości minikiwi podczas zbioru na aktywność przeciwutleniającą przechowywanych owoców. Istotną zależność pomiędzy stadium dojrzałości minikiwi, a aktywnością przeciwutleniającą owoców stwierdzono tylko w przypadku odmiany 'Bingo' (publikacja O.2). Owoce tej odmiany zebrane przy zawartości ekstraktu powyżej 9°Brix cechowały się wyższą siłą do zmiatania wolnych rodników niż te zebrane jako mniej dojrzałe. Zależność tę można wiązać z mieszańcowym pochodzeniem odmiany 'Bingo', warunkującym syntezę barwników antocyjanowych znajdujących się w skórcie owocu. Ghasemnezhad i in. [56] podają, że wyższą aktywnością przeciwutleniającą po 4 miesiącach przechowywania w chłodni zwykłej cechowały się owoce kiwi zebrane przy zawartości ekstraktu 6,5°Brix niż owoce zebrane w bardziej dojrzałym stadium.

#### **Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:**

1. Po zainicjowaniu dojrzewania owoców minikiwi następuje przyspieszony spadek ich jędrności. Opóźnienie terminu zbioru – w oczekiwaniu na zawartość ekstraktu powyżej 9°Brix – skutkuje mniejszą jędrnością owoców, zwłaszcza w pierwszych tygodniach ich przechowywania.
2. W czasie przechowywania owoce zebrane we wczesnym stadium dojrzałości charakteryzują się mniejszą zawartością ekstraktu i wyższą kwasowością niż owoce zebrane później. Znaczne różnice między wartościami tych wyróżników w odniesieniu do terminu zbioru mogą skutecznie pomniejszać warunki kontrolowanej atmosfery.
3. Owoce zbierane przy większej zawartości ekstraktu (powyżej 9°Brix) zawierają więcej kwasu askorbinowego. Jego zawartość albo niewiele się zmienia w czasie przechowywania owoców albo nieznacznie wzrasta, ale tylko w jagodach z późniejszego zbioru.

4. Aktywność przeciwutleniająca owoców oraz zawartość polifenoli ogółem bardziej zależą od cech odmianowych niż od stopnia dojrzałości minikiwi w czasie zbioru. Opóźnienie zbioru sprzyja większej aktywności przeciwutleniającej owoców aktinidii ostrolistnej, co wynika zapewne z większej zawartości kwasu askorbinowego.
5. Stopień dojrzałości minikiwi podczas zbioru nie wywiera istotnego wpływu na barwę zasadniczą skórki owoców po przechowywaniu.

## **2. Wpływ stężenia CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> na cechy fizykochemiczne owoców aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu (O. 1, 3 i 5)**

Celem badań była ocena wpływu stężenia CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w atmosferze na jakość przechowywanych owoców aktinidii ostrolistnej. W badaniach zwrócono szczególną uwagę na zmiany cech jakościowych zachodzące w przechowywanych owocach. Praktycznym aspektem było wskazanie najbardziej korzystnej technologii przechowywania owoców minikiwi w celu przedłużenia ich podaży.

W pierwszym cyklu dociekań przeprowadzonych w roku 2010 badania prowadzono na owocach aktinidii ostrolistnej trzech genotypów: 'Weiki' oraz 74-49 i D14 (później odmiana 'Bingo') (publikacja O.1). W dwóch kolejnych cyklach badań prowadzonych w latach 2016–2018, materiał doświadczalny stanowiły owoce odmiany 'Ananasnaja' i 'Geneva' (publikacje O.3 i O.5). Jagody zbierano ręcznie z roślin rosnących na terenie plantacji doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa. Podczas zbioru owoce sortowano, odrzucając owoce różniące się wielkością (np. zbyt małe) i z widocznymi wadami skórki. Minikiwi zbierano w fazie dojrzałości zbiorczej przy zawartości ekstraktu 6–7°Brix. Bezpośrednio po zbiorze owoce transportowano do chłodni doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa i przechowywano w kontenerach doświadczalnych o pojemności 1 m<sup>3</sup>, które wyposażono w automatyczny system Oxystat 200, zapewniając ciągłe monitorowanie stężenia CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> oraz fluorymetrię Handy PEA (Hansatech Industries Ltd., Wielka Brytania) w celu rejestrowania fluorescencji chlorofilu.

Owoce przechowywano w temperaturze 1°C i wilgotności względnej powietrza 90–95%. W różnych cyklach doświadczeń oceniono wpływ CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w różnych stężeniach odpowiadających następującym technologiom przechowywania: chłodnia zwykła (NA – 0,1% CO<sub>2</sub> : 21% O<sub>2</sub>), kontrolowana atmosfera (KA – 5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub> oraz 10% CO<sub>2</sub> : 1,5 % O<sub>2</sub>), chłodnia z ultra niskim stężeniem tlenu (ULO – 1,5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>) oraz dynamicznie

kontrolowana atmosfera (DKA – 0,4% CO<sub>2</sub> : 0,4% O<sub>2</sub>). W DKA stężenie tlenu ustalano na podstawie pomiarów fluorescencji chlorofilu. Jakość owoców oceniano bezpośrednio po zbiorze owoców, a następnie co 14 dni przez 8 lub 12 tygodni przechowywania, zależnie od cyklu badań.

W pierwszym cyklu badań (publikacja O.1) wykazano, że w owocach przechowywanych w warunkach chłodni zwykłej (0,1% CO<sub>2</sub> i 21% O<sub>2</sub>) nastąpił bardzo duży spadek jędrności już po pierwszym tygodniu przechowywania. Taka szybka utrata jędrności przez owoce praktycznie ogranicza możliwość wykorzystania tej technologii do ich przechowywania. Podkreślić należy, że w tym cyklu badań owoce zbierano przy zawartości ekstraktu 8–10°Brix, co dodatkowo ograniczało ich trwałość przechowalniczą. Szybko postępujące mięknięcie minikiwi jest charakterystyczne dla owoców aktinidii ostrolistnej, w przeciwieństwie do powolnej utraty jędrności owoców aktinidii smakowitej ‘Hayward’ w trakcie przechowywania w temperaturze 0°C [91]. Wyniki badań White i in. [51] wskazują na różne tempo mięknięcia owoców z rodzaju *Actinidia*, w zależności od gatunku, a obserwacje Fisk i in. [30] dowodzą, że przechowywanie owoców aktinidii ostrolistnej w niskiej temperaturze powoduje szybki spadek ich jędrności w pierwszych tygodniach przechowywania. Z kolei Tavarini i in. [49] są zdania, że tempo mięknięcia kiwi zależy od warunków przechowywania i stopnia dojrzałości owoców w czasie zbioru.

W kolejnym cyklu badań (publikacja O.5) stwierdzono, że obniżenie stężenia tlenu i podwyższenie stężenia dwutlenku węgla w komorze chłodniczej sprzyjało lepszemu zachowaniu odpowiednio wysokiej jędrności po przechowaniu. Potwierdzono, że owoce przechowywane w chłodni zwykłej miały najniższą jędrność. Niska temperatura (1°C) w chłodni nie ograniczała efektywnie mięknięcia owoców aktinidii ostrolistnej. Owoce przechowywane w chłodni zwykłej zachowywały akceptowalną jędrność do 4. tygodni, pod warunkiem zebrania ich w optymalnym terminie zbioru (6–7°Brix). Zastosowanie technologii ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) do przechowywania owoców zebranych w fazie dojrzałości zbiorczej umożliwiło wydłużenie sezonu przechowalniczego do 8 tygodni. Należy podkreślić, że stężenie CO<sub>2</sub> w technologii ULO jest większe niż w NA, co zapewne dodatkowo sprzyjało lepszemu zachowaniu jędrności owoców. Odnotowano też pozytywne efekty przechowywania minikiwi w warunkach kontrolowanej atmosfery o zawartości CO<sub>2</sub> wynoszącym 5,0% i stężeniu tlenu wynoszącym 1,5%. Owoce, bez dodatkowych zabiegów pozbiorczych, przechowywane w KA były od 50 do 100% jędrniejsze niż owoce przechowywane w ULO, niemal we wszystkich terminach analiz.

W trzecim cyklu badań (publikacja O.3) skupiono uwagę na ocenie wpływu skrajnych stężeń  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$  na jędrność owoców aktinidii ostrolistnej. Okazało się, że obniżenie stężenia tlenu tuż nad granicę oddychania tlenowego i beztlenowego w warunkach DKA, tylko nieznacznie skuteczniej spowalniało spadek jędrności owoców niż w warunkach ULO. Największe spowolnienie tempa mięknięcia przechowywanych owoców stwierdzono w kontrolowanej atmosferze zawierającej 10%  $\text{CO}_2$  i 1,5%  $\text{O}_2$ . Przechowywane w takich warunkach owoce utrzymywały na tyle wysoką jędrność, że po 12 tygodniach były nadmiernie twarde do konsumpcji.

W literaturze brakuje informacji na temat wpływu stężenia  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$  w atmosferze otaczającej przechowywane owoce na jakość owoców aktinidii ostrolistnej. Większość badań prowadzono na bardziej popularnym kiwi [46,47]. Zdaniem Tavarini i in. [49], mięknięcie owoców aktinidii smakowitej powodują takie enzymy jak: poligalakuronaza, esteraza pektynowa i  $\beta$ -galaktozydaza, które są aktywowane przez etylen. Według Kim i in. [50], wysokie stężenie  $\text{CO}_2$  ogranicza syntezę etylenu. Nieliczni autorzy zwracają uwagę, że po schłodzeniu owoców utrata jędrności owoców aktinidii odbywa się już przy bardzo niskiej jego zawartości (tj. 0,05-0,1 ml  $\text{L}^{-1}$ ) [50,64]. Przypuszcza się, że niska temperatura może zwiększać zarówno tempo mięknięcia, jak i wrażliwość minikiwi na etylen, co ma miejsce w owocach aktinidii smakowitej [50,65]. Wyniki badań własnych są zgodne z rezultatami innych badań prowadzonych na owocach aktinidii smakowitej, zwłaszcza że  $\text{CO}_2$  jest powszechnie znanym inhibitorem produkcji etylenu, a jego wysokie stężenie w kontrolowanej atmosferze skutecznie zmniejszało tempo mięknięcia minikiwi w niskiej temperaturze.

Duże znaczenie dla jakości minikiwi ma także zawartość ekstraktu. Prezentowane badania wykazały, że w chłodni zwykłej zawartość ekstraktu w przechowywanych owocach szybko wzrastała (publikacja O.1). Obniżanie temperatury w chłodni nie było skutecznym sposobem ograniczenia tempa wzrostu zawartości ekstraktu w owocach. Z danych w literaturze wynika, że aktywność enzymów glikolitycznych związanych z hydrolizą skrobi wzrasta w okresie dojrzewania owoców aktinidii smakowitej, niezależnie od temperatury przechowywania, natomiast podnoszone są różnice w aktywności tych enzymów występujące między odmianami aktinidii [92,93].

Stwierdzono istotny wpływ warunków kontrolowanej atmosfery na zawartość ekstraktu w owocach (publikacje O.3 i O.5). Oceniając wpływ technologii przechowywania wykazano, że owoce przechowywane w normalnej atmosferze zwykle cechowały się wyższą wartością omawianej cechy, jakkolwiek w przypadku odmiany 'Ananasnaja' zawartość ekstraktu była podobna w owocach przechowywanych zarówno w chłodni zwykłej, jak i w ULO. Mimo że

warunki kontrolowanej atmosfery (5% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub> lub 10% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub>) ograniczały wzrost zawartości ekstraktu w owocach, to takie korzystne oddziaływanie udowodniono jedynie w przypadku owoców przechowywanych w KA z 10% stężeniem CO<sub>2</sub>. Podobny efekt odnotowano także po przechowywaniu owoców w DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4 % O<sub>2</sub>), przy czym uzyskane wyniki były zbieżne z kombinacją KA, w której utrzymywano 5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>. Po 12 tygodniach przechowywania w KA lub ULO owoce charakteryzowały się niższą zawartością ekstraktu niż minikiwi przechowywane 8 tygodni w chłodni zwykłej. Wyniki prezentowanych badań potwierdzają wcześniejsze doniesienia o mniejszej zawartości ekstraktu w owocach aktinidii smakowitej przechowywanych w warunkach kontrolowanej atmosfery niż w NA [94].

Technologia przechowywania wywierała istotny wpływ na zawartość cukrów prostych i sacharozy w owocach (publikacja O.3). Mimo że zawartość sacharozy wykazywała pewną zmienność między terminami analiz, to zwykle niższe wartości omawianego wskaźnika notowano w owocach przechowywanych w warunkach ULO i DKA niż w KA. Jednocześnie okazało się, że wartość tej cechy obniżała się wolniej w owocach przechowywanych w kontrolowanej atmosferze. Po 12 tygodniach przechowywania w KA zawierającej 10% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub> owoce cechowały się najwyższą zawartością sacharozy, natomiast najniższą – po przechowywaniu w warunkach ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub>). Zaobserwowano stały wzrost zawartości monosacharydów w przechowywanych owocach. Zawartość glukozy i fruktozy nie wzrastała gwałtownie w trakcie pierwszych tygodni przechowywania owoców, mimo że w tym okresie odnotowano szybki wzrost zawartości ekstraktu. Wyniki prezentowanych badań dowodzą, że stężenie gazów w technologii ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) sprzyjało wzrostowi zawartości cukrów prostych. Zawartość monosacharydów wzrastała najwolniej w owocach przechowywanych w kontrolowanej atmosferze (10% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub>). Uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami przedstawionymi w innych pracach [22,95], w których również odnotowano wzrost zawartości cukrów prostych w owocach aktinidii smakowitej w czasie przechowywania, a Barbonii i in. [96] wspominają o różnicy nawet ponad 2-krotnej. Zdaniem Crisosto i in. [59] oraz Oh i in. [53], całkowita zawartość cukrów w owocach różnych gatunków aktinidii wzrasta sukcesywnie w czasie ich dojrzewania.

Wyniki pierwszego cyklu badań wykazały na ogół sukcesywne zmniejszanie się kwasowości owoców aktinidii ostrolistnej w czasie przechowywania w chłodni zwykłej (publikacja O.1). Utrata kwasowości postępowała niemal liniowo, a tempo obniżania się wartości tego wskaźnika zależało od badanej odmiany. Zmieniony skład gazowy atmosfery skuteczniej spowalniał utratę kwasowości owoców niż warunki chłodni zwykłej (publikacja

O.5). Natomiast różnice w kwasowości owoców przechowywanych w warunkach KA, ULO i DKA zwykle były nieduże. Mimo to, wyższą kwasowością po przechowywaniu cechowały się owoce z KA zawierającej 5% lub 10% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub> niż ULO i DKA (publikacja O.3). Wyniki prezentowanych badań są spójne z doniesieniami Latochy i in. [18], którzy podają, że warunki kontrolowanej atmosfery znacznie skuteczniej niż warunki normalnej atmosfery spowalniają obniżanie się kwasowości w owocach.

W badaniach wykazano, że owoce aktinidii ostrolistnej zawierają kilkukrotnie więcej kwasu cytrynowego niż kwasu jabłkowego, przy czym zawartość tych kwasów zależy od odmiany i sezonu (publikacja O.3). Skład atmosfery otaczającej przechowywane owoce wpływał na tempo obniżania się zawartości obu tych kwasów. W warunkach kontrolowanej atmosfery zwiększenie stężenia dwutlenku węgla do 10% skutkowało niemalże zatrzymaniem procesu utraty kwasu cytrynowego i jabłkowego w owocach. Również obniżenie stężenia tlenu do 0,4% (w DKA) także powodowało znaczne ograniczenie spadku zawartości obu kwasów, ale skuteczność tej technologii była mniejsza niż kontrolowanej atmosfery.

W warunkach przedstawionego doświadczenia stwierdzono, że owoce aktinidii ostrolistnej bezpośrednio po zbiorze charakteryzowały się intensywnie zieloną barwą zasadniczą skórki (publikacja O.3). Podczas dojrzewania owoców zmieniała się barwa zasadnicza ich skórki z zielonej na żółtawozieloną, a proces ten na ogół postępował nieznacznie szybciej w warunkach dynamicznie kontrolowanej atmosfery (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) niż w kontrolowanej atmosferze (5% lub 10% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>). Przechowywanie owoców w atmosferze zawierającej 10% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub> najskuteczniej spowalniało żółknięcie skórki owoców, ale jej kolor stawał się bardziej matowy i ciemniejszy niż u owoców przechowywanych w warunkach ULO i DKA. W literaturze brakuje informacji na temat tempa zmian barwy zasadniczej skórki owoców aktinidii ostrolistnej zachodzących pod wpływem zmniejszonej ilości tlenu i/lub podwyższonego stężenia dwutlenku węgla.

Warunki, w których przechowywano owoce aktinidii wpływały na wielkość naturalnych ubytków masy owoców po przechowywaniu. Po 12 tygodniach przechowywania odnotowano ubytki masy wynoszące od 2,0 do 4,5%, zależnie od odmiany aktinidii ostrolistnej i warunków przechowywania (publikacja O.3). Straty masy jagód okazały się większe, gdy przechowywano je w ULO i DKA niż gdy trzymano je w KA. W literaturze brakuje informacji na temat ubytków masy minikiwi w czasie przechowywania w zmienionym składzie gazowym atmosfery. Według Fisk i in. [90], straty masy minikiwi przechowywanych 8 tygodni w warunkach obniżonej temperatury mogą wynosić ponad 3%.

**Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:**

1. Warunki kontrolowanej atmosfery skuteczniej hamują proces mięknięcia owoców aktinidii ostrolistnej niż warunki chłodni zwykłej. Przechowywanie owoców w chłodni zwykłej jest możliwe do 4 tygodni, pod warunkiem zebrania owoców w optymalnym terminie zbioru (6–7°Brix). Zachowanie odpowiednio wysokiej jędrności jagód po ok. 8 tygodniach przechowywania zapewnia atmosfera zawierająca tlen w stężeniu 0,4% (DKA). Dalsze bardzo wolne tempo obniżania się jędrności umożliwia przechowywanie jagód w atmosferze KA z 5 lub 10% stężeniem CO<sub>2</sub>.
2. Owoce przechowywane w kontrolowanej atmosferze zawierającej 10% CO<sub>2</sub> są zbyt twarde do bezpośredniego spożycia nawet po 12 tygodniach, co sugeruje możliwość wydłużenia sezonu przechowalniczego.
3. Przechowywanie owoców w chłodni zwykłej skutkuje bardzo szybkim wzrostem zawartości ekstraktu. Proces ten można opóźnić poprzez znaczne obniżenie stężenia O<sub>2</sub> i podwyższenie ilości CO<sub>2</sub> w atmosferze, przy czym najbardziej efektywne jest 10% stężenie dwutlenku węgla. Mniejsza słodkość owoców przechowywanych w kontrolowanej niż w normalnej atmosferze jest w głównej mierze spowodowana zróżnicowanym tempem wzrostu w owocach zawartości ekstraktu. Odpowiednio dobrana zawartość dwutlenku węgla i tlenu w atmosferze może na tyle skutecznie spowolnić przemiany fizjologiczne zachodzące w owocach minikiwi, że nawet po 12 tygodniach ich przechowywania owoce mogą nie wykazywać tak wysokiej zawartości ekstraktu jak po krótkim przechowywaniu w chłodni zwykłej.
4. Zawartość sacharozy w przechowywanych owocach, mimo pewnej fluktuacji, wykazuje tendencją spadkową. Zmiany te zachodzą wolniej w owocach przechowywanych w KA niż w ULO i DKA.
5. W czasie przechowywania owoców aktinidii następuje stały wzrost zawartości monosacharydów, przy czym jest on mniej gwałtowny niż wzrost zawartości ekstraktu. Rozpad wielocukrów do cukrów prostych postępuje najwolniej w owocach przechowywanych w atmosferze zawierającej 10% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>.
6. Dominującym kwasem w owocach aktinidii ostrolistnej jest kwas cytrynowy. W czasie ich przechowywania następuje sukcesywny spadek kwasowości, przy czym KA, ULO i DKA

znacznie skuteczniej niż normalna atmosfera spowalnia obniżanie się wartości tego wyróżnika. Wysoka zawartość CO<sub>2</sub> w atmosferze otaczającej owoce dodatkowo ogranicza spadek kwasowości minikiwi.

7. W chłodni zwykłej szybko postępuje utrata zielonej barwy zasadniczej skórki owoców. Takie zmiany zachodzą wolniej w warunkach KA, ULO i DKA niż w chłodni zwykłej. Z kolei w technologiach o zmienionym składzie atmosfery proces ten postępuje nieznacznie szybciej w warunkach ULO niż KA z 10% stężeniem CO<sub>2</sub>.

### **3. Wpływ składu atmosfery na potencjał przeciwutleniający i zawartość związków bioaktywnych w owocach aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu (O. 1, 2 i 4)**

W badaniach oceniano wpływ zawartości CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w atmosferze przechowalniczej na zawartość nutraceutyków w owocach aktinidii ostrolistnej. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany potencjału przeciwutleniającego zachodzące w przechowywanych owocach związane z obniżonym stężeniem tlenu i/lub podwyższonym stężeniem dwutlenku węgla. Istotą przeprowadzonych badań było wskazanie takich warunków, które mogłyby być zalecane do przechowywania jagód aktinidii ostrolistnej z uwagi na wolniejszą utratę korzystnych dla zdrowia człowieka związków zawartych w owocach.

Badanie te przeprowadzono w trzech doświadczeniach. W roku 2010 zajęto się jakością prozdrowotną owoców trzech genotypów: 'Weiki' oraz 74–49 i D14 (później odmiana 'Bingo') przechowywanych w warunkach chłodni zwykłej (publikacja O.1). W roku 2014 badaniami objęto owoce odmiany 'Ananasnaja' i 'Bingo' przechowywane w warunkach kontrolowanego składu gazowego atmosfery (ULO i KA) (publikacja O.2). Natomiast w latach 2017–2018 przedmiot badań stanowiły owoce odmiany 'Ananasnaja' i 'Geneva' przechowywane w warunkach DKA, ULO i KA (publikacja O.4). Owoce zawsze zbierano ręcznie z roślin rosnących na terenie plantacji doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa. Bezpośrednio po zbiorze transportowano je do chłodni doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa i przechowywano w kontenerach doświadczalnych w temperaturze 1°C i wilgotności względnej powietrza 90–95%.

W pierwszym i drugim cyklu badań stwierdzono, że aktywność przeciwutleniająca owoców przechowywanych 8. tygodni w chłodni zwykłej na ogół była stosunkowo stabilna w kolejnych tygodniach przechowywania (publikacja O.1 i O.2). Podobne zależności notowano przechowując owoce w warunkach ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>). Ogólnie, obserwowano albo



stabilną wartość omawianego wskaźnika albo nieznaczne jego obniżenie się podczas przechowywania. W trzecim cyklu badań stwierdzono, że jedynie w warunkach KA aktywność przeciwutleniająca owoców nie uległa zmianie w trakcie 12 tygodni przechowywania, natomiast w warunkach DKA i ULO obserwowano niewielki spadek wartości tego wskaźnika. Po 12 tygodniach najwyższą aktywnością przeciwutleniającą cechowały się owoce odmiany ‘Ananasnaja’ przechowywane w KA (5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>). Co ciekawe, warunki DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) na ogół sprzyjały nieznacznie wyższej aktywności przeciwutleniającej owoców niż warunki ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>). Uzyskane wyniki są spójne z doniesieniami Fisk i in. [30], którzy obserwowali nieznaczny spadek aktywności przeciwutleniającej owoców odmiany ‘Ananasnaja’ przechowywanych w chłodni zwykłej, choć nie był on statystycznie istotny. Natomiast Yildirim i Bayir [97] odnotowali istotny spadek aktywności przeciwutleniającej owoców aktinidii smakowitej po przechowywaniu w warunkach kontrolowanej atmosfery. W literaturze brakuje informacji na temat wpływu składu gazowego atmosfery na aktywność przeciwutleniającą owoców aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu.

Zawartość kwasu askorbinowego w owocach aktinidii ostrolistnej zależała od warunków ich przechowywania. W pierwszym cyklu badań stwierdzono, że wartość tej cechy obniżała się w miarę przechowywania owoców w chłodni zwykłej (publikacja O.1). W początkowym okresie przechowywania odmiany ‘Weiki’ spadek zawartości kwasu askorbinowego był większy niż w kolejnych tygodniach sezonu przechowalniczego. Podobnie zapatrują się na to zagadnienie Tavarini i in. [98], oraz Jeong i in. [73], którzy przechowywali owoce różnych gatunków aktinidii w chłodni zwykłej. W drugim cyklu badań stwierdzono, że zawartość kwasu askorbinowego nie ulegała znacznym zmianom podczas przechowywania owoców zarówno w warunkach ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>), jak i w chłodni zwykłej (publikacja O.2). W kolejnych badaniach wykazano istotną zależność zawartości kwasu askorbinowego w owocach od składu gazowego atmosfery (publikacja O.4). W owocach przechowywanych w ULO i DKA notowano nieznaczne obniżenie się wartości omawianej cechy w trakcie przechowywania, jakkolwiek po 12 tygodniach przechowywania niższe wartości stwierdzono w owocach trzymanyh w ULO niż w DKA. Natomiast w owocach przechowywanych w KA (5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) zawartość kwasu askorbinowego nie uległa istotnej zmianie również po 12 tygodniach przechowywania. W literaturze brakuje informacji na temat wpływu składu gazowego atmosfery na zawartość kwasu askorbinowego w przechowywanych owocach aktinidii ostrolistnej.

Zawartość polifenoli ogółem w owocach dwóch spośród trzech badanych odmian istotnie wzrosła po 7 dniach przechowywania w chłodni zwykłej (publikacja O.1). Dłuższe ich

przechowywanie w tych warunkach skutkowało istotnym obniżeniem wartości omawianej cechy. W drugim cyklu badań nie wykazano istotnego wpływu warunków ULO względem chłodni zwykłej na zawartość polifenoli ogółem (publikacja O.2). W kolejnych badaniach obserwowano podobną ilość polifenoli ogółem w owocach przechowywanych 12 tygodni w KA o składzie 5% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub> (publikacja O.4). Zawartość polifenoli ogółem po przechowywaniu w warunkach zarówno DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>), jak i w ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) obniżyła się. Fisk i in. [30] obserwowali niewielki wzrost zawartości fenoli ogółem po przechowywaniu owoców odmiany ‘Ananasnaja’ w temperaturze 2°C. Natomiast zdaniem Jeonga i in. [73], zawartość polifenoli ogółem w owocach aktinidii smakowitej albo obniża się albo utrzymuje stabilną wartość w czasie przechowywania, zależnie od odmiany. Badania nad jakością owoców różnych gatunków wskazują, że zastosowanie zmienionego składu gazowego atmosfery działa stabilizująco na zawartość polifenoli ogółem [90,99,100].

W prezentowanych badaniach zaobserwowano wzrost zawartość związków z grupy kwasów fenolowych w początkowym okresie przechowywania owoców aktinidii ostrolistnej (publikacja O.1). W kolejnych tygodniach przechowywania w chłodni zwykłej na ogół stwierdzono istotnie obniżenie się zawartości ocenianych kwasów w owocach. Skład gazowy atmosfery otaczającej owoce wywierał istotny wpływ na zawartość kwasów fenolowych (publikacja O.4). Większy spadek wartości tej cechy miał miejsce w owocach przechowywanych w DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) niż w ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>). Mimo to, po 12 tygodniach przechowywania zawartość kwasów fenolowych w owocach z obu warunków przechowywania była statystycznie podobna. Ponadto zaobserwowano, że zawartość kwasów fenolowych w minikiwi przechowywanych w KA o składzie 5% CO<sub>2</sub> i 1,5 % O<sub>2</sub> albo nie ulegała istotnym zmianom albo nieznacznie wzrastała w czasie przechowywania.

Istotne obniżenie się zawartości flawonoli w owocach przechowywanych w chłodni zwykłej wykazano w pierwszym cyklu badań (publikacja O.1). W kolejnym doświadczeniu wykazano wyższą zawartość flawonoli w owocach przechowywanych w KA niż w DKA lub ULO (publikacja O.4). Warto podkreślić, że w owocach przechowywanych 12 tygodni w KA wartość tej cechy nie uległa istotnej zmianie. Z kolei w owocach przechowywanych w DKA i ULO notowano spadek zawartości flawonoli, przy czym w owocach odmiany ‘Ananasnaja’ obniżanie się wartości tej cechy postępowało szybciej w warunkach DKA niż w ULO.

Zawartość pochodnych flawan-3-oli w przechowywanych owocach podlegała fluktuacji. Na ogół po wzroście w początkowym okresie przechowywania w chłodni zwykłej, ich zawartość dość sukcesywnie zmniejszała się wraz z wydłużaniem sezonu przechowywania (publikacja O.1). Istotny wpływ na zawartość flawan-3-oli wywierał skład gazowy atmosfery,

w której przechowywano owoce (publikacja O.4). Istotnie mniej flawan-3-oli zawierały owoce przechowywane w DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) i ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) niż w KA (5,0% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>). Wartość tej cechy w owocach przechowywanych w warunkach DKA i ULO wykazywała tendencję spadkową, natomiast niewiele się zmieniała w czasie przechowywania w warunkach KA.

W literaturze brakuje informacji na temat wpływu składu gazowego atmosfery na zawartość pochodnych związków fenolowych w przechowywanych owocach aktinidii ostrolistnej.

### **Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski**

1. Aktywność przeciwutleniającą owoców aktinidii modyfikują warunki ich przechowywania. Przechowywanie jagód w normalnej atmosferze (chłodnia zwykła) skutkuje obniżaniem się ich aktywności przeciwutleniającej, natomiast warunki KA działają stabilizująco na wartość tego wyróżnika.
2. Jagody aktinidii ostrolistnej są bogatym źródłem kwasu askorbinowego. W owocach przechowywanych w chłodni zwykłej zawartość kwasu askorbinowego najczęściej ulega obniżeniu, podczas gdy w kontrolowanej atmosferze zawierającej 5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub> wartość tego wyróżnika jest stabilna lub nawet nieznacznie wzrasta.
3. W owocach przechowywanych w normalnej atmosferze zmniejsza się zawartość polifenoli ogółem, natomiast w KA (5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) i DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) ich zawartość nie ulega istotnej zmianie.
4. W pierwszych dniach przechowywania w chłodni zwykłej w owocach aktinidii na ogół wzrasta zawartość pochodnych kwasów fenolowych, następnie istotnie zmniejsza się. Warunki ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) znacznie skuteczniej niż DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) ograniczają obniżanie się ich zawartości, a w warunkach KA (5% CO<sub>2</sub> i 5% O<sub>2</sub>) owoce mają pochodną ilość kwasów fenolowych, niezależnie od długości ich przechowywania.
5. Ilość pochodnych z grupy flawonoli zależy od odmiany owoców. W czasie przechowywania w normalnej atmosferze ich zawartość znacznie spada. W warunkach KA (5% CO<sub>2</sub> i 5% O<sub>2</sub>) owoce na ogół zawierają więcej flawonoli niż jagody przechowywane w ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) lub DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>).
6. W owocach przechowywanych w normalnej atmosferze zmniejsza się zawartość flawan-3-oli. Zmiana stężenia CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> w atmosferze wpływa korzystnie na stabilizację zawartości flawan-3-oli w owocach, przy czym warunki DKA (0,4% CO<sub>2</sub> i 0,4% O<sub>2</sub>) są mniej

skuteczne niż ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>), zaś najskuteczniej stabilizują wartość tej cechy warunki KA (5% CO<sub>2</sub> i 5% O<sub>2</sub>).

#### **4. Wpływ 1-metylocyklopropenu na jakość przechowalniczą owoców aktinidii ostrolistnej (O.5 i O.6)**

W doświadczeniach oceniano wpływu pozbiorecznego traktowania owoców aktinidii ostrolistnej 1-metylocyklopropenem (1-MCP) na ich cechy fizykochemiczne w czasie przechowywania. W tym celu owoce przechowywano w chłodni zwykłej (NA – 0,1% CO<sub>2</sub> : 21% O<sub>2</sub>), chłodni z ultra niską zawartością tlenu (ULO – 1,5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>) oraz w kontrolowanej atmosferze (KA – 5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>).

Materiał badawczy stanowiły owoce aktinidii ostrolistnej odmian ‘Ananasnaja’ i ‘Geneva’ (publikacja O.5) oraz ‘Ananasnaja’ (publikacja O.6). Doświadczenie przeprowadzono w latach 2015–2017. Owoce zbierano ręcznie z roślin rosnących na terenie plantacji doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa. Jagody do pierwszego cyklu badań zbierano w dwóch terminach, pierwszy raz – przy zawartości ekstraktu ok. 7°Brix (dojrzałość zbiorcza), kolejny – po 7 dniach (powyżej 9°Brix). Do drugiego cyklu badań owoce zebrano w jednym terminie, tj. po osiągnięciu dojrzałości zbiorczej. Bezpośrednio po zbiorze owoce umieszczano w chłodni doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa i przechowywano w kontenerach doświadczalnych o pojemności 1 m<sup>3</sup>. Połowę owoców z każdego zbioru traktowano przez 24 h związkiem 1-MCP (SmartFresh ProTabs™) w stężeniu 0,65 µL/L. Następnie owoce zarówno traktowane, jak i nietraktowane tym związkiem przechowywano w temperaturze 1°C i wilgotności względnej powietrza 90–95%. Analizy owoców przeprowadzano bezpośrednio po zbiorze i powtarzano co 14 dni przez 8 lub 12 tygodni przechowywania.

Związek 1-MCP zapewniał bardzo wolne tempo obniżania się jędrności przechowywanych owoców aktinidii ostrolistnej. Skuteczność działania tego związku zależała od warunków, w jakich przechowywano owoce. Użycie 1-MCP zapobiegło wcześniej notowanej szybkiej utracie jędrności owoców przechowywanych w chłodni zwykłej lub w ULO (publikacja O.5 i O.6). Zdecydowanie lepsze zachowanie jędrności jagód przechowywanych w NA i w ULO pod wpływem 1-MCP sugeruje możliwość wydłużenia o kolejne dni okresu przechowywania. Natomiast wpływ 1-MCP na jędrność owoców przechowywanych w KA był niewielki, co wynikało zapewne z wyraźnego wpływu wyższego stężenia dwutlenku węgla na lepsze zachowanie jędrności jagód (publikacja O.5). Wyniki prezentowanych badań po 12 tygodniach przechowywania wykazały niemal 2-krotnie wyższą jędrność owoców, które

zostały poddane działaniu 1-MCP niż jagód nietraktowanych tym związkiem, niezależnie od odmiany aktinidii i warunków przechowywania. Ponadto zauważono, że owoce nietraktowane 1-MCP, które przechowywano w bardziej zaawansowanych technologicznie warunkach charakteryzowały się mniejszą jędrnością niż owoce traktowane 1-MCP, które przechowywano w mniej zaawansowanej technologii przechowalniczej. Wykazano dużą skuteczność 1-MCP w zapobieganiu szybkiej utracie jędrności także wśród owoców z opóźnionego zbioru (powyżej 9°Brix) (publikacja O.5). Okazało się, że owoce z opóźnionego zbioru, które poddano działaniu 1-MCP, po 12 tygodniach przechowywania charakteryzowały się jędrnością idealną do konsumpcji, natomiast owoce zebrane w fazie dojrzałości zbiorczej i również traktowane 1-MCP, w tym samym czasie były nadmiernie twarde do konsumpcji. Istotny wpływ 1-MCP na wyższą jędrność różnych owoców wykazali Blankenship i Dole [101], Watkins [78] oraz Tomala i in. [102]. Z kolei Gabioud Rebeaud i in. [103] oraz Lim i in. [74] odnotowali wyższą jędrność przechowywanych owoców aktinidii ostrolistnej po zastosowaniu 1-MCP. Skuteczne wydłużenie okresu przechowywania po zastosowaniu 1-MCP wykazano w wielu badaniach prowadzonych na owocach aktinidii smakowitej odmiany 'Hayward' [79,80,104]. Pomimo obiecujących wyników uzyskanych na kiwi, dotychczas tylko w nielicznych pracach opisano wpływ 1-MCP na jakość owoców minikiwi [74,105].

Analiza danych wykazała istotny wpływ 1-MCP na zawartość ekstraktu w przechowywanych owocach, ale tylko w warunkach chłodni zwykłej. W tych warunkach przechowywania zastosowanie 1-MCP skutecznie ograniczało bardzo szybki wzrost zawartości ekstraktu, notowany już w pierwszych tygodniach przechowywania owoców nietraktowanych tym związkiem. W literaturze brakuje informacji na temat wpływu traktowania owoców związkiem 1-MCP na zawartość ekstraktu w przechowywanych owocach aktinidii ostrolistnej. Wielu autorów podkreśla, że zawartość ekstraktu wzrasta w owocach różnych gatunków, niezależnie od kombinacji z 1-MCP [78,80,94].

W warunkach przedstawionego doświadczenia wyższą kwasowością cechowały się owoce aktinidii ostrolistnej poddane działaniu 1-MCP niż te przechowywane bez użycia tego związku. Mimo że 1-MCP ograniczał obniżanie się wartości omawianej cechy, to na tempo tego procesu istotny wpływ wywierał także stan dojrzałości owoców w czasie zbioru we współdziałaniu z warunkami przechowywania. Owoce przechowywane w chłodni zwykłej z użyciem 1-MCP zwykle charakteryzowały się wyższą kwasowością niż nietraktowane tym związkiem. W warunkach ULO podobną zależność wykazano tylko w przypadku owoców 'Geneva' pochodzących z opóźnionego zbioru. Natomiast w warunkach KA wyższą kwasowość miareczkową stwierdzono dopiero po 8 tygodniach ('Geneva' pierwszy zbiór) lub po

10 tygodniach ('Ananasnaja' opóźniony zbiór) przechowywania. W literaturze brakuje informacji na temat wpływu traktowania owoców aktinidii ostrolistnej związkiem 1-MCP na ich kwasowość w czasie przechowywania. Rezultaty badań prowadzonych na innych gatunkach wskazują, że traktowanie owoców 1-MCP zapewnia zwykle wyższą ich kwasowość [78,102].

1-MCP wpływał na zawartość glukozy jedynie we współdziałaniu z długością i technologią przechowywania (publikacja O.6). Owoce traktowane 1-MCP cechowały się na ogół niższą zawartością glukozy niż owoce nietraktowane, ale po dłuższym niż 6 tygodni przechowywaniu. Ponadto zauważono, że zawartości glukozy wzrastała do 8. tygodnia przechowywania, po czym obniżyła się w owocach niepoddanych działaniu 1-MCP. W owocach traktowanych 1-MCP obserwowano wzrost zawartości glukozy do 12. tygodnia przechowywania. Zawartość fruktozy w znacznej mierze ulegała podobnym zmianom jak zawartość glukozy, przy czym ich zawartość była zwykle niższa w owocach traktowanych 1-MCP. Wzrost zawartości fruktozy obserwowano do 8. tygodnia, natomiast po 10 i 12 tygodniach przechowywania stwierdzano podobną wartość tego parametru w owocach nietraktowanych 1-MCP. W trakcie przechowywania w owocach następował spadek zawartości sacharozy, a jego tempo było szybsze w owocach nietraktowanych niż traktowanych 1-MCP. Wykazano też, że łączne oddziaływanie 1-MCP i warunków ULO (1,5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) ograniczyło także spadek zawartości sacharozy w minikiwi. W literaturze brakuje informacji o wpływie traktowania owoców 1-MCP na zawartość cukrów prostych i sacharozy w przechowywanych jagodach aktinidii.

Traktowanie owoców 1-MCP wywierało istotny wpływ na zawartość kwasu cytrynowego i jabłkowego w owocach aktinidii ostrolistnej (publikacja O.6). Na ogół wyższą zawartość obu tych kwasów stwierdzano w minikiwi traktowanych niż nietraktowanych 1-MCP, szczególnie gdy przechowywano je w chłodni zwykłej. Dłuższe niż 4-tygodniowe przechowywanie owoców uwydatniało różnice w zawartości obu tych kwasów między owocami traktowanymi i nietraktowanymi 1-MCP.

### **Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski**

1. 1-MCP niemal spektakularnie hamuje mięknięcie owoców aktinidii ostrolistnej trzymanych w warunkach normalnej atmosfery. Użycie tego związku na owoce przechowywane w warunkach KA (5% CO<sub>2</sub> i 1,5% O<sub>2</sub>) zapewnia utrzymanie wysokiej ich jędrności po 12 tygodniach przechowywania, w tym także owoców z opóźnionego zbioru.

2. Zawartość ekstraktu w jagodach aktinidii przechowywanych w chłodni zwykłej szybko wzrasta. 1-MCP zastosowany na tak przechowywane owoce znacząco ogranicza tempo tego procesu, natomiast w warunkach KA, ULO i DKA jego oddziaływanie jest wyraźnie mniejsze. 1-MCP spowalnia spadek zawartości sacharozy i jednocześnie wzrost zawartości monosacharydów w przechowywanych owocach.
3. Spadek kwasowości owoców przechowywanych zarówno w warunkach normalnej atmosfery, jak i w ULO skutecznie ogranicza pozbiórcze użycie 1-MCP. Takie owoce zawierają więcej kwasu cytrynowego i jabłkowego.

#### **5. Wpływ 1-metylocyklopropenu na potencjał przeciwutleniający i zawartość związków bioaktywnych w owocach aktinidii ostrolistnej po przechowywaniu (O.6)**

W doświadczeniu oceniano wpływ pozbiórczego stosowania 1-metylocyklopropenu na wewnętrzną jakość owoców minikiwi w czasie przechowywania w normalnej atmosferze (NA – 0,1% CO<sub>2</sub> : 21% O<sub>2</sub>) i kontrolowanej atmosferze z tlenem na bardzo niskim poziomie (ULO – 1,5% CO<sub>2</sub> : 1,5% O<sub>2</sub>), koncentrując się na zmianie zawartości związków biologicznie czynnych, o cennych właściwościach dla organizmu człowieka.

Badania przeprowadzono w latach 2015 i 2017 na owocach aktinidii ostrolistnej odmiany ‘Ananasnaja’ (publikacja O.6). Owoce zbierano ręcznie z roślin rosnących na terenie plantacji doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa. Po zbiorze transportowano je do chłodni doświadczalnej Samodzielnego Zakładu Sadownictwa, gdzie po schłodzeniu połowę owoców traktowano 1-MCP (SmartFresh™ ProTabs) w stężeniu 0,65 µL/L, przez 24 h. Owoce zarówno traktowane, jak i nietraktowane tym związkiem przechowywano w kontenerach doświadczalnych o pojemności 1 m<sup>3</sup> w temperaturze 1°C i wilgotności względnej powietrza 90–95%. Jakość wewnętrzną owoców oceniano bezpośrednio po zbiorze i powtarzano co 14 dni przez 8 lub 12 tygodni przechowywania.

Zastosowanie 1-MCP na tyle skutecznie spowolniło spadek zawartości kwasu askorbinowego, że nawet po 12 tygodniach przechowywania owoce zawierały taką samą jego ilość jak podczas zbioru, i to niezależnie od warunków przechowywania. Z kolei w owocach nietraktowanych tym związkiem w większości kolejnych terminów oznaczeń notowano sukcesywne obniżanie się wartości badanej cechy. Uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami przedstawionymi przez Lim i in. [74], którzy stosując 1-MCP skutecznie ograniczyli tempo obniżania się zawartości kwasu askorbinowego w owocach aktinidii.

W warunkach przedstawionego doświadczenia wyższej zawartości polifenoli ogółem sprzyjało pozbiornicze traktowanie owoców 1-MCP. Korzystne oddziaływanie tego związku notowano od 4. tygodnia, niezależnie od zastosowanej technologii przechowywania. Podobnie jak w przypadku poprzednio omówionego wskaźnika, użycie 1-MCP równie skutecznie ograniczyło obniżanie się zawartości polifenoli ogółem. Natomiast w owocach nietraktowanych 1-MCP, niezależnie od warunków przechowywania, rejestrowano istotne obniżanie się zawartości polifenoli ogółem niemal we wszystkich terminach analiz. W literaturze brakuje informacji na temat wpływu traktowania owoców 1-MCP we współdziałaniu z warunkami przechowywania na zawartość polifenoli ogółem w jagodach aktinidii ostrolistnej. Haong i in. [99], oraz Paulauskienė i in. [100] podają, że warunki KA ograniczają obniżanie się wartości omawianej cechy w owocach różnych gatunków.

W warunkach przedstawionego doświadczenia istotny wpływ 1-MCP na zawartość kwasów fenolowych w minikiwi stwierdzono tylko w jednym z dwóch sezonów przechowywalniczych. Wówczas odnotowano istotny wpływ 1-MCP na wartość tej cechy we współdziałaniu ze stanem dojrzałości owoców w czasie zbioru i warunkami przechowywania. Polegało ono na tym, że owoce traktowane 1-MCP po 12 tygodniach przechowywania w chłodni zwykłej charakteryzowały się statystycznie podobną zawartością fenolokwasów jak bezpośrednio po zbiorze. Natomiast w owocach przechowywanych zarówno w chłodni zwykłej bez użycia 1-MCP, jak i w ULO (niezależnie od kombinacji z 1-MCP), notowano spadek wartości omawianej cechy.

Owoce traktowane 1-MCP zawierały więcej flawonoli niż nietraktowane tym związkiem, co wykazano w większości terminów analiz w obu latach badań. Co ciekawe, owoce poddane działaniu tego związku nie różniły się pod względem wartości tej cechy w żadnym terminie oznaczeń. Natomiast w owocach nietraktowanych 1-MCP, nie licząc owoców przechowywanych w ULO w pierwszym roku badań, obserwowano na ogół spadek zawartości flawonoli.

Użycie 1-MCP zapewniało wyższą zawartość flawan-3-oli w owocach, niezależnie od roku badań i technologii przechowywalniczej. Podobnie jak w przypadku poprzednio omawianego wskaźnika, również zawartość flawan-3-oli w owocach traktowanych 1-MCP nie różniła się po 12 tygodniach przechowywania od wartości notowanych w czasie zbioru. Istotny spadek zawartości flawan-3-oli w czasie przechowywania odnotowano tylko w owocach nietraktowanych 1-MCP, które w pierwszym roku badań trzymane w chłodni zwykłej, a w drugim – w ULO. W literaturze brakuje informacji dotyczących wpływu 1-MCP na zawartość pochodnych związków fenolowych w owocach aktinidii ostrolistnej. Zdaniem wielu



badaczy, stosowanie 1-MCP skutkuje utrzymaniem wysokiej zawartości związków z grupy fenoli w przechowywanych owocach różnych gatunków [78,99,100,106].

W warunkach przedstawionego doświadczenia notowano istotny wpływ stosowania 1-MCP na wyższą aktywność przeciwutleniającą owoców, jednak nie we wszystkich kombinacjach długości przechowywania zależność taka była statystycznie istotna. W literaturze brakuje informacji obrazujących wpływ 1-MCP na aktywność przeciwutleniającą owoców aktinidii ostrolistnej. Z doniesień niektórych autorów wynika, że w trakcie dojrzewania owoców w warunkach chłodniczych ich aktywność przeciwutleniająca ulega obniżeniu, a tempo tego procesu zależy m.in. od temperatury przechowywania [90,107], warunków przechowywania [100], a także od stosowania przed- i pozbiorczych zabiegów ograniczających dojrzewanie owoców [66,74,99].

### **Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski**

1. Owoce aktinidii ostrolistnej cechuje wysoki potencjał przeciwutleniający wynikający z zawartości kwasu askorbinowego, pochodnych związków fenolowych. 1-Metylocyklopropan skutecznie opóźnia obniżanie się potencjału przeciwutleniającego przechowywanych owoców.

2. Korzystne oddziaływanie 1-MCP na zawartość polifenoli ogółem i witaminy C w owocach uwidocznia się po dłuższym niż 4-tygodniowym przechowywaniu. Owoce traktowane 1-MCP mają większą aktywność antyoksydacyjną niż nietraktowane tym związkiem, a różnice między nimi zwiększają się w miarę wydłużania okresu przechowywania.

### **Literatura**

1. Latocha P., Debersaques F., Hale I. 2021. *Actinidia arguta* (Kiwiberry): Botany, Production, Genetics, Nutritional Value, and Postharvest Handling. Horticultural Reviews, 48: 37-151. DOI:10.1002/9781119750802.ch2
2. Williams M.H., Boyd L.M., McNeilage M.A., MacRae E.A., Ferguson A.R., Beatson R.A., Martin P.J. 2003. Development and commercialization of 'Baby Kiwi' *Actinidia arguta* Planch. Acta Horticulturae., 610: 81-86. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.610.8
3. Ferguson A. R., Ferguson L.R. 2003. Are kiwifruit really good for you? Acta Horticulturae, 610: 131-138. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.610.16
4. Dressler S., Bayer C. 2004. Actinidiaceae. W: The Families and Genera of Vascular Plants VI - Flowering Plants Dicotyledons, K. Kubitzki (red.). Springer Nature, 16-19.

5. Latocha P., Jankowski P., Radzanowska J. 2011. Genotypic difference in postharvest characteristics of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrids), as a new commercial crop Part I. Sensory profiling and physicochemical differences. Food Research International, 44(7): 1936-1945. DOI:10.1016/j.foodres.2011.01.033
6. Latocha P. 2008. Frost resistance and spring frost sensibility of a few cultivars of *Actinidia* grown in Central Poland. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Horticulture and Landscape Architecture, 29: 111-120.
7. Kawecki Z., Bieniek A. 2008. Influence of climatic conditions of northeastern Poland on growth of bower actinidia. Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture. Soodininkyste ir Daržininkyste, 27(2): 307-318.
8. Ferguson A. R. 1999. New temperate fruits: *Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa*. W: Perspectives on new crops and new uses, J. Janick (red.). Alexandria, VA: ASHS Press, 342 – 347.
9. Okamoto G., Goto S. 2005. Juice constituents in *Actinidia arguta* fruits produced in Shinjo, Okayama. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture Okayama University, 94: 9-13.
10. Latocha P. 2006. Aktinidia, roślina ozdobna i owocowa. Hortpress, Warszawa.
11. Latocha P. 2006. Rośliny ozdobne w architekturze krajobrazu, część IV. Drzewa i krzewy liściaste. Hortpress, Warszawa.
12. Latocha P., Krupa T. 2008. The mineral composition of new genotypes of hardy kiwifruit (*Actinidia* Lindl.) bred at SGGW. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Horticulture and Landscape Architecture, 29: 105-110.
13. Kawecki Z., Bieniek A., Tomaszewska Z., Piotrowicz-Cieślak A., Stanys V. 2001. Plonowanie, morfologia i skład chemiczny owoców kilku odmian aktinidii ostrolistnej (*Actinidia arguta* Sieb. et Planch.). Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, 9: 289-295.
14. Bieniek A., Kawecki Z., Łojko R., Stanys V. 2005. *Actinidia* Lindl. – aktinidia. W: Owocodajne drzewa i krzewy chłodniejszych sfer klimatycznych, Z. Kawecki (red.). Uniwersytet Warmińsko Mazurski, Olsztyn, 15-23.
15. Kawecki Z., Bieniek A., Stanys V. 2004. Plonowanie i skład chemiczny owoców aktinidii ostrolistnej w warunkach klimatycznych Olsztyna. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura, 240(96): 91-96.
16. Latocha P. 2006. Aktinidia jako ciekawa i wartościowa roślina owocowa nadająca się do uprawy w Polsce. W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, K. Tomala (red.). Plantpress, Kraków, 3: 69-78.
17. Krupa T., Latocha P. 2008. Aktinidia - alternatywna roślina dla mniejszych plantacji, W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, K. Tomala (red.). Hortpress, Warszawa 8: 117-125.
18. Latocha P., Krupa T., Jankowski P., Radzanowska J. 2014. Changes in postharvest physicochemical and sensory characteristics of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrid) after cold storage under normal versus controlled atmosphere. Postharvest Biology and Technology, 88: 21-33. DOI:10.1016/j.postharvbio.2013.09.005
19. Latocha, P., Olszewska-Kaczynska, I. 2003. Preliminary, Morphological, Chemical and Sensory Analysis of Fruit of different *Actinidia* Genotypes (*Actinidia* Lindl.). Annals of

- Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Horticulture and Landscape Architecture, 24: 51-56.
20. Krupa T., Czarnecka M., Ciunajko K. 2015. Minikiwi - owoc przyszłości. W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, K. Tomala, A. Skoczyńska (red). Hortpress, Warszawa 21: 93-99.
  21. Krupa T., Piestrzeniewicz C. 2013. Aktinidia - atrakcyjna nowość sadownicza w Polsce. W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, K. Tomala (red). Hortpress, Warszawa 17: 175-184.
  22. Nishiyama I., Fukuda T., Shimohashi A., Oota T. 2008. Sugar and organic acid composition in the fruit juice of different *Actinidia* varieties. Food Science and Technology Research, 14: 67-73. DOI:10.3136/fstr.14.67
  23. Christensen L. P., Edelenbos M., Kreutzmann S. 2007. Fruits and Vegetables of Moderate Climate W: Flavours and Fragrances, R. G. Berger (red.). Springer-Nature, 165-166.
  24. Garcia B.E., de la Cuesta C.G., Santos F., Feliu X., Cordoba H. 1989. A rare case of food allergy-monosensitivity to kiwi (*Actinidia chinensis*). Allergologia Et Immunopathologia, 17(4): 217-218.
  25. Zuo L., Wang Z., Fan Z., Tian Z., Liu J. 2012. Evaluation of Antioxidant and Antiproliferative Properties of Three *Actinidia* (*Actinidia kolomikta*, *Actinidia arguta*, *Actinidia chinensis*) Extracts in Vitro. International Journal of Molecular Sciences, 13: 5506-5518. DOI:10.3390/ijms13055506
  26. Park Y.S., Jung S.T., Gorinstein S. 2006. Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. Scientia Horticulturae, 108: 22-28. DOI:10.1016/j.scienta.2006.01.001
  27. Latocha P., Łata B., Stasiak A. 2015. Phenolics, ascorbate and the antioxidant potential of kiwiberry vs. common kiwifruit: The effect of cultivar and tissue type. Journal of Functional Foods, 19: 155-163. DOI:10.1016/j.jff.2015.09.024
  28. Lucas J.S.A., Lewis S.A., Hourihane J.O. 2003. Kiwi fruit allergy: A review. Pediatric Allergy and Immunology, 14(6): 420-428. DOI:10.1046/j.0905-6157.2003.00095.x
  29. Leontowicz H., Leontowicz M., Latocha P., Jesion I., Park Y.-S., Katrich E., Barasch D., Nemirovski A., Gorinstein S. 2015. Bioactivity and nutritional properties of hardy kiwi fruit *Actinidia arguta* in comparison with *Actinidia deliciosa* 'Hayward' and *Actinidia eriantha* 'Bidan'. Food Chemistry, 196: 281-291. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.08.127
  30. Fisk C. L., McDaniel M. R., Strik B. C., Zhao Y. 2006. Physicochemical, sensory, and nutritive qualities of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') as affected by harvest maturity and storage. Journal of Food Science, 71(3): 204-210. DOI:10.1111/j.1365-2621.2006.tb15642.x
  31. Wang Z. 2013. Extraction process of polyphenols from wild *Actinidia arguta* in Dandong. Journal of Liaoning University (Natural Sciences Edition), 1: 8-11.
  32. Krupa T., Latocha P. 2007. Aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość witaminy C i związków fenolowych w owocach różnych genotypów aktinidii (*Actinidia* Lindl.). ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 5(54): 237-244.

33. Webby R.F. 1991. A flavonol triglycosid from *Actinidia arguta* var. 'Giraldii'. *Phytochemistry*, 30(7): 2443-2444. DOI:10.1016/0031-9422(91)83680-J
34. Kim J.G, Beppu K., Kataoka I. 2009. Varietal differences in phenolic content and astringency in skin and flesh of hardy kiwifruit resources in Japan. *Scientia Horticulturae*, 120(4): 551-554. DOI:10.1016/j.scienta.2008.11.032
35. Ferguson A.R., MacRae E.A. 1991. Witamin C in *Actinidia*. *Acta Horticulturae*, 297: 481-487. DOI:10.17660/ActaHortic.1992.297.63
36. Olszewska-Kaczyńska I., Szyndler A. 2008. Ocena morfologiczna, chemiczna i sensoryczna owoców mrozoodpornych pnączy z rodzaju *Actinidia*. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 525: 293-299.
37. Rassam M., Laing W. 2005. Variation in ascorbic acid and oxalate levels in the fruit of *Actinidia chinensis* tissues and genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2322-2326. DOI:10.1021/jf048197s
38. Nishiyama I., Yamashita Y., Yamanaka M., Shimohasi A., Fukuda T., Oota T. 2004. Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other *Actinidia* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17): 5472-5475. DOI:10.1021/jf049398z
39. Skripchenko I.W., Moroz P.A. 2002. Aktinidija (sorty, vyroshhivaniya, rozmnozheniya). *Nacional'nyjj Botanicheskijj Sad im. M.M. Grishka, NAN Ukrainy, Kiev*.
40. Ferguson A.R., Ferguson L.R. 2003. Are kiwifruit really good for you? *Acta Horticulturae*, 610: 132-138. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.610.16
41. Nishiyama I., Fukuda T., Oota T. 2005. Genotypic differences in chlorophyll, lutein and  $\beta$ -carotene content in the fruit of *Actinidia* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 6403-6407. DOI:10.1021/jf050785y
42. Wojdyło A., Nowicka P., Oszmiański J., Golis T. 2017. Phytochemical compounds and biological effects of *Actinidia* fruits. *Journal of Functional Foods*, 30: 194-202. DOI:10.1016/j.jff.2017.01.018
43. Yeomans V.C., Linseisen J., Wolfram G. 2005. Interactive effects of polyphenols, tocopherol and ascorbic acid on the  $\text{Cu}_2^+$ -mediated oxidative modification of human low-density lipoproteins. *European Journal of Nutrition*, 44: 422-428. DOI:10.1007/s00394-005-0546-y
44. Du G.R., Li M.J., Ma F.W., Liang D. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry*, 113: 557-562. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.08.025
45. Latocha P., Wołosiaś R., Worobiej E., Krupa T. 2013. Clonal differences in antioxidant activity and bioactive constituents of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) and its year-to-year variability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 1412-1419. DOI:10.1002/jsfa.5909
46. Tabatabaekoloor R. 2011. Effects of storage duration and conditions on some characteristics of kiwifruit cv. Hayward. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 2(1): 23-27.
47. Goffi V., Modesti M., Forniti R., Botondi R. 2018. Quality of green (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward') and yellow (*A. chinensis* var. *chinensis* 'Soreli') kiwifruit during

- cold storage at 0°C in normal atmosphere and with gaseous ozone. *Acta Horticulturae*, 1218: 473. DOI:10.17660/ActaHortic.2018.1218.65
48. Strik B.C., Hummer. 2006. 'Ananasnaya' Hardy Kiwifruit. *Journal of the American Pomological Society*, 60(3): 106-112.
  49. Tavarini S., Degl'Innocenti E., Remorini D., Massai R., Guidi L., 2009. Poly-galacturonase and  $\beta$ -galactosidase activities in Hayward kiwifruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. *Scientia Horticulturae*, 120: 342-347. DOI:10.1016/j.scienta.2008.11.013
  50. Kim H.O., Hewett E.W., Lallu, N. 1999. The role of ethylene in kiwifruit softening. *Acta Horticulturae*, 498: 255-262. DOI:10.17660/ActaHortic.1999.498.29
  51. White A., de Silva H.N., Requejo-Tapia C., Harker F.R. 2005. Evaluation of softening characteristics of fruit from 14 species of *Actinidia*. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 143-151. DOI:10.1016/j.postharvbio.2004.08.004
  52. Giuggioli N.R., Briano R., Baudino C., Peano C. 2019. Post-harvest warehouse management of *Actinidia arguta* fruits. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69: 63-70. DOI:10.31883/pjfn-2019-0006.
  53. Oh S.B., Muneer S., Kwack Y-B., Shin M.H., Kim J.G. 2017. Characteristic of fruit development for optimal harvest date and postharvest storability in 'Skinny Green' baby kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 222: 57-61. DOI:10.1016/j.scienta.2017.05.003
  54. Kim C.W., Oh S.I., Kim M.J., Park Y. 2014. Optimal harvest time by the seasonal fruit quality and ripening characteristics of hardy kiwifruit in Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science*, 103(3): 353-358.
  55. Abdala A., Gerasopoulos D., Stavroulakis G. 1996. Effects of harvest maturity and storage on ripening and membrane permeability of Hayward kiwifruit. *Advances in Horticultural Science*, 1: 3-7. DOI:10.1400/75279 (<https://doi.org/10.1400/75279>)
  56. Ghasemnezhad M., Ghorbanalipour R., Shiri M.A. 2013. Changes in physiological characteristics of kiwifruit harvested at different maturity stages after cold storage. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78: 41-47.
  57. Krupa T., Bosa K., Jadczyk-Tobjasz E. 2014. Niedestrukcyjna ocena dojrzałości zbiorczej owoców aktinidii ostroliśnej. W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, K. Tomala (red). Hortpress, Warszawa 19: 127-133.
  58. Burdon J., Lallu N., Pidakala P., Barnett A. 2011. Is the 6.2° Brix soluble solids harvest index suitable for 'Hayward' kiwifruit from high productivity orchard management systems? *Acta Horticulturae*, 913: 539-546. DOI:10.17660/ActaHortic.2011.913.73
  59. Crisosto G., Hasey J., Zegbe J., Crisosto C. 2012. New quality index based on dry matter and acidity proposed for Hayward kiwifruit. *California Agriculture*, 66(2): 70-75. DOI: 10.3733/ca.v066n02p70
  60. Schlie T.P., Köpcke D., Rath T., Dierend W. 2020. Importance of Individual Apple Fruit Characteristics for DCA-CF Storage on the Variety 'Elstar, PCP'. *Erwerbsobstbau*, 62: 57-60. DOI:10.1007/s10341-019-00463-z
  61. Thomai T., Sfakiotakis E.M. 1997. Effect of low oxygen atmosphere storage on quality changes, acetaldehyde and ethanol accumulation in early and late harvest 'Hayward' kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 444: 593-598. DOI:10.17660/ActaHortic.1997.444.91

62. Krupa T., Jeziorek K. 2012. Ocena jakości owoców mini kiwi (*Actinidia arguta*) w czasie przechowywania. W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych, K. Tomala (red). Hortpress, Warszawa 15: 145-152.
63. Pegoraro C., Storch T., Crizel G., Ferreira W., Girardi C. 2016. Atmosfera controlada associada ao 1-metilciclopropeno na preservacao da qualidade de kiwi 'Tewi'/Controlled atmosphere associated with 1-methylcyclopropene in the preservation of 'Tewi' kiwifruit quality. Brazilian Journal of Food Technology, 19, e2014078. DOI:10.1590/1981-6723.7814
64. Hewett E.W., Kim H.O., Lallu, N. 1999. Postharvest physiology of kiwifruit: Challenge ahead. Acta Horticulturae, 498: 203-215. DOI:10.17660/ActaHortic.1999.498.23
65. Murakami S., Ikoma Y., Yano M. 2014. Low temperature increases ethylene sensitivity in *Actinidia chinensis* 'Rainbow Red' kiwifruit. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 83: 322-326. DOI:10.2503/jjshs1.CH-104
66. Stefaniak J., Sawicka M., Krupa T., Latocha P., Łata B. 2017. Effect of kiwiberry pre-storage treatments on the fruit quality during cold storage. Zemdirbyste-Agriculture, 104: 235-242. DOI:10.13080/z-a.2017.104.030
67. Zhang H., Zhao Q., Lan T., Geng T., Gao C., Yuan Q., Zhang Q., Xu P., Sun X., Liu X., Ma T. 2020. Comparative analysis of physicochemical characteristics, nutritional and functional components and antioxidant capacity of fifteen kiwifruit (*Actinidia*) cultivars – Comparative analysis of fifteen Kiwifruit (*Actinidia*) cultivars. Foods, 9: 1267. DOI:10.3390/foods9091267
68. Liang J., Ren Y., Wang Y., Han M., Yue M., Wang Z., Gao Z. 2021. Physicochemical, nutritional, and bioactive properties of pulp and peel from 15 kiwifruit cultivars. Food Bioscience, 42: 101-157. DOI:10.1016/j.fbio.2021.101157
69. Stefaniak J., Przybył J., Latocha P., Łata B. 2020. Bioactive compounds, total antioxidant capacity and yield of kiwiberry fruit under different nitrogen regimes in field conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 100: 3832-3840. DOI:10.1002/jsfa.10420
70. Bieniek A. 2012. Yield, morphology and biological value of fruits of *Actinidia arguta* and *Actinidia purpurea* and some of their hybrid cultivars grown in north-eastern Poland. Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus 11(3): 117-130.
71. Lee I., Im S., Jin C., Heo H., Cho Y., Baik M., Kim D. 2015. Effect of maturity stage at harvest on antioxidant capacity and total phenolics in kiwifruits (*Actinidia* spp.) grown in Korea. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 56: 841-848. DOI:10.1007/s13580-015-1085-y
72. Park H., Han N., Kim C., Lee U. 2019. Chlorine dioxide gas treatment improves the quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) during storage. Forest Science and Technology, 15: 159-164. DOI:10.1080/21580103.2019.1636414
73. Jeong H., Cho H., Cho Y., Kim D. 2020. Changes in phenolics, soluble solids, vitamin C, and antioxidant capacity of various cultivars of hardy kiwifruits during cold storage. Food Science and Biotechnology, 29: 1763-1770. DOI:10.1007/s10068-020-00822-7
74. Lim S., Han S.H., Kim J., Lee H.J., Lee J.G., Lee E.J. 2016. Inhibition of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) ripening by 1- methylcyclopropene during cold storage and anticancer

- properties of the fruit extract. Food Chemistry, 190: 150-157. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.05.085
75. Sisler E., Serek M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. Physiologia Plantarum, 100: 577-582. DOI:10.1111/j.1399-3054.1997.tb03063.x
  76. Lee J.S., Huber D.J., Watkins C.B., Hurr B.M. 2012. Influence of wounding and aging on 1-MCP sorption and metabolism in fresh-cut tissue and cell-free homogenates from apple fruit. Postharvest Biology and Technology, 67: 52-58. DOI:10.1016/j.postharvbio.2011.12.013
  77. Cotrut R., Udriste A. 2017. A review of how to optimize storage and shelf life extending technologie of kiwifruit (*Actinidia* sp.) by using 1-methylcyclopropene to measurably reduce fruit waste. Scientific Papers Series B Horticulture, 61: 33-38.
  78. Watkins C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnology Advances, 24: 389-409. DOI:10.1016/j.biotechadv.2006.01.005
  79. Boquete E.J., Trinchero G.D., Fraschina A.A., Vilella F., Sozzi G.O. 2004. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. Postharvest Biology and Technology, 32: 57-65. DOI:10.1016/j.postharvbio.2003.09.013
  80. Koukounaras A., Sfakiotakis E. 2007. Effect of 1-MCP prestorage treatment on ethylene and CO<sub>2</sub> production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short, medium and long term cold storage. Postharvest Biology and Technology, 46: 174-180. DOI:10.1016/j.postharvbio.2007.05.002
  81. Lim S., Han S.H., Kim J., Lee H.J., Lee J.G., Lee E.J. 2016. Inhibition of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) ripening by 1-methylcyclopropene during cold storage and anticancer properties of the fruit extract. Food Chemistry, 190: 150-157. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.05.085
  82. Almeida D.P.F., Gomes M.H. 2009. Uncoupling the Sensory Effects of 1-Methylcyclopropene and Ripening Stage on 'Hayward' Kiwifruit. Scientia Horticulture, 44(7): 1936-1940. DOI:10.21273/HORTSCI.44.7.1936
  83. Jaeger S.R., Rossiter K.L., Wismer W.V., Harker F.R. 2003. Consumer-driven product development in the kiwifruit industry. Food Quality and Preference, 14: 187-198. DOI:10.1016/S0950-3293(02)00053-8
  84. Rossiter K.L., Young H., Walker S.B., Miller M., Dawson D.M. 2000. The effects of sugars and acids on consumer acceptability of kiwifruit. Journal of Sensory Studies, 15: 241-250. DOI:10.1111/j.1745-459X.2000.tb00269.x
  85. Deng L., Jiang C.Z., Mu W., Wang Q. 2015. Influence of 1-MCP treatments on eating quality and consumer preferences of 'Qinmei' kiwifruit during shelf life. Journal of Food Science and Technology, 52(1): 335-342. DOI:10.1007/s13197-013-0986-y
  86. Xuan H., Streif J. 2005. Effect of 1-MCP on the respiration and ethylene production as well as on the formation of aroma volatiles in 'Jonagold' apples during storage. Acta Horticulture, 682: 1203-1210. DOI:10.17660/ActaHortic.2005.682.160
  87. Han N., Park H., Kim C., Kim M., Lee U. 2019. Physicochemical quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* L. cv. Cheongsan) during ripening is influenced by harvest maturity. Forest Science and Technology, 15: 187-191. DOI:10.1080/21580103.2019.1658646

88. Burdon J., Pidakala P., Martin P., McAtee P.A., Boldingh H.L., Hall A., Schaffer R.J., 2014. Postharvest performance of the yellow-fleshed 'Hort16A' kiwifruit in relation to fruit maturation. *Postharvest Biology and Technology*, 92: 98-106. DOI:10.1016/j.postharvbio.2014.01.004.
89. Boldingh H., Smith G.S., Klages K. 2000. Seasonal concentrations of non-structural carbohydrates of five *Actinidia* species in fruit, leaf and fine root tissue. *Annals of Botany*, 85(4): 469-476. DOI:10.1006/anbo.1999.1094
90. Fisk C.L., Silver A.M., Strik B.C., Zhao Y. 2008. Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3): 338-345. DOI:10.1016/j.postharvbio.2007.07.015
91. Antunes M.D.C., Sfakiotakis E.M., 2002. Chilling induced ethylene biosynthesis in 'Hayward' kiwifruit following storage. *Scientia Horticulturae*, 92: 29-39. DOI:10.1016/S0304-4238(01)00278-3
92. Langenkämper G., McHale R., Gardner R.C., MacRae E., 1998. Sucrose-phosphate synthase steady-state mRNA increases in ripening kiwifruit. *Plant Molecular Biology*, 36: 857-869. DOI:10.1023/A:1005964812161
93. MacRae E., Quick W.P., Benker C., Stitt M., 1992. Carbohydrate metabolism during postharvest ripening in kiwifruit. *Planta*, 188: 314-323. DOI:10.1007/BF00192797
94. Cornacchia R., Amodio M.L., Rinaldi R., Colelli G. 2008. Effect of 1-Methylcyclopropene and Controlled Atmosphere on Storage of Kiwifruits. *Fresh Produce*, 2: 22-25.
95. Park K.L., Hong S.W., Kim Y.J., Kim S.J., Chung K.S. 2013. Manufacturing and physicochemical properties of wine using hardy kiwi fruit (*Actinidia arguta*). *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 41(3): 327-334. DOI:10.4014/kjmb.1301.01002
96. Barboni T., Cannac M., Chiaramonti N. 2010. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chemistry*, 121: 946-951. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.01.024
97. Yildirim I., Bayir A. 2013. Effects of different storage techniques on the antioxidant capacity, total phenolics and flavonoids of 'Hayward' kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 1012, 807-814. DOI:10.17660/ActaHortic.2013.1012.109
98. Tavarini S., Degl'Innocenti E., Remorini D., Massai R., Guidi, L. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107(1): 282-288. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.08.015
99. Hoang N.T.T., Golding J.B., Wilkes M.A. 2011. The effect of postharvest 1-MCP treatment and storage atmosphere on 'Cripps Pink' apple phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 127: 1249-1256. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.01.052
100. Paulauskienė A., Tarasevičienė Ž., Žebrauskienė A., Pranckietienė I. 2020. Effect of Controlled Atmosphere Storage Conditions on the Chemical Composition of Super Hardy Kiwifruit. *Agronomy*, 10, 822. DOI:10.3390/agronomy10060822
101. Blankenship S.M., Dole J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1): 1-25. DOI:10.1016/S0925-5214(02)00246-6



102. Tomala K., Guzek D., Głabska D., Małachowska M., Krupa T., Gutkowska K. 2021. The influence of 1-Methylcyclopropene on the quality parameters of Idared apples after 8 weeks of storage simulating long-distance transportation. *Agronomy*, 11, 528. DOI:10.3390/agronomy11030528
103. Gabioud Rebeaud S., Varone V., Cotter P.-Y., Ançay A., Christen D. 2018. Influence of 1-MCP and modified atmosphere on quality of hardy kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 1194: 713-720. DOI:10.17660/ActaHortic.2018.1194.102
104. Kim H.O., Hewett E., Lallu N. 2001. Softening and ethylene production of kiwifruit reduced with 1-methylcyclopropene. *Acta Horticulturae*, 55: 167-170. DOI:10.17660/ActaHortic.2001.553.34
105. Wang Y., Xu F., Feng X., MacArthur R.L. 2015. Modulation of *Actinidia arguta* fruit ripening by three ethylene biosynthesis inhibitors. *Food Chemistry*, 173: 405-413. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.10.044
106. MacLean D.D., Murr D.P., DeEll J.R., Horvath C.R. 2006. Postharvest variation in apple (*Malus domestica* Borkh.) flavonoids follow in harvest, storage, and 1-MCP treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 870-878. DOI:10.1021/jf0525075
107. Park Y. 2017. Morphological characteristics and antioxidant activity changes in 'Autumn Sense' hardy kiwi (*Actinidia arguta*) as honey plant during fruit ripening. *Journal of Apiculture*, 32(4), 327-332. DOI:10.17519/apiculture.2017.11.32.4.327

**5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

**5.1. Osiągnięcia naukowo-badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora**

Początek mojej pracy naukowej związany jest z podjęciem pracy w Katedrze Sadownictwa, Wydziału Ogrodniczego SGGW w Warszawie, na stanowisku naukowo-technicznym. Pracując w Laboratorium Fizjologii Owoców i Przechowalnictwa, jeszcze w trakcie studiów magisterskich zapoznałem się z innowacyjnymi metodami oceny jakości owoców i technologiami ich przechowywania. Od początku pracy naukowej moje zainteresowania badawcze obejmowały tematykę z zakresu wpływu czynników agrotechnicznych i środowiskowych na jakość owoców. Istotnym elementem badań był wpływ warunków przechowywania na jakość i zdolność przechowalniczą owoców. Pracę doktorską zrealizowałem w Katedrze Sadownictwa i Przyrodniczych Podstaw Ogrodnictwa (SGGW). Moim opiekunem naukowym był Pan prof. dr hab. Kazimierz Tomala. Pracę doktorską pt. „Wpływ składu atmosfery na jakość przechowalniczą owoców borówki wysokiej” obroniłem w listopadzie 2005 roku. W ramach prac badawczych przed doktoratem rozwijałem problematykę dotyczącą głównie aspektów związanych z uprawą i przechowywaniem borówki wysokiej. Wówczas opublikowałem 3 oryginalne artykuły naukowe (bez IF). Wyniki badań

prezentowałem w formie wystąpień podczas 5 konferencji krajowych i 2 międzynarodowych. W roku 2003 brałem udział w konferencji w Kanuas (Litwa), zaś w 2004 w Samochwałowicze (rejon Mińska, Białoruś). Uczestniczyłem również w wielu konferencjach krajowych. Byłem współorganizatorem trzech konferencji krajowych. W roku 2001 w ramach współpracy z prof. Li Yadong z Jilin Agricultural University, Changchun (Prowincja Jilin, Chiny), rozpocząłem prace nad projektem „Study of new methods of blueberry fruit storage”. Efektem współpracy była dwutygodniowa wizyta naukowa w Jilin Agricultural University w 2003 r., gdzie wygłosiłem wykłady dla pracowników i studentów tamtejszej uczelni. W roku 2004 odbyłem tygodniową wizytę naukową w Magyar Agricultural University in Budapest (Węgry), w celu kontynuowania współpracy naukowej pomiędzy jednostkami. Zapoznałem się z problemami uprawy wiśni i innych gatunków sadowniczych.

Prace opisane poniżej są wyszczególnione w Załączniku IV. W pracy (II.4.b.A.1.) skupiono się na problemach produktywności wiśni i ocenie jakości owoców z drzew rosnących na 4 różnych podkładkach, w tym drzewa własnokorzeniowe. Praca powstała w ramach współpracy z Panią prof. dr hab. Ewa Jadczyk-Tobjasz i jej zespołem. Wykazano, że uszlachetnianie wiśni odmiany ‘Łutówka’ na podkładkach cechujących się skarlaniem wzrostu działa korzystnie na wysokość plonu, wzrost drzew i jakość uzyskanych owoców, wyrażoną ich wielkością, masą i wybarwieniem. Wiśnie rosnące na własnych korzeniach oraz na podkładce czereśni ptasiej cechowały się silniejszym wzrostem, co ujemnie wpływało na jakość owoców.

Zakres moich zainteresowań obejmował również tematykę przechowywania owoców z uwzględnieniem wpływu składu gazowego atmosfery na jakość przechowywanych owoców. W badaniach prowadzonych we współpracy z prof. dr hab. Kazimierzem Tomalą i zespołem, zajmowałem się takimi owocami jak: jabłka, gruszki, czereśnie, brzoskwinie, śliwki i borówki. W ramach prowadzonych badań związanych z doktoratem zajmowano się jakością i zdolnością przechowalniczą owoców borówki wysokiej (II.4.b.A.2 – 3). W pracach tych oceniono wpływ czynników agrotechnicznych (ochrona roślin) i przechowalniczych (warunki przechowywania). Wykazano, że owoce borówki wysokiej tolerują wysokie stężenie CO<sub>2</sub>, przy czym wartość górnego stężenia tego gazu była warunkowana stężeniem tlenu w komorze chłodni. Właściwa ochrona w okresie kwitnienia i przed zbiorem skutecznie ograniczała gnienie przechowywanych owoców. Delikatny zbiór, szybkie schłodzenie owoców i stosowanie bardzo wysokiego stężenia CO<sub>2</sub> umożliwiało ponadprzeciętnie wydłużyć podaż jagód, utrzymując wysoką ich jakość i potencjał przeciwutleniający (zawartość antocyjanów, polifenoli, pojemność antyoksydacyjną).

## 5.2. Osiągnięcia naukowo–badawcze po uzyskaniu stopnia doktora

W roku 2006 otrzymałem nagrodę indywidualną JM Rektora SGGW za osiągnięcia naukowe, tj. za wyróżnioną pracę doktorską pt. „Wpływ składu atmosfery na jakość przechowalniczą owoców borówki wysokiej”.

Początkowo – po uzyskaniu stopnia doktora – moje prace badawcze stanowiły kontynuację i rozszerzenie problematyki podjętej w rozprawie doktorskiej. Kontynuowałem badania nad możliwością wydłużania pozbiorczego okresu podaży owoców borówki wysokiej (II.2.B.3). Oceniono możliwość praktycznego wykorzystania opakowań modyfikujących atmosferę na jakość przechowalniczą jagód. W pracy wykazano dużą tolerancję jagód różnych odmian na zmienne stężenie gazów w opakowaniu, wskazując, że opakowaniach MAP powinny być zalecane do przechowywania owoców borówki wysokiej. W pracach (II.4.b.B.1 i II.4.b.B.2) opisano aktywność i profil związków przeciwutleniających w owocach borówek wysokich. Wykazano, że w okresie przechowywania owoców ich aktywność przeciwutleniająca zmniejsza się, przy czym tempo tego procesu jest warunkowane stężeniem tlenu i dwutlenku węgla. Wysokie stężenie dwutlenku węgla sprzyjało utrzymaniu właściwości przeciwutleniających owoców na stabilnym poziomie. W kolejnych pracach (II.2.B.9 – 11 oraz II.4.b.B.8) oceniano jakość i zdolność przechowalniczą owoców różnych odmian borówki wysokiej, które przechowywano w atmosferze o różnym stężeniu CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>. Ich celem było rozpoznanie różnic między odmianami i wskazanie odmian cechujących się wysoką jakością i nadających się do długiego przechowywania oraz transportu. Stwierdzono, że warunki przechowywania istotnie determinują jakość owoców po przechowywaniu, przy czym istotne znaczenie odgrywała także odmiana. Okazało się, że powszechnie w Polsce uprawiana odmiana ‘Bluecrop’ nie charakteryzuje się wysoką zdolnością przechowalniczą. W kontekście odmian eksportowych znacznie lepiej ocenione zostały odmiany: ‘Chandler’, ‘Lateblue’ i ‘Toro’.

W kolejnych latach kontynuowałem prace nad oceną jakości przechowalniczej owoców nowych odmian borówki wysokiej. W pracach (II.2.B.38 i II.4.c.B.40) opisano jakość i zdolność przechowalniczą jagód nowych odmian przechowywanych w różnych technologiach (KA, ULO, MAP, DKA). Uzyskane wyniki wskazują, że nowe odmiany hodowli Michigan State University cechują się znacznie wyższą twardością i jakością przechowalniczą niż dotychczas w Polsce powszechnie uprawiane odmiany. Wpływ technologii okazał się istotny, jednak nadrzędne znaczenie odgrywała jakość owoców w czasie zbioru. W pracy (II.2.B.20)

skupiono się na określeniu właściwej fazy dojrzałości zbiorczej owoców przeznaczonych do długiego przechowywania. Problem zbyt późnego zbioru owoców nie dotyczy tylko jagód borówki wysokiej, ale w przypadku tych owoców jest on bardziej skomplikowany. Zmiana barwy skórki jest pierwszym symptomem dojrzewania jagód, jednak owoce zebrane w takim stanie fizjologicznym, po przechowywaniu nie osiągają zadowalającej jakości sensorycznej. Aby minimalizować te skutki zalecono owoce do przechowywania zbierać co 3-4 dni.

W pracach (II.2.B.25 i II.2.B.30) oceniano wpływ traktowania owoców 1-MCP w celu ograniczenia tempa dojrzewania owoców i wydłużenia okresu ich podaży. Skuteczność stosowania 1-MCP po zbiorze jagód była warunkowana ich dojrzałością w czasie zbioru. Stosowanie 1-MCP była uzasadnione jedynie w przypadku owoców zebranych przed osiągnięciem dojrzałości konsumpcyjnej. Efektem pracy było wskazanie procedury postępowania z owocami przed zastosowaniem 1-MCP, w której uwzględniono sposób zbioru owoców i szybkość ich schłodzenia po zbiorze, aby maksymalnie wydłużyć podaż owoców. Kolejny aspekt dotyczył zdolności przechowalniczej owoców, który wynikał z potrzeby ograniczenia strat przechowywanych owoców wskutek gnicia (II.2.B.4 i II.2.B.32). Inspiracją do kolejnych badań była współpraca z dr C. Piestrzeniewicz, które dotyczyły hodowli odmian borówki wysokiej. W pracach (II.2.B.13, II.2.B.16, II.2.B.17 i II.2.B.19) skoncentrowano się na cechach charakteryzujących popularnie uprawiane odmiany w kontekście zmian rynkowych i postaw konsumentów. Poszukuje się wciąż nowych odmian, o bardziej jędrnych owocach, z dużym potencjałem przechowalniczym, przy czym często uzyskiwane w procesie hodowli odmiany nie spełniają oczekiwań sensorycznych konsumentów. Innym zagadnieniem mającym wpływ na jakość owoców są problemy związane z zapyleniem i zapłodnieniem kwiatów. W pracach (II.2.B.15 i II.2.B.44) podjęto próbę poprawy zapylenia kwiatów wykorzystując hodowlane owady zapylające (trzmiele). W badaniach stwierdzono, że efektywność zapylenia zależała od odległości krzewów od ula. Stwierdzono też, że jakość kwiatów decyduje o ich atrakcyjności dla owadów.

W ramach badań nad jakością i wykorzystaniem owoców borówki wysokiej podjąłem współpracę z zespołem prof. dr hab. D. Konopackiej z Instytutu Ogrodnictwa – PIB. W pracy (II.4.a.B.6) zamieszczono fizyczną i chemiczną charakterystykę suszu z owoców czterech odmian borówki wysokiej. Oceniono wpływ ultradźwięków na etapie odwadniania osmotycznego. Pod wpływem ultradźwięków zmniejszyła się zawartość związków fenolowych. Jakość otrzymanego suszu zależała od odmiany. Nie odnotowano wyraźnego wpływu ultradźwięków na wydajność procesu suszenia ani na jakość produktu końcowego.

W pracach (II.2.B.29, II.2.B.35, II.2.B.40 i II.2.B.47) zajmowano się oceną jakości zewnętrznej i wewnętrznej owoców suchodrzewu jadalnego (*Lonicera coerulea* var. *edulis*). Oceniano zdolność przechowalniczą owoców oraz ich potencjał przeciwutleniający. Stwierdzono, że owoce jagody kamczackiej cechują się bardzo wysoką zawartością związków biologicznie czynnych (fenole, kwas askorbinowy), natomiast małą trwałością po zbiorze. Wykazano możliwość ich przechowywania w kontrolowanej atmosferze (przy wysokim stężeniu CO<sub>2</sub>) do ok. 3 tygodni, przy czym konieczne jest opracowanie skutecznego sposobu zapobiegania drastycznemu gniciu jagód w trakcie obrotu.

Kolejnym przedmiotem badań był agrest. W pracach (II.2.B.41 i II.2.B.43) oceniano wpływ dokarmiania owoców wapniem na ich jakość. Poza bezpośrednim spożyciem, agrest stanowi cenny surowiec do przetwórstwa i przemysłu zamrażalniczego, a wówczas owoce są coraz częściej zbierane mechanicznie. W tym przypadku istotnym zagadnieniem jest potrzeba poprawy ich jędrności. Mimo że dokarmianie owoców wapniem tylko nieznacznie poprawiało ich jędrność, to istotnie zmniejszało odsetek owoców z uszkodzeniami w czasie zbioru mechanicznego.

Inna tematyka badawcza dotyczyła stosowania biostymulatorów i regulatorów wzrostu w uprawie równych gatunków roślin sadowniczych. W pracy (II.2.B.39) zajęto się oceną wpływu pozakorzeniowego nawożenia z biostymulacją na jakość owoców truskawki i borówki wysokiej. Zastosowane preparaty zawierające wyciągi z alg morskich zwiększyły plonowanie roślin i jednocześnie poprawiły jakość owoców (zwiększona średnia masa i zawartość ekstraktu oraz lepsze wybarwienie). Takie oddziaływanie nie było jednak odnotowane we wszystkich latach badań. W pracy (II.2.B.48) wykazano, że zastosowanie gibereliny G<sub>4+7</sub> poprawiło jakość jabłek odmiany 'Camspur'. Owoce traktowane gibereliną charakteryzowały się wydłużonym kształtem (wzrost wysokości przy nie zmienionej średnicy). Nie wykazano udowodnionego wpływu giberelin na jędrność i kwasowość owoców, natomiast stwierdzono większe plonowanie drzew. W pracy (II.2.B.50) oceniono wpływ 6-benzyloadeniny na rozgałęzianie okulantów jabłoni 'Šampion' i 'Gala Must'. Najwięcej pędów syleptycznych wyrastało po 2- i 3-krotnym zabiegu, przy czym ich długość zależała od odmiany.

Po doktoracie kontynuowałem badania nad jakością przechowalniczą jabłek we współpracy z prof. dr hab. K. Tomalą, której efektem jest kilka publikacji (II.2.B.1-2, II.2.B.12, II.2.B.22). W tym przypadku uprzywilejowane miejsce zajmowała kwestia optymalizacji warunków przechowywania jabłek, w tym także ze stosowaniem 1-metylocyklopropenu (1-MCP). Ważną kwestię stanowiło opracowanie procedury postępowania z owocami

pozbiorczo traktowanymi 1-MCP. Celem kolejnej pracy (II.4.a.B.9) była ocena skuteczności stosowania 1-MCP i opakowań typu MAP w celu utrzymania wysokiej jakości jabłek 'Idared' po długotrwałym, 8-tygodniowym transporcie. Okazało się, że 1-MCP zastosowany po zbiorze przyczynił się do istotnie wyższej jędrności i kwasowości jabłek tej odmiany po transporcie na duże odległości, ale połączenie 1-MCP z MAP nie powodowało dalszych różnic wartości tych wyróżników. Na tej podstawie stwierdzono, że użycie samego 1-MCP jest zabiegiem wystarczająco korzystnym dla jabłek odmiany 'Idared' przeznaczonych do transportu na duże odległości, zapewniając utrzymanie wysokiej ich jędrności. W innej pracy (II.4.a.B.14) analizowano efekt przed- i pozbiorczego stosowania 1-MCP na jabłka 'Red Jonaprince' na ich jakość po przechowywaniu w warunkach ULO. Wykazano, że 1-MCP stosowany pozbiorczo na jabłka odmiany 'Red Jonaprince' umożliwia utrzymanie wysokich parametrów jakościowych, w tym jędrności i kwasowości owoców. Biorąc to pod uwagę sformułowano zalecenie dotyczące rekomendacji tylko pozbiorczego użycia 1-MCP jako wystarczającego dla jabłek tej odmiany, aby uniknąć nieracjonalnego zarządzania stosowaniem 1-MCP, które nie było uzasadnione w przypadku stosowania przed zbiorem lub przed zbiorem i po zbiorach łącznie. W innej pracy (II.4.a.B.21) skoncentrowano się na ocenie jakości przechowalniczej jabłek z opóźnionego zbioru pod wpływem przed- i pozbiorczego użycia 1-MCP. W przypadku konieczności przeprowadzenia opóźnionego zbioru okazało się, że 2-krotne użycie 1-MCP (pierwszy raz przed zbiorem, drugi – po zbiorze owoców) pozwala uzyskać najbardziej stabilną jędrność i zawartość ekstraktu, które nie zmniejszają się podczas przechowywania i obrotu towarowego. Biorąc to pod uwagę stwierdzono, że w przypadku opóźnionego zbioru należy zalecać połączenie stosowania 1-MCP przed zbiorem i po zbiorze, aby zachować stabilne parametry jakościowe takich jabłek podczas przechowywania i obrotu towarowego. Ciekawe rezultaty uzyskano także w pracy (II.4.a.B.12), w której zajęto się oceną wpływu 1-MCP, warunków ULO i transportu jabłek w opakowaniach typu MAP na ich potencjał przeciwutleniający. Ogólnie, zawartość przeciwutleniaczy w skórce jabłek była od 230 do 370% wyższa niż w miąższu, w zależności od grupy ocenianych składników. Pod wpływem 1-MCP skórka jabłek wyróżniała się wyższą zawartością kwasów fenolowych i flawonoli, zwłaszcza po 20 tygodniach przechowywania owoców w ULO. Wpływ 1-MCP na aktywność antyoksydacyjną skórki owoców był umiarkowany; jednak jabłka nietraktowane 1-MCP były bardziej narażone na utratę aktywności przeciwutleniającej, zwłaszcza podczas transportu chłodniczego. Zawartość ocenianych związków w miąższu jabłek była bardziej stabilna niż w skórce. Zawartość polifenoli ogółem i kwasów fenolowych w miąższu jabłek zmniejszyła się lub pozostała prawie niezmienną po 15 dniach obrotu hurtowo-detalicznego. Wykazano też,

że zastosowanie 1-MCP i transport jabłek w warunkach MAP może zmniejszyć straty fenoli w czasie ich dystrybucji na odległych rynkach następującej po długotrwałym transporcie owoców.

W ramach współpracy z pracownikami Zakładu Przetwórstwa Owoców i Warzyw, Wydziału Technologii Żywności SGGW, wspólnie z dr M. Kopera prowadzono badania nad przedłużeniem trwałości owoców gruszy azjatyckiej 'Nashi'. Grusze azjatyckie należą do gatunków łatwych w uprawie, są odporne na większość chorób zagrażających drzewom gruszy europejskiej, a ich owoce charakteryzują się wysoką soczystością. Przedmiotem prac (II.2.B.7 i II.2.B.18) było ustalenie prawidłowych warunków przechowywania owoców w warunkach KA (stężenie dwutlenku węgla i tlenu w atmosferze). Stwierdzono, że owoce gruszy azjatyckiej są bardzo wrażliwe na podwyższone stężenie CO<sub>2</sub>. Stężenie tego gazu powyżej 1% powodowało uszkodzenia wewnątrz miąższu owoców, dyskwalifikujące je do konsumpcji bezpośredniej czy do przetwórstwa. Gruszki azjatyckie cechowały się wysoką aktywnością polifenolooksydazy powodującej ciemnienie miąższu. Wysoka soczystość owoców nie ulegała obniżeniu po kilkumiesięcznym przechowywaniu.

Ważny obszar mojej działalności naukowej związany jest z uprawą aktinidii ostrolistnej i jakością jej owoców. W roku 2006 rozpocząłem współpracę z prof. dr hab. P. Latochą. Początkowo wspólne badania koncentrowały się na opisie jakości owoców tego nowego gatunku sadowniczego jakim była aktinidia ostrolistna. W pracach (II.4.b.B.3 – 6) przedstawiono wyniki badań nad jakością zewnętrzną i wewnętrzną owoców aktinidii ostrolistnej, zarówno odmian, jak i mieszańców z hodowli prof. dr hab. P. Latochy, na tle owoców aktinidii smakowitej i chińskiej. Oceniano podstawowe wskaźniki, m.in. jędrność, zawartość ekstraktu i kwasowość oraz zawartość związków prozdrowotnych z grupy fenoli, zawartość witaminy C i aktywność przeciwutleniającą owoców. Wyniki analiz laboratoryjnych skonfrontowano z analizą sensoryczną owoców. Wykazano, że owoce aktinidii ostrolistnej są bogatszym źródłem związków fenolowych w porównaniu z owocami popularnego kiwi. Stwierdzono szczególnie wysoką zawartość kwasu askorbinowego w dojrzałych na krzewie owocach aktinidii ostrolistnej. Wykazano, że owoce po osiągnięciu dojrzałości konsumpcyjnej są bardzo wysoko oceniane przez konsumentów. Ich minusem jest wysoka zawartość związków garbnikowych i enzymów powodujących odczucie ściągania w ustach. W pracy (II.2.B.5) oceniono możliwość poprawy jakości owoców poprzez zastosowanie regulatora wzrostu CPPU. Efektem pracy było wykazanie korzystnych efektów traktowania CPPU na plon ogólny, wielkość owoców i ich masę. Ujemną stroną było słabsze wybarwienie owoców (brak rumieńca). Kontynuując współpracę z prof. dr hab. P. Latochy koncentrowałem się na

aspektach jakości owoców w zakresie właściwości prozdrowotnych. Duży nacisk położono na cechy odmianowe różnych gatunków aktinidii (II.4.a.B.1), zdolność przechowalniczą owoców (II.4.a.B.2), wpływ zmienności lat na jakość wewnętrzną owoców (II.4.a.B.3) oraz na ocenę sensoryczną owoców dojrzewających na krzewie i w chłodni (II.4.a.B.4). Wyniki badań wskazują, że potencjał przeciwutleniający owoców aktinidii ulega znacznym wahaniom powodowanym przez warunki klimatyczne występujące w danym roku (zmienność lat). Wykazano również, że dojrzewanie owoców na krzewie zmienia profil związków fenolowych i innych przeciwutleniaczy oraz poprawia walory smakowe owoców, przy jednoczesnej prawie całkowitej utracie zdolności przechowalniczej. Stwierdzono, że właściwości przeciwutleniające opisane zawartością witaminy C, polifenoli i innych związków są wyższe w przypadku owoców aktinidii ostrolistnej niż innych powszechnie uprawianych gatunków aktinidii. W latach 2015-2019 byłem współwykonawcą w projekcie NCBiR: „Opracowanie technologii towarowej uprawy aktinidii ostrolistnej (mini kiwi) w warunkach Polski centralnej”. PBS3/A8/35/2015. Projekt dotyczył opracowania właściwych metod nawożenia, zapylania i cięcia roślin aktinidii ostrolistnej w celu poprawy wydajności krzewów i jakości owoców. Wyniki pracy (II.2.B.27) wskazują na duże różnice we wzroście między badanymi odmianami, co różnicuje potrzeby nawozowe. W związku ze specyfiką wzrostu występuje konieczność wielokrotnego ciecienia pędów. Zastosowane w badaniach zabiegi agrotechniczne wpływały na jakość owoców. Odmiany ‘Weiki’ i ‘Ananasnaja’ lepiej plonowały i cechowały się lepszą jakością owoców niż ‘Geneva’ i ‘Bingo’. W kolejnej pracy (II.2.B.28) nad zastosowaniem różnych zabiegów pozbiorczych w celu poprawy jakości przechowalniczej owoców wykazano, że jedynie związek 1-MCP skutecznie opóźnia utratę jakości przechowywanych owoców. Dla jakości owoców podstawowe znaczenie ma termin ich zbioru, zatem wystąpiła potrzeba opracowania metody oceny dojrzałości zbiorczej owoców. Realizując ten cel (praca II.2.B.23) zajęto się analizą możliwości wykorzystania fluorescencji chlorofilu do oceny stopnia dojrzałości owoców. Odnotowano wysoką wartość współczynnika korelacji pomiędzy wydajnością aparatu fotosyntetycznego roślin, mierzonego parametrami fluorescencji chlorofilu ( $F_o$ ,  $F_m$ ,  $\Sigma K$ ,  $K_n$ ,  $K_p$ ,  $RC/CS$ ,  $ABS/CS$ ), a stosowanymi powszechnie wskaźnikami dojrzałości owoców, tj. produkcją etylenu, jędrnością owoców, zawartością ekstraktu refraktometrycznego. Wysokie wartości współczynników korelacji wskazują, że przy odpowiedniej kalibracji urządzeń służących do pomiaru fluorescencji chlorofilu, technika ta może być dobrym narzędziem do wyznaczania optymalnego terminu zbioru owoców aktinidii ostrolistnej.



Inne badania, podjęte we współpracy z dr E. Szpadzik, obejmowały zagadnienia związane z uprawą czereśni i świdosiwy olchoistnej. W przypadku czereśni (prace: II.4.a.B.7 i II.2.B.33) oceniano wartość produkcyjną i jakość owoców deserowych oraz właściwości zdrowotne owoców kilku odmian. Wykazano, że odmiany różniły się zawiązywaniem owoców i plonowaniem, a także jakością owoców (tj. wielkością owoców, jędrnością, zawartością ekstraktu, kwasowością) oraz walorami zdrowotnymi (tj. zawartością polifenoli, antocyjanów i kwasu askorbinowego). Drzewa 'Techlovan' wydały najniższy plon, ale ich owoce były wysokiej jakości. Odmiany 'Kordia' i 'Regina' również dostarczały wysokiej jakości owoce o wysokiej całkowitej zawartości polifenoli. Natomiast odmiana 'Sylvia' plonowała wysoko, ale uzyskane owoce były niskiej jakości. Owoce ocenianych odmian charakteryzowały się podobną zawartością witaminy C. W kolejnej pracy (II.4.a.B.15) przedstawiono ocenę siedmiu czeskich odmian czereśni ('Jacinta'; 'Horka'; 'Tamara'; 'Helga'; 'Fabiola'; 'Kasandra'; 'Kordia') pod względem ich jakości deserowej i zawartości związków biologicznie czynnych oraz wskazano najwartościowszą odmianę w warunkach centralnej Polski. Badane odmiany różniły się zarówno jakością owoców, jak i właściwościami prozdrowotnymi. Największymi owocami charakteryzowały się odmiany 'Jacinta', 'Horka', 'Tamara' i 'Fabiola'. Owoce 'Fabiola' i 'Kordia' miały najwyższą jędrność, podczas gdy owoce 'Jacinta' i 'Horka' miały najwyższą zawartość ekstraktu i kwasowość miareczkową. Najwyższy stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości stwierdzono w owocach odmiany 'Fabiola'. Z kolei odmiana 'Jacinta' okazała się najbardziej wartościowa pod względem zawartości związków bioaktywnych i miała najwyższą aktywność przeciwutleniającą (DPPH). Niektóre z cech były ze sobą ściśle powiązane, głównie w odniesieniu do związków biologicznie czynnych. Ciemniejsze owoce zawierały więcej związków biologicznie czynnych i miały wyższą aktywność przeciwutleniającą. Wykazano również, że wielkość owoców, a także zawartość ekstraktu i kwasowość są skorelowane z kolorem owoców. Intensywnie wybarwione owoce były większe i miały wyższą zawartość ekstraktu i kwasowość. Zawartość polifenoli i flawonoidów w owocach oraz wysoka wartość aktywności przeciwutleniającej były determinowane przez wysoką zawartość cyjanidyno-3-galaktozydu.

Świdosiwa (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) jest perspektywicznym i coraz bardziej popularnym gatunkiem w Polsce. Jej głównymi atrybutami są niezwykle wartościowe owoce, bogate w antocyjany o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej, które są bardzo cenne w przetwórstwie. W pracy II.4.a.B.10 przedstawiono przydatność do uprawy w warunkach klimatyczno-glebowych wschodniej Polski trzech kanadyjskich odmian świdosiwy ('Martin', 'Honeywood' i 'Pembina'). Oceniano plon i jakość owoców, a także ich wartość prozdrowotną.

Odnotowano istotne różnice między odmianami, zarówno pod względem plonowania, jak i właściwości fizykochemicznych owoców, tj. masy i średnicy owoców, jędrności i zawartości ekstraktu, a także pod względem zawartości antocyjanów, flawonoidów i polifenoli. Znaczne różnice stwierdzono również pomiędzy latami badań,

Od roku 2019 jestem promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich. Pierwsza praca realizowana jest w ramach programu MNiSW „Doktorat wdrożeniowy” (nr 0060/DW/2018/02) przez mgr A. Lenart w temacie „Ocena nawozów z biostymulacją oraz prekursorów fitohormonów pod kątem minimalizowania wpływu stresu abiotycznego na plonowanie i jakość owoców borówki wysokiej”. W ramach pracy (II.4.a.B.16) wykazano istotny wpływ biostymulatorów na zawartość związków przeciwutleniających w owocach borówki wysokiej. W większości kombinacji, w których zastosowano dodatkowe biostymulatory, zaobserwowano wyższe wartości analizowanych wskaźników (aktywność antyoksydacyjna i zawartość polifenoli). Na szczególną uwagę zasługiwał program nawożenia T4, w którym uwzględniono nawożenie zarówno dogłębowe, jak i dolistne preparatami zawierającymi biostymulatory. W kolejnej pracy (II.4.a.B.17) przedstawiono wskaźniki ilościowe i jakościowe plonu borówki wysokiej, wykazując pozytywny wpływ nawożenia z prekursorami fitohormonów. W doświadczeniu oceniano wpływ nawożenia na zawiązywanie owoców, plon, masę jagód, powierzchnię liści i parametry fizykochemiczne owoców. Wykazano, że zastosowane technologie nawożenia miały istotny wpływ na wielkość i jakość plonu borówki wysokiej ‘Bluecrop’. Na szczególną uwagę zasługuje technologia nawożenia z biostymulacją (prekursor fitohormonów), która pozytywnie wpływa na zawiązywanie owoców, wielkość plonu, średnią masę jagód i ich jędrność. Badania są kontynuowane.

Druga praca doktorska – wykonywana przez mgr Andrii Kistechok – dotyczy zagadnień związanych z wpływem stanu fizjologicznego jabłek i warunków przechowywania na zapewnienie surowca o zwiększonej zawartości związków bioaktywnych. W pierwszym artykule (II.4.a.B.20) z planowanego cyklu publikacji przedstawiono właściwości fizykochemiczne jabłek ‘Chopin’ i klonu JB, ze szczególnym uwzględnieniem ich wartości odżywczej. Porównano je z jabłkami takich powszechnie produkowanych w polskich sadach odmian jak: ‘Gala Brookfield’, ‘Šampion’, ‘Ligol’ i ‘Idared’. W badaniach skupiono się na ocenie cech fizykochemicznych (jędrność, zawartość ekstraktu i kwasowość miareczkowa) oraz zawartości cukrów prostych, sacharozy i kwasów organicznych. Wartość odżywczą jabłek opisano oddzielnie dla miąższu i skórki owoców, koncentrując się na ocenie aktywności przeciwutleniającej i zawartości polifenoli ogółem, kwasów fenolowych, flawonoli. Jabłka ‘Chopin’ i klonu JB charakteryzują się bardzo wysoką kwasowością, powyżej 1%, co jest

związane z wysoką zawartością kwasu jabłkowego. Owoce klonu JB, o czerwonym miąższu, wyróżniały się wysoką zawartością związków bioaktywnych zarówno w skórce, jak i miąższu jabłek.

W roku 2021 nawiązałem współpracę z pracownikami Pracowni Organizacji i Ekonomiki Ogrodnictwa (SGGW) oraz z dr hab. M. Kapłan z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, która dotyczy wdrożenia winorośli odmian deserowych i przemysłowych do uprawy w warunkach środowiskowo-glebowych Polski. W pracy (II.4.b.B.9) opisano stan winiarstwa w centralnej Polsce oraz czynniki decydujące o rozwoju tego działu gospodarki. Kontynuowane są badania w zakresie zwiększenia wydajności i jakości owoców winorośli przemysłowych przeznaczonych do produkcji wina. Oceniana jest celowość stosowania w tym celu giberelin.

W roku 2007 odbyłem staż naukowy w Faculty of Land and Food Systems, University of British Columbia (Vancouver, Kanada), w ramach otrzymanego stypendium The Dekaban Foundation Scholarship. Pracowałem w projekcie pt. „Chemical analysis and biological activity of *Vaccinium myrtillus* L. from Ecuador and *Vaccinium* spp. from British Columbia”. Opiekunem pracy był dr Eduardo Jovel. Podjąłem wówczas tematykę związaną z innowacyjnymi metodami oceny nutracutyków zawartych w owocach borówek pochodzących z dzikich stanowisk Ekwadoru i Kanady.

W ramach kolejnego stażu naukowego zostałem zatrudniony jako koordynator w projekcie ‘FRUMED’ akronim ‘Frutticoltura mediterranea’, finansowanym ze środków Ministero dell’Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste. Staż odbywałem w Centro di Ricerca per la Frutticoltura (CRA-FRU) Roma, Włochy w okresie 12 miesięcy w 2009-2010 roku. Zajmowałem się oceną właściwości prozdrowotnych owoców gatunków powszechnie uprawianych w centralnej strefie klimatycznej Włoch (brzoskwinie, kiwi, czereśnie) oraz oceną nowych odmian polecanych do uprawy. Ciekawe poszerzenie tych badań stanowiła ocena nowych, introdukowanych do Włoch gatunków, jak borówka wysoka i aktinidia chińska. W pracy (II.4.b.B.7) przedstawiono wyniki badań składu chemicznego owoców borówki wysokiej pochodzących z centralnej części Włoch w zestawieniu z owocami pochodzącymi z centralnej Polski. Udokumentowano różnice w profilu antocyjanów, wskazując, że owoce pochodzenia polskiego zawierają więcej pochodnych delfinidyn, podczas gdy owoce pochodzenia włoskiego zawierają więcej pochodnych malwinidyn. Odnotowane różnice modyfikowały potencjał przeciwutleniający owoców, gdyż różne antocyjany charakteryzują się różną aktywnością przeciwutleniającą.

W latach 2015-2017 odbyłem trzy wyjazdy studyjne do Jilin Agricultural University, Changchun (Prowincja Jilin, Chiny). Celem wyjazdów była praca nad wspólnym projektem „Sino-Polish Blueberry Joint Research and Development Center”. W ramach współpracy z dr Wu Lin skupiono się na zagadnieniach związanych z introdukcją borówki niskiej i wysokiej oraz borówki różgowatej w różnych strefach klimatycznych Chin, a także z przemysłowym wykorzystaniem owoców. W trakcie pobytu w wygłosiłem kilka wykładów dla pracowników naukowych i studentów tamtejszego uniwersytetu oraz innych jednostek naukowych (Wuhan, Dangdan). W roku 2016 otrzymałem wyróżnienie przyznane przez Changchun Municipal People's Government, za „Międzynarodową Współpracę Naukową z prowincją Changchun”.

W latach 2017-2023 kierowałem 21 pracami naukowo-badawczymi realizowanymi na zlecenie i we współpracy z sektorem społecznym i gospodarczym (wykaz w załączniku IV, III.2.B.1 – 21)

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.**

### **6.1. Zestawienie osiągnięć dydaktycznych**

Moja praca dydaktyczna jak i organizacyjna jest ściśle związane z podejmowaną przeze mnie aktywnością naukową. Po podjęciu pracy jako adiunkt w Katedrze Sadownictwa i Przyrodniczych Podstaw Ogrodnictwa (obecnie: Katedra Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa), rozpocząłem pracę dydaktyczną na kilku kierunkach studiów. W trakcie lat pracy przygotowałem programy zajęć (sylabusy), materiały i prowadziłem zajęcia z następujących przedmiotów:

Kierunek Ogrodnictwo – I i II stopień studiów:

- Ćwiczenia praktyczne I i II
- Przechowalnictwo płodów ogrodniczych
- Wybrane działy z agrotechniki sadowniczej
- Sadownictwo II (zakres: agrotechnika)
- Ogrodnictwo zrównoważone
- Współczesne trendy w ogrodnictwie
- Sadownictwo i przechowalnictwo europejskie
- Uprawa roślin jagodowych
- Seminarium dyplomowe
- Regulowanie wzrostu i dojrzewania owoców
- Kierowanie wzrostem, kwitnieniem i owocowaniem roślin sadowniczych
- Fizjologiczne podstawy wzrostu i rozwoju drzew i nasion roślin trwałych
- ETO i zastosowanie informatyki

- Enologia – wino i winorośl
- Nowoczesne technologie w produkcji roślinnej

Kierunek Ochrona zdrowia roślin – I stopień studiów:

- Wybrane zagadnienia z sadownictwa
- Sekretne życie owoców

Kierunek Ogrodnictwo miejskie i arborystyka – I stopień studiów:

- Winnica miejska
- Superowoce miast

Kierunek Towaroznawstwo w biogospodarce (Towaroznawstwo w latach 2013-2019) – I stopień studiów:

- Przechowywalność
- Towaroznawstwo ogrodnicze
- Podstawy produkcji ogrodniczej

Kierunek Rolnictwo (oddział zamiejscowy w Leśnej Podlasce):

- Ogrodnictwo (zakres: sadownictwo)

Kierunek General horticulture – II stopień studiów:

- Modern technology of plant production (w języku angielskim)

Studenckie Programy Wymiany 'ERASMUS+ Mobilność Studentów na Studia':

- Modern trends of fruit production (w języku angielskim).

Od roku 2006 byłem promotorem 103 obronionych prac inżynierskich i magisterskich oraz 167 prac dyplomowych na studiach podyplomowych „Rolnictwo dla absolwentów nierolniczych studiów wyższych” prowadzonych przez Wydział Rolnictwa i Ekologii (SGGW).

W roku 2018 otrzymałem wyróżnienie „Wydziałowy Mistrz Edukacji” w ramach konkursu organizowanego przez Samorząd Studentów Wydziału Ogrodniczego.

Byłem członkiem zespołu oceniającego prace w ramach Konkursu Prac Magisterskich zorganizowanego przez Koło Naukowe Ogrodników SGGW (14 marca 2012 r.).

W roku 2011 odbyłem szkolenie pn. „Wdrażanie technologii e-learning”, w ramach projektu KSI-PKOL.04.01.01-00-232/08-00 „Program unowocześniania kształcenia w SGGW dla zapewnienia konkurencyjności oraz wysokiej kompetencji absolwentów”.

W roku 2013 odbyłem szkolenie „Jak skutecznie rekrutować studentów zagranicznych – zasady podejmowania i odbywania studiów wyższych przez cudzoziemców”, prowadzone przez pracowników Instytutu Szkoleń Profesjonalnych, sp. z o.o. Warszawa.

## 6.2. Zestawienie osiągnięć organizacyjnych i popularyzujących naukę

Członek Wydziałowej Komisja Wyborczej Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, z ramienia pracowników inż.-techn., kadencja 2002-2005.

Członek Wydziałowej Komisja Wyborczej Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, z ramienia pozostałych nauczycieli (bez habilitacji), dwie kadencje: 2005-2008 i 2012-2016.

Elektor do wyboru Rektora SGGW w Warszawie, z ramienia pozostałych nauczycieli (bez habilitacji), kadencja: 2016-2020.

Członek Rady Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW w Warszawie z ramienia pozostałych nauczycieli (bez habilitacji) trzy kadencje: 2005-2008, 2008-2011 i 2012-2015.

Członek Rady Wydziału Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu SGGW w Warszawie z ramienia pozostałych nauczycieli (bez habilitacji), kadencja 2016-2019.

Członek Rady Dyscypliny Rolnictwa i Ogrodnictwa SGGW z ramienia pozostałych nauczycieli (bez habilitacji), kadencja 2021-2024.

Członek Polskiego Towarzystwo Nauk Ogrodniczych (od roku 2006).

Członek Zarządu Oddziału Warszawskiego Polskiego Towarzystwo Nauk Ogrodniczych, dwie kadencje: 2019-2023 oraz 2023-2026.

Członek Komisji oceniającej blok „Ogrodnictwo” Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych (edycje XXXIV-XLVI), w latach 2010-2023 (14 edycji).

Członek Komisji ds. Promocji Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW w latach 2009-2012.

Członek Komisji Dydaktycznej ds. wdrożenia Krajowych Ram Kwalifikacji dla kierunku „Ogrodnictwo”, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW, w latach 2011-2012.

Członek Central of the Plant Research przy University of British Columbia (w roku 2007).

Członek IRES (Institute for Resources, Environment and Sustainability) przy University of British Columbia (w roku 2007).

W latach 2017-2021 pełniłem funkcję eksperta w Sino-Polish Blueberry Joint Research and Development Center, Changchun (Prowincja Jilin, Chiny).

Koordynator ds. równego traktowania pracowników i studentów, Instytut Nauk Ogrodniczych (w roku 2020).

Członek Komisji ds. Oceny Nauczycieli Akademickich, Instytut Nauk Ogrodniczych SGGW, dwie kadencje: 2020-2021 i 2022-2025.

Kierownik Katedry Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa Instytutu Nauk Ogrodniczych SGGW w latach 2021-2024.

Kierownik Zakładu Sadownictwa Instytutu Nauk Ogrodniczych SGGW, w latach 2021-2024.

Członek Komisji ds. Promocji Wydziału Ogrodniczego SGGW, w latach 2021-2024.

Koordynator ds. kontaktów ze szkołami średnimi, Wydział Ogrodniczy SGGW, w latach 2021-2024.

Koordynator projektu „Otwarte Laboratoria” – zajęcia dla uczniów szkół średnich, Wydział Ogrodniczy SGGW, w latach 2021-2024.

Członek Komisji ds. Strategii Instytutu Nauk Ogrodniczych SGGW, w latach 2021-2024.

Otrzymałem 7 nagród zespołowych JM Rektora SGGW II i III stopnia za osiągnięcia organizacyjne (wykaz w załączniku IV, II.19.B.2 – 5, II.19.B.7, II.19.B.9 – 10)

W 2019 r. zostałem odznaczony Medalem Srebrnym za Długoletnią Służbę.

Byłem członkiem komitetu organizacyjnego 20 konferencji krajowych lub międzynarodowych (wykaz w załączniku IV, II.8.A.1 – 3 oraz II.8.B.1 – 17).

Jestem autorem 56 artykułów popularno-naukowych i popularyzujących wiedzę w periodykach branżowych (wykaz w załączniku IV, II.4.c.A.1 – 15 oraz II.4.c.B.1 – 41.)

Efektem prowadzonych przeze mnie badań, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, związanych z moimi zainteresowaniami naukowymi jest 35 publikacji naukowych (2350 pkt), z których 23 jest indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR) i posiadające Impact Factor (68,743) oraz 50 rozdziałów w monografiach.

Na dzień 29.08.2023 prace te były cytowane wg Web of Science – 312 razy, wg Scopus – 385 razy.

Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi 7, wg Scopus – 8.

Uczestniczyłem w 40 konferencjach naukowych w tym 11 zagranicznych.

Sumaryczne zestawienie informacji na temat mojego dorobku naukowo-badawczego zestawiono w Załączniku IV, a zestawienie liczbowe publikacji w czasopismach z listy JCR w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie liczbowe publikacji w czasopismach z listy JCR

Czasopismo (wg JCR)	Ilość	Rok wydania	Impact Factor	Pkt. MNiSW
INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCES AND NUTRITION	1	2010	0,778	27
SCIENTIA HORTICULTURAE	1	2011	1,527	30
JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE	1	2013	1,879	35
POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY	1	2014	2,223	40
ZEMDIRBYSTE-AGRICULTURE	1	2017	0,746	20
JOURNAL OF FOOD SCIENCE	1	2018	2,081	30
ACTA SCIENTIARUM POLONORUM-HORTORUM CULTUS	1	2019	0,616	100
SUSTAINABILITY	1	2020	3,251	100
AGRONOMY-BASEL	5	2021	2,603	100
		2021	2,603	100
		2021	2,603	100
		2021	2,603	100
		2023	3,700	100
AGRICULTURE-BASEL	7	2021	2,925	100
		2022	3,408	100
		2022	3,408	100
		2022	3,408	100
		2022	3,408	100
		2022	3,408	100
		2023	3,600	140
PLOS ONE	1	2022	3,752	100
MOLECULES	1	2022	4,927	140
APPLIED SCIENCES	1	2023	2,700	100



(podpis wnioskodawcy)