



Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

w Warszawie

Instytut Nauk Ogrodniczych

Monika Sawicka

**Dystrybucja szczawianów oraz
wybranych związków biologicznie
aktywnych w różnych organach i fazach
rozwojowych roślin aktinidii ostrolistnej
(*Actinidia arguta* Miq.)**

Distribution of oxalates and selected biologically active
compounds in various organs and developmental stages of
Actinidia arguta plants

Rozprawa doktorska

Doctoral thesis

Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem

dr hab. Barbary Łaty, prof. SGGW

Katedra Ochrony Roślin

Warszawa rok (2025)

Oświadczenie promotora rozprawy doktorskiej

Oświadczam, że niniejsza rozprawa została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora.

Data 29.10.2025 Czytelny podpis promotora K. Fał

Oświadczenie autora rozprawy doktorskiej

Świadom/a odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że niniejsza rozprawa doktorska została napisana przez mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności z ustawą z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (tj. z dnia 28 października 2022 r., Dz.U. z 2022 r. poz. 2509 ze zm.)

Oświadczam, że przedstawiona rozprawa nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z uzyskaniem stopnia naukowego doktora.

Oświadczam ponadto, że niniejsza wersja rozprawy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Przyjmuję do wiadomości, że rozprawa doktorska poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data 29.10.2025 Czytelny podpis autora rozprawy Monika Samcio

Spis treści

1. Streszczenie	6
2. Wstęp.....	15
3. Przegląd piśmiennictwa	16
3.1. Charakterystyka gatunku <i>Actinidia arguta</i> Miq.....	16
3.1.1. Perspektywa towarowej uprawy roślin <i>Actinidia arguta</i> w Polsce....	18
3.1.2. Przebieg wegetacji roślin <i>Actinidia arguta</i>	21
3.2. Aktinidia jako źródło związków biologicznie aktywnych.....	22
3.2.1. Liście aktinidii jako źródło związków biologicznie aktywnych i ich zmiany w czasie rozwoju roślin	22
3.2.2. Profil jakościowy i ilościowy związków biologicznie aktywnych w owocach mini kiwi i ich zmiany w czasie dojrzewania roślin	24
3.2.3. Czynniki wpływające na zawartość związków biologicznie aktywnych w owocach mini kiwi.....	28
3.3. Związki antyodżywcze.....	32
3.3.1. Rola kwasu szczawowego u roślin	33
3.3.2. Szczawiany w aktinidii	34
3.3.3. Metody oznaczania zawartości szczawianów w żywności, materiale biologicznym	35
4. Cel, zakres pracy i hipotezy badawcze	36
5. Materiał i metodyka pracy	37
5.1. Materiał do badań.....	37
5.2. Oznaczanie wskaźniki i zastosowane metody	42
5.3. Dane meteorologiczne.....	44
5.4 Analiza statystyczna i sposób przedstawienia wyników.....	45
6. Omówienie i dyskusja wyników	46
6.1. Omówienie wyników	46
6.2. Dyskusja.....	77
7. Podsumowanie i wnioski	88
8. Spis piśmiennictwa	90

Streszczenie

Dystrybucja szczawianów oraz wybranych związków biologicznie aktywnych w różnych organach i fazach rozwojowych roślin aktinidii ostrolistnej (*Actinidia arguta* Miq.)

Owoce i warzywa stanowią główne źródło antyoksydantów w diecie człowieka, a ich różnorodność gatunkowa i odmianowa jest kluczowa dla zapewnienia bogactwa związków o uzupełniającym się, korzystnym wpływie na zdrowie. W tym kontekście rosnące znaczenie zyskują owoce aktinidii ostrolistnej (*Actinidia arguta* Miq.), znane jako „mini kiwi”. Gatunek ten łączy cechy pożądane z perspektywy konsumenta (mały rozmiar owocu, jadalna skórka, wysoka smakowość, wysoka zawartość związków biologicznie aktywnych) i producenta (możliwość uprawy w klimacie umiarkowanym, termin dojrzewania po zbiorze innych owoców jagodowych, wysoki plon). Jednocześnie, obok związków o działaniu prozdrowotnym, owoce i liście *A. arguta* zawierają związki antyodżywcze, w tym szczawiany, które mogą ograniczać biodostępność wybranych składników mineralnych, obniżać akceptację sensoryczną (cierpkość, uczucie drażnienia) i sprzyjać powstawaniu kamieni nerkowych. Stąd konieczna jest całościowa ocena zawartości zarówno związków prozdrowotnych jak i antyodżywczych – w zależności od odmiany, organu rośliny i fazy rozwoju czy zmienności w następstwie czynników środowiskowych.

Celem pracy doktorskiej było określenie całkowitej zawartości askorbinianu, szczawianów i związków fenolowych w owocach 38 odmian żeńskich *A. arguta* z rozdzieleniem na skórkę i miąższ oraz ocena askorbinianu i szczawianów w liściach 38 odmian żeńskich i 6 odmian męskich. Celem uzupełniającym była charakterystyka morfologii owoców oraz określenie czasu dojrzewania owoców poszczególnych odmian. Dodatkowo, na dwóch odmianach (‘Verde’ – owoce zielone; ‘Scarlet September’ – owoce czerwone) prześledzono zmiany askorbinianu i szczawianów w kolejnych fazach rozwojowych liści i owoców.

Sformułowano hipotezy: (1) istnieje zależność między zawartością szczawianów w liściach i owocach (co może umożliwić wstępną selekcję odmian przed owocowaniem), (2) występuje zależność między poziomem askorbinianu a zawartością szczawianów w materiale roślinnym, (3) skórka owocu zawiera wyższe stężenia szczawianów i askorbinianu, a poziomy w skórcie korelują z zawartością w miąższu.

Badania przeprowadzono w dwóch sezonach wegetacyjnych (2018 i 2020), na materiale pochodzącym z kolekcji odmian *A. arguta* zlokalizowanej na kampusie

SGGW w Warszawie. Doświadczenie 1 obejmowało 38 odmian żeńskich (owoce i liście) oraz 6 odmian męskich (liście); dla owoców wykonano odrębne oznaczenia dla skórki i miąższu. Analizy wykonano w 3 powtórzeniach, na każde składało się 10 owoców. Liście pobierano ze środkowej części pędów owocujących, w trzech terminach: początek kwitnienia (TI), pełne rozwinięcie liści (TII), w czasie zbioru owoców (TIII); pobierano 10 liści na jedno powtórzenie. Doświadczenie 2 objęło dwie odmiany ‘Verde’ o zielonych owocach i ‘Scarlet September’ o czerwonych owocach. Próbkę owoców i liści zbierano co 2 tygodnie, począwszy od pojawienia się zawiązków owoców aż do zbioru dojrzałych owoców.

Całkowitą zawartość askorbinianu (L-AA + DHAA) oznaczono stosując metodę wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją fluorescencyjną. Całkowitą zawartość związków fenolowych oznaczano spektrofotometrycznie (Folin–Ciocalteu) w przeliczeniu na ekwiwalent kwasu galusowego (GAE). Całkowitą zawartość szczawianów oznaczano spektrofotometrycznie. Analizy chemiczne przeprowadzono w laboratorium Zakładu Przyrodniczych Podstaw Ogrodnictwa w Katedrze Ochrony Roślin. W zależności od doświadczenia przeprowadzono jedno- lub dwuczynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi zweryfikowano testem Tukeya ($\alpha = 0,05; 0,01; 0,001$). Dodatkowo wykonano analizy korelacji Pearsona między wskaźnikami oznaczonymi w różnych tkankach i fazach rozwoju roślin na różnych poziomach prawdopodobieństwa.

Stwierdzono istotne zróżnicowanie masy owoców w obrębie testowanych odmian jak i jej dużą zmienność między latami. W latach 2018–2020 najmniejsze owoce miały m.in. ‘Julia’, ‘74-49’, ‘Twist’, ‘Verona’, a największe ‘Abuntance Green’, ‘Bingo’, ‘Huan You’, ‘Jumbo’, ‘Juwilejna’, ‘Michigan State (MSU)’, ‘Red1’. Zakres mas owoców w sezonie 2018 wynosił 4,95-18,3 zaś w sezonie 2020 3,2-17,1 g owoc⁻¹. W sezonie 2020, średnia masa owoców była ok. 11% wyższa niż w 2018. Dla niektórych odmian wykazano bardzo duże różnice między sezonowe. Zestawienie cech odmianowych (kształt, rumieniec, barwa miąższu, terminy dojrzewania) potwierdziło dużą różnorodność owoców i możliwość wysycenia rynku świeżymi owocami tego gatunku od końca sierpnia do połowy października.

Zarówno odmiana, jak i rodzaj tkanki istotnie wpływały na całkowitą zawartość askorbinianu. W obu sezonach skórka wykazywała średnio ok. 2-krotnie wyższą zawartość niż miąższ. Potwierdzono dodatnią korelację między zawartością

askorbinianu w skórce i miąższu. W roku 2018 średnia zawartość askorbinianu w skórce wyniosła 1029 mg kg⁻¹ śm., zaś w miąższu 601 mg kg⁻¹ śm. Najwyższą zawartość askorbinianu oznaczono w odmianie ‘Abuntance Green’, najniższą w odmianie ‘Juwilejna’. W roku 2020 średnie zawartości askorbinianu uzyskane dla skórki i miąższu były niższe w porównaniu do sezonu 2018 i wynosiły odpowiednio 833 i 483 mg kg⁻¹ śm. Najbardziej zasobną w askorbinian była odmiana ‘Julia’ zaś najmniej ‘National Arboretum 7’. Różnica między skórka a miąższem była bardzo zależna od odmiany: u niektórych odmian zawartość askorbinianu w skórce i miąższu była zbliżona, u innych różnica była ponad 4-krotna. Biorąc pod uwagę, że skórka jest częścią owocu bezpośrednio narażoną na stropy biotyczne i abiotyczne może to mieć znaczenie w kontekście odporności na czynniki środowiskowe.

Całkowita zawartość związków fenolowych była istotnie wyższa w skórce niż w miąższu. Zmienność odmianowa była istotna; odmiany różniły się w szerokim zakresie zarówno zawartością tych związków, jak i skalą różnic między skórka a miąższem. W odmianie o najwyższej zawartości związków fenolowych oznaczono ich prawie 6-krotnie więcej niż w odmianie o najniższej zawartości w sezonie 2018 i analogicznie ok. 9-krotnie w sezonie 2020. W przypadku związków fenolowych różnice w zawartości między latami były większe niż w przypadku askorbinianu i średnio kształtowały się na poziomie ok. 26%.

Oznaczenia potwierdziły obecność i zróżnicowanie całkowitej zawartości szczawianów w badanym materiale. Liście charakteryzowały się większą akumulacją szczawianów niż owoce. W owocach koncentracja szczawianów miała miejsce w skórce. Średnio zawartość szczawianów w obu sezonach była 2-krotnie wyższa w skórce niż w miąższu. Potwierdzono wysoce istotne różnice odmianowe oraz wpływ lat na kształtowanie się tego wskaźnika. W roku 2018 w owocach oznaczono o ok. 20% więcej szczawianów niż w roku 2020. Odmiany ‘Hoenigbeere’ i ‘Red Beauty’ charakteryzowały się wysoką całkowitą zawartością szczawianów w obu sezonach wegetacji. Biorąc pod uwagę najniższą zawartość szczawianów w obu sezonach wyróżniała się pod tym względem odmiana ‘National Arboretum 7’.

Zawartość askorbinianu i całkowita zawartość szczawianów zmienia się w trakcie wegetacji. W obu sezonach (2018 i 2020) zawartość szczawianów malała wraz z dojrzewaniem owoców. W obu odmianach liście były bardziej zasobne w szczawiany niż owoce. Zawartość szczawianów w liściach ulegała mniejszym wahaniom, ale co do zasady, w ostatnim terminie zbioru była nieznacznie wyższa niż na początku wegetacji.

W trakcie wegetacji zawartość askorbinianu w owocach i liściach odmiany ‘Verde’ i ‘Scarlet September’ zmieniała się istotnie. W owocach odmiany ‘Scarlet September’ w obu sezonach a także w owocach odmiany ‘Verde’ w sezonie 2020 odnotowano spadek zawartości askorbinianu wraz z dojrzewaniem owoców. W młodych liściach aktinidii ostrolistnej oznaczono 2-krotnie więcej askorbinianu niż w pełni rozwiniętych liściach.

W pracy badaniami objęto 38 odmian żeńskich i 6 męskich, a materiał roślinny pochodził z jednolitych warunków siedliskowych. Uzyskane wyniki analizowano w kontekście trzech głównych źródeł zmienności: (a) odmiana, (b) organ/tkanka, (c) sezon i faza rozwoju. Zmienność genetyczna *A. arguta* jest bardzo szeroka – dotyczy cech morfologicznych, terminów dojrzewania, zawartości związków biologicznie aktywnych i antyodżywczych. Z punktu widzenia wartości żywieniowej kluczowe są odmiany łączące wysoką zawartość askorbinianu i polifenoli z umiarkowanym poziomem szczawianów.

Przetestowane odmiany istotnie różniły się zarówno pod kątem zawartości badanych związków, ich dystrybucji jak i stabilności poziomu w kolejnych sezonach, co może być wykorzystane w przyszłych badaniach biochemicznych, fizjologicznych czy hodowlanych. Na podstawie prezentowanych wyników dowiedziono także, że zawartość badanych związków biologicznie aktywnych i antyodżywczych w skórce aktinidii ostrolistnej jest istotnie wyższa w porównaniu do miększu. Różnicowanie odmianowe i sezonowe w zawartości szczawianów w skórce i miększu owoców jest niewielkie w porównaniu ze związkami fenolowymi i askorbinianem. Zawartość askorbinianu w skórce jest dodatnio skorelowana z jej zawartością w miększu, w przypadku szczawianów nie odnotowano takiej zależności. Podobnie w przypadku szczawianów nie potwierdzono zależności między zawartością szczawianów w owocach a ich stężeniem w liściach. Przeprowadzone doświadczenie dotyczące zmian stężenia askorbinianu i szczawianów w trakcie rozwoju owoców i liści wykazało, że zawartość askorbinianu w liściach spadała a szczawianów wzrastała wraz ze starzeniem się roślin. Najwyższe stężenie askorbinianu odnotowano w młodych liściach i zawiązkach owoców, dodatkowo zawartość askorbinianu w młodych liściach korelowała dodatnio z zawartością askorbinianu w skórce i miększu owoców. Szczawiany z kolei wykazywały inny wzór zmian w relacji do całkowitej zawartości askorbinianu, wraz z rozwojem liści poziom szczawianów wzrastał a w owocach obniżał się, ale istotność zmian zależała zarówno od odmiany jak i roku badań. Generalnie na badane w pracy związki biologicznie aktywne i antyodżywcze silnie

wpływały warunki wzrostu roślin w danym sezonie wegetacyjnym (tzw. efekt lat: zmienność pogody i/lub siedliska), przy czym wpływ ten wyraźnie silniej różnicował skórkę owoców testowanych odmian w porównaniu z miąższem.

Summary

Distribution of oxalates and selected biologically active compounds in various organs and developmental stages of *Actinidia arguta* plants

Fruits and vegetables are the main source of antioxidants in the human diet, and their species and cultivar diversity is crucial to ensure a wealth of compounds with complementary, beneficial effects on health. In this context, the fruits of hardy kiwi (*Actinidia arguta*), are gaining importance. This species combines traits desirable from the consumer's perspective (small fruit size, edible skin, high palatability, high content of bioactive compounds) and the producer's perspective (possibility of cultivation in a temperate climate, harvest time after other berry fruits, high yield). At the same time, alongside health-promoting compounds, the fruits and leaves of *A. arguta* contain antinutritional factors, including oxalates, which may limit the bioavailability of selected minerals, reduce sensory acceptance (feeling of irritation), and contribute to kidney stone formation. Hence, there is a need for a comprehensive assessment of the content of both health-promoting and antinutritional compounds depending on cultivar, plant organ and developmental phase, as well as variability resulting from environmental factors.

The aim of the doctoral thesis was to determine the total content of ascorbate, oxalates and phenolic compounds in fruits of 38 female cultivars of *A. arguta*, with separate determinations for skin and flesh, and to assess ascorbate and oxalates in leaves of 38 female and 6 male cultivars. A supplementary aim was to characterize fruit morphology (including mass and the share of skin in fruit mass) and to determine the ripening time of fruits of individual cultivars. Additionally, in two cultivars ('Verde' – green fruits; 'Scarlet September' – red fruits), changes in ascorbate and oxalates were traced across successive developmental stages of leaves and fruits.

The following hypotheses were formulated: (1) there is a relationship between the oxalate content in leaves and fruits (which may allow preliminary selection of cultivars before fruiting), (2) there is a relationship between the level of ascorbate and the oxalate content in plant material, (3) the fruit skin contains higher concentrations of oxalates and ascorbate, and the levels in the skin correlate with those in the flesh.

The research was carried out in two growing seasons (2018 and 2020) on material originating from a collection of *A. arguta* cultivars located on the campus of SGGW (Warsaw University of Life Sciences) in Warsaw. Experiment 1 included 38 female cultivars (fruits and leaves) and 6 male cultivars (leaves); for fruits, separate

determinations were performed for skin and flesh. Analyses were performed in 3 replicates, each consisting of 10 fruits. Leaves were collected from the middle part of fruiting shoots at three dates: the beginning of flowering (TI), full leaf expansion (TII), and at fruit harvest (TIII); 10 leaves were collected per replicate. Experiment 2 comprised two cultivars, 'Verde' with green fruits and 'Scarlet September' with red fruits. Samples of fruits and leaves were collected every 2 weeks, starting from fruit set until the harvest of mature fruits.

Total ascorbate (L-AA + DHAA) was determined using high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. Total phenolic content was measured spectrophotometrically (Folin–Ciocalteu), expressed as gallic acid equivalents (GAE). Total oxalates were determined spectrophotometrically. Depending on the experiment, one- or two-way ANOVA was performed. The significance of differences between means was verified with Tukey's test ($\alpha = 0.05; 0.01; 0.001$). Additionally, Pearson correlation analyses were performed between indices measured in different tissues and developmental stages at various levels of probability.

A significant differentiation of fruit mass was found within the tested cultivars, as well as large inter-annual variability. In 2018–2020, the smallest fruits were borne by, among others, 'Julia', '74-49', 'Twist', 'Verona', while the largest by 'Abuntance Green', 'Bingo', 'Huan You', 'Jumbo', 'Juwilejna', 'Michigan State (MSU)', and 'Red1'. The range of fruit mass was 4.95–18.3 g in the 2018 season and 3.2–17.1 g in the 2020 season. In 2020, the average fruit mass was approx. 11% higher than in 2018. For some cultivars, very large inter-season differences were demonstrated (e.g., 'Oryginalnaja'). The compilation of varietal traits (shape, blush, flesh color, ripening time) confirmed great diversity and the possibility of saturating the market with fresh fruits of this species from late August to mid-October.

Both cultivar and tissue type had a significant effect on total ascorbate content. In both seasons, the skin showed, on average, about twofold higher content than the flesh. A positive correlation between ascorbate content in skin and flesh was confirmed. In 2018, the average ascorbate content in the skin was 1029 mg kg⁻¹ fresh mass, and in the flesh 601 mg kg⁻¹ fresh mass. The highest ascorbate content was determined in the cultivar 'Abuntance Green', and the lowest in 'Juwilejna'. In 2020, the results obtained for skin and flesh were lower compared to 2018, namely 833 and 483 mg kg⁻¹ fresh mass, respectively. The most abundant in ascorbate was the cultivar 'Julia', and the

least ‘National Arboretum 7’. The difference between skin and flesh was highly cultivar-dependent: in some cultivars, the ascorbate content in the skin and flesh was similar, while in others it was more than fourfold. Considering that the skin is the part of the fruit directly exposed to biotic and abiotic stresses, this may be relevant in the context of resistance to environmental factors.

The total phenolic content was significantly higher in the skin than in the flesh. Cultivar variability was significant; cultivars differed widely both in the levels of these compounds and in the magnitude of differences between skin and flesh. In the cultivar with the highest phenolic content, almost six times more was determined than in the cultivar with the lowest content in the 2018 season, and analogously about nine times more in the 2020 season. For phenolic compounds, differences in content between years were greater than for ascorbate and averaged around 26%.

The determinations confirmed the presence and differentiation of total oxalates in the material tested. Leaves were characterized by greater oxalate accumulation than fruits. In fruits, oxalates were concentrated in the skin. On average, across both seasons, oxalate content was twofold higher in the skin than in the flesh. Highly significant cultivar differences and the effect of years on this index were confirmed. In 2018, about 20% more oxalates were determined in fruits than in 2020. The cultivars ‘Hoenigbeere’ and ‘Red Beauty’ maintained high total oxalate contents in both growing seasons. Considering the lowest oxalate content across both seasons, the cultivar ‘National Arboretum 7’ stood out in this respect.

Ascorbate content and total oxalate content change during the growing season. In both seasons (2018 and 2020), oxalate content decreased with fruit ripening. In both cultivars, leaves were richer in oxalates than fruits. Oxalate content in leaves showed smaller fluctuations but was, as a rule, slightly higher at the last sampling date than at the beginning of the growing season. During the season, ascorbate content in fruits and leaves of the cultivars ‘Verde’ and ‘Scarlet September’ changed significantly. In ‘Scarlet September’ fruits in both seasons, and also in ‘Verde’ fruits in 2020, a decrease in ascorbate content was recorded. In young apical leaves of hardy kiwi, twice as much ascorbate was determined as in fully developed leaves.

The study covered 38 female and 6 male varieties, and the plant material came from uniform habitat conditions. The results should be considered in the context of three main sources of variability: (a) cultivar, (b) organ/tissue, (c) season and developmental phase. The genetic variability of *A. arguta* is very wide—it concerns

morphological traits, ripening time, and the contents of biologically active and antinutritional compounds. From a nutritional standpoint, the key cultivars are those that combine a high content of ascorbate and phenolics with a moderate level of oxalates.

The tested cultivars exhibited very large cultivar-level differentiation in the contents of the compounds under study—in terms of their levels, distribution, and stability across successive seasons—which may be used in future biochemical, physiological, or breeding research. Based on the presented results, it was also shown that the contents of the studied biologically active and antinutritional compounds in the skin of *Actinidia arguta* are significantly higher compared with the flesh. Varietal and seasonal variation in the content of oxalates in the skin and flesh of the fruit is small compared with phenolic compounds and ascorbate. The ascorbate content in the skin is positively correlated with its content in the flesh, whereas for oxalates no such relationship was observed. Similarly, for oxalates no relationship was confirmed between their content in fruits and their concentration in leaves. The experiment examining ascorbate and oxalate levels during the development of fruits and leaves showed that, as the plants aged, the ascorbate content in leaves decreased while oxalates increased. The highest concentration of ascorbate was recorded in young leaves and fruitlets; moreover, ascorbate content in young leaves correlates positively with the ascorbate content in the skin and flesh of fruits. With the development of leaves, the level of oxalates increased and in fruits it decreased, but the significance of the changes depended on both the variety and the year of study. The biologically active and antinutritional compounds investigated in the study are strongly influenced by the growth conditions in a given growing season (year effect: variability of weather and site), with this influence differentiating the skins of the tested cultivars more strongly compared with the flesh.

2. Wstęp

Owoce i warzywa są głównym źródłem antyoksydantów w diecie a ich różnorodność jest gwarantem podaży wielu związków o uzupełniającym się, z reguły korzystnym wpływie na zdrowie. Spośród dostępnych na rynku świeżych owoców jagodowych, wkraczające na rynek owoce mini kiwi mają dużą szansę, aby tę różnorodność powiększyć. Wśród zalet wymienia się niewielki rozmiar, jadalną skórkę czy termin dojrzewania owoców, który przypada po okresie podaży truskawek, borówek i malin. Dobrze odbierana przez konsumenta jest smakowitość owoców mini kiwi oraz bogate w związki biologicznie aktywne ich wnętrze. Uprawa towarowa aktinidii ostrolistnej zyskuje na popularności w Polsce i Europie, rośnie zapotrzebowanie na informacje w odniesieniu do agrotechniki, jakości owoców, ich przechowywania i wielu innych aspektów. W uprawie kluczowe znaczenie ma odmiana i jej charakterystyka. Poszukiwane są odmiany odporne na stresy, najlepiej plonujące w warunkach glebowo-klimatycznych danego regionu a także wyróżniające się walorami prozdrowotnymi. W niniejszych badaniach przetestowano pod względem wielkości owoców, ich dojrzewania, dystrybucji wybranych związków biologicznie aktywnych populację złożoną z 38 odmian żeńskich aktinidii. Do badań włączono także odmiany męskie, gdyż jest to gatunek dwupienny. Praca jest pierwszą tak obszerną z punktu widzenia ocenianego materiału roślinnego, który może być punktem wyjścia dla kolejnych doświadczeń. Należy mieć na uwadze, że owoce mini kiwi obok związków prozdrowotnych zawierają też związki antyodżywcze do których, badania nad tymi owocami zdecydowanie rzadziej nawiązują. Występujące w owocach szczawiany mogą negatywnie oddziaływać na smak owoców, wywołując cierpkie odczucia w jamie ustnej a także sprzyjać tworzeniu się kamieni nerkowych czy ograniczać przyswajanie niektórych składników odżywczych. Należy to indywidualnie uwzględniać przy ilości spożywanych owoców. Przegląd, ocena dużej liczby odmian umożliwia selekcje najbardziej wartościowych pod względem zawartości związków prozdrowotnych a jednocześnie o obniżonym stężeniu związków antyodżywczych. Jednym z prekursorów w biosyntezie szczawianów w roślinach jest kwas askorbinowy stąd możliwe jest powiązanie między szczawianami a askorbinianem w owocach czy liściach w czasie ich rozwoju. Dodatkowym aspektem podejmowanym w pracy jest ocena liści, które ze względu na swoją dużą masę mogą być atrakcyjnym surowcem - źródłem związków biologicznie aktywnym w kosmetyce czy medycynie. Celem pracy doktorskiej była: 1) ocena całkowitej zawartości askorbinianu, szczawianów i związków fenolowych w

owocach 38 odmian aktinidii ostrolistnej *Actinidia arguta* Miq. z podziałem na skórkę i miąższ.;2) ocena zawartości askorbinianu i szczawianów w liściach aktinidii ostrolistnej, która obejmowała 38 odmian żeńskich i 6 odmian męskich w trzech terminach w czasie wegetacji; 3) prześledzenia zmian zawartości kwasu askorbinowego i szczawianów w różnych fazach rozwojowych liści i owoców w wytypowanych 2 odmianach. Celem towarzyszącym była ocena morfologii owoców 38 odmian aktinidii ostrolistnej, określenie masy owoców a także określenie czasu dojrzewania owoców, jako parametru pomocnego w wyznaczaniu terminu zbioru owoców dla poszczególnych odmian.

3. Przegląd piśmiennictwa

3.1.1 Charakterystyka gatunku *Actinidia arguta* Miq.

Pierwszy opis rodzaju *Actinidia* pochodzi z 1836 roku i powstał na podstawie badań Lindleya. Po najnowszej weryfikacji wyodrębniono 55 gatunków należących do rodzaju, w tym aż 52 występujących w Chinach (Li i in. 2007). Wśród opisanych gatunków bardzo podobne to *Actinidia arguta* i *Actinidia melanandra*, które są rozróżniane jedynie na podstawie morfologii liści. Węższe, sinozielone liście występują u gatunku *A. melandandra* (Li i in. 2009). Stanowisko systematyczne *A. arguta* przedstawia się następująco:

Królestwo:	Plantae (rośliny)
Podkrólestwo:	Tracheobionta (rośliny naczyniowe)
Gromada:	Magnoliophyta (okrytonasienne)
Klasa:	Magnoliopsida (dwuliścienne)
Rząd:	Theales (herbatowce)
Rodzina:	Actinidiaceae (aktinidiowate)
Rodzaj:	<i>Actinidia</i> Lindl.
Gatunek:	<i>Actinidia arguta</i> (Siebold et Zucc.) Planch. ex Miq.

A. arguta należy do najbardziej rozprzestrzenionych gatunków z rodzaju *Actinidia*. Jej występowanie obejmuje Chiny, Rosję, Japonię, Mandzurię, Koreę, Tajwan i Nepal. Różnorodne warunki siedliskowe wzrostu, obejmujące zarówno wysokie góry, jak i wilgotne lasy spowodowały, że rośliny zaadaptowały się do zróżnicowanych pod względem klimatu obszarów (Williams i in. 2003). Niskie temperatury w miesiącach zimowych na naturalnych obszarach występowania roślin mogą sięgać do -30°C . Przystosowanie roślin do zróżnicowanych warunków

atmosferycznych a także wcześniejsze dojrzewanie owoców gatunku *A. arguta* sprawia, że możliwa jest uprawa w klimacie umiarkowanym (Latocha 2008, Sun i in. 2020). Do niedawna w naszym kraju wiodącym zastosowaniem roślin była ich funkcja ozdobna, głównie ze względu na przebarwiający się jesienią liście, a także niewielkie wykorzystanie w nasadzeniach amatorskich przez wzgląd na jadalne owoce. W ostatnich latach wzrosło znaczenie uprawy towarowej mini kiwi (Latocha 2017).

A. arguta to silnie rosnące, trwałe pnące. Młode rośliny wytwarzają wiele pąków u podstawy pnia stąd, aby uzyskać pożądany na plantacji wygląd rośliny, pień należy wyprowadzić (Latocha 2017). Liście są pojedyncze, długoogonkowe, ułożone skrętolegle, opadają na koniec sezonu wegetacji. Kształt liści jest owalny lub zaokrąglony. W naturalnym środowisku pęd owija się lewoskrętnie wokół podpory. Na plantacjach są to pnącza prowadzone na specjalnych podporach w kształcie litery „T” (Marosz 2016, Latocha 2017). System korzeniowy umiejscowiony jest płytko pod powierzchnią gruntu. Pomimo płytkiego rozmieszczenia, korzenie są gęste i silnie rozgałęzione (Hughes i in. 1991). U roślin wyróżniamy dwa rodzaje pędów, niekończące wzrostu oraz kończące wzrost. Pędy kończące wzrost mogą być płodne lub tylko wegetatywne. Pędy niekończące wzrostu, jeśli nie są zredukowane podczas cięcia, mogą dorastać do kilku metrów. Na pędach niekończących wzrostu kwiaty są osadzone jedynie na pewnym odcinku pędu, natomiast na pędach kończących wzrost osadzone są w części wierzchołkowej (Latocha 2006). Aktinidia ostrolistna to roślina dwupienna - wyróżniamy osobniki męskie i żeńskie. Kwiaty męskie produkują pyłek, a kwiaty obupłciowe występują na roślinach żeńskich i pełnią funkcję kwiatów żeńskich. Z tego względu w uprawie towarowej sadzone są rośliny żeńskie i męskie. Jedna roślina męska powinna być sadzona co 6-10 roślin żeńskich. Znane są też odmiany obupłciowe, które nie wymagają zapylacza do wytworzenia owoców. Jednak nawet u tych odmian, zapylenie krzyżowe zapewnia korzystniejsze warunki w procesie zapylenia, a powstające owoce są większe (Strik i Davis 2021). Kwiaty aktinidii są kremowobiałe a pylniki wyróżniają się brązową barwą. Kwiatostany na roślinach męskich są liczniejsze. Kwitnienie przypada na początek czerwca. Kwiaty aktinidii są zebrane w wierzchołki i są chętnie odwiedzane przez owady zapylające (Fraser i McNeilage 2016). Powodem jest przyjemny słodki zapach, wabiący owady. Wśród związków odpowiedzialnych za kompozycję zapachową tych kwiatów uważa się, między innymi, enancjomery linalolu (Matich i in. 2003). Na plantacjach towarowych owady zapylające są specjalnie wprowadzane, aby uzyskać jak najlepsze zapylenie. Poza istotnym

udziałem owadów zapylających, ważną rolę w procesie zapylania odgrywa również wiatr (Stasiak i in. 2021). Rośliny wydają pierwszy znaczący plon w 3 roku, natomiast pełny potencjał produkcyjny osiągają w 7 roku po posadzeniu (Strik i Hummer 2006).

Owocem aktinidii jest wielonasienna jagoda, wielkości zbliżonej do winogrona. Skórka owocu jest cienka i nieowłosiona, owoce można spożywać razem ze skórką (Latocha i Jankowski 2011, Stefaniak i in. 2020). Smak jest bardzo aromatyczny i wyrazisty, w zależności od odmiany może być bardziej kwaskowaty lub mieć delikatny, słodki karmelowy posmak (Lindhorst i Steinhaus 2016). W owocach występują kwasy organiczne oraz kryształy szczawianów wapnia, które przybierają formę rafidów – niewielkich igiełek. Zbyt wysoka zawartość kwasów i kryształów szczawianów wapnia wpływa negatywnie na słodki smak owoców a w konsekwencji odbiór takich owoców przez konsumentów (Walker i Prescott 2003). Mechaniczne podrażnienie jamy ustnej przez kryształy szczawianów wapnia opisywane jest jako łaskotanie, irytację pojawiającą się w gardle i na języku po przełknięciu (Perera i in. 1990). Najwięcej odmian ma zielony miąższ i skórkę z czerwonym rumieńcem. Całkowicie zielone owoce, niepokryte rumieńcem mogą być odbierane przez konsumentów jako niedojrzałe (Giuggioli i in. 2021). Spotykane są także odmiany o czerwonym miąższu i skórcie (Latocha 2017). Masa owocu w zależności od odmiany waha się od ok. 5 do 15 g (Latocha i in. 2015), spotykane są też owoce o znacznie większej masie, osiągające nawet 30 g. Wewnątrz owocu znajdują się promieniście ułożone, niewielkie nasiona. Efektywność zapylenia wpływa na liczbę nasion co przekłada się na kształt i wielkość owocu (Tiyayon i Strik 2003). W Polsce owoce aktinidii ostrolistnej dojrzewają we wrześniu i październiku, w zależności od odmiany (Latocha 2019).

3.1.1 Perspektywa towarowej uprawy roślin *Actinida arguta* w Polsce

Uprawa aktinidii ostrolistnej dopiero w pierwszej dekadzie XXI wieku stała się znacząca na rynku owoców jagodowych (Latocha 2019). Wzrost zainteresowania produkcją i eksportem tych owoców ściśle wiąże się z rosnącym zainteresowaniem i dobrym odbiorem mini kiwi przez konsumentów. Konsumentów coraz większą uwagę zwracają na jakość spożywanych owoców i warzyw, a kompozycja właściwości fizykochemicznych, sensorycznych, skład ilościowy i jakościowy związków biologicznie aktywnych występujących w owocach mini kiwi wpisuje się dobrze w te oczekiwania (Kyriacou and Roupheal 2018). Wprowadzenie nowego gatunku do uprawy towarowej nie jest prostym zadaniem. W XX wieku z sukcesem wprowadzono

do uprawy towarowej nieliczne gatunki takie jak borówka wysoka (*Vaccinium corymbosum* L.), kiwi (*Actinidia* L.), awokado (*Persea* Mill.) czy orzechy makadamia (*Macadamia* F. Muell.). Na zaakceptowanie nowego gatunku na rynku największy wpływ ma smak, ale coraz częściej uwaga kierowana jest również na wartości odżywcze owocu i jego wpływ na zdrowie (Huang 2022). Osiągnięcie sukcesu jest możliwe dzięki zaangażowaniu i współpracy zarówno naukowców jak i plantatorów. Pierwsi pracują nad różnymi aspektami dotyczącymi technologii uprawy (Stefaniak i in. 2020), hodowlą nowych odmian (Bieniek 2012, Baudino 2017, Latocha 2019), jak też dotyczącymi kwestii szeroko rozumianej jakości owoców (Wojdyło i in. 2017, Baranowska-Wójcik i Szwałgier 2019, Zhang i in. 2021, Latocha i in. 2023). Drudzy wyniki badań wykorzystują zakładając i prowadząc plantacje towarowe. Wspólnym punktem dla obu grup jest promocja - zaprezentowanie jak największej liczbie potencjalnych konsumentów bogactwa odmian gatunku, walorów prozdrowotnych owoców, czy czasu w którym owoce pojawią się na rynku. Ważną kwestią żywieniową stanowi bowiem jak najdłuższy czas podaży i wysycenie rynku owocami świeżymi rodzimej produkcji.

W roku 2015 w Polsce sumaryczna powierzchnia uprawy mini kiwi wynosiła 45 ha i ta liczba cały czas rośnie. W roku 2019 dzięki odpowiedniej promocji owoce mini kiwi udało się wprowadzić do sprzedaży w sieciach handlowych. W roku 2015 w uprawie aktinidii przodowały Chiny, gdzie powierzchnia uprawy wynosiła 1260 ha. W Europie największym arealem uprawy wyróżniała się Portugalia – 107 ha oraz Włochy - 85 ha (Latocha i in. 2018). Trwają prace hodowlane nad nowymi odmianami *A. arguta*. Obecnie wśród najpopularniejszych wymienia się takie odmiany jak ‘Geneva’, ‘Issai’, ‘Ken’s Red’, ‘Weiki’ i ‘Ananasnaya’. Atutem owoców mini kiwi jest termin dojrzewania, który przypada w innych miesiącach niż dojrzewanie kiwi odmiany ‘Hayward’ w południowej Europie. Dzięki temu można jednocześnie uprawiać owoce obu gatunków na jednej plantacji, wykorzystując zaplecze produkcyjne oraz wiedzę z uprawy kiwi (Antunes i in. 2018). Wzrost zainteresowania uprawą aktinidii ostrolistnej wynika także z faktu, że gatunek ten jest mniej podatny na bakterię *Pseudomonas syringa* pv. *actinidiae*, powodującą raka bakteryjnego u innych gatunków tego rodzaju (Ma i in. 2021). W latach 2012-2017 w regionie Piedmont wykarczowano ponad 1000 ha plantacji kiwi z powodu raka bakteryjnego. Alternatywą dla uprawy kiwi atakowanej przez bakterię może stać się uprawa mini kiwi (Baudino 2017).

Aktinidia ostrolistna spośród innych gatunków tego rodzaju ma wiele cech, które umożliwiają jej uprawę w warunkach klimatu umiarkowanego. Tolerancja aktinidii ostrolistnej na mróz do -30°C , stosunkowo krótki okres wegetacji roślin, trwający zależnie od odmiany ok. 150 dni powoduje, że gatunek ten może być uprawiany w klimacie umiarkowanym, gdzie okres wegetacji jest krótki a zima często przebiega z niskimi temperaturami. Plantacja aktinidii ostrolistnej jest plantacją trwałą a okres jej użytkowania może wynosić 20 lat. Stała, wysoka wydajność upraw aktinidii sprawia, że jest to roślina atrakcyjna dla producentów. Korzystnym czynnikiem przemawiającym za uprawą tego gatunku jest także możliwość wykorzystania urządzeń technicznych używanych do magazynowania i kondycjonowania innych owoców jagodowych (Baudino i in. 2017). Wyzwaniem w przypadku uprawy aktinidii może okazać się samo założenie plantacji. Plantacja towarowa prowadzona jest na podporach w kształcie litery „T”, której koszt założenia w roku 2005 wynosił ok. 66 tys. zł dla 1 ha (Marosz 2016). Dodatkowo należy wziąć pod uwagę przygotowanie gruntu, założenie systemu nawadniania oraz zraszania antyprzymrozkowego. Koszty generuje także konieczność zakupu opakowań i etykiet informacyjnych. Owoce aktinidii ostrolistnej nie są jeszcze produktem popularnym wśród konsumentów, dlatego dużym wyzwaniem dla producentów jest znalezienie odbiorców i rynków zbytu dla wyprodukowanych owoców. Wspomniana już wcześniej odpowiednia promocja owoców wydaje się być kluczowa jeśli chodzi o rozpowszechnienie mini kiwi na rynku owoców deserowych (Marosz 2016). Produkcję mini kiwi na dużą skalę limituje także niski potencjał przechowalniczy owoców, długość ich przydatności do spożycia tzw. ‘shelf-life’ oraz podatność na uszkodzenia mechaniczne co z kolei generuje problemy z transportem (Baudino 2017). Ważną kwestią dla producenta jest dobór odpowiedniej odmiany do uprawy. W produkcji towarowej należy wziąć pod uwagę nie tylko plenność danej odmiany, ale także cechy wpływające na smak czy wielkość owoców. Wszystko to wpływa na pozytywny lub negatywny odbiór konsumentów i opłacalność produkcji. Zmienność genetyczna w obrębie gatunku jest olbrzymia (Latocha 2019). Owoce poszczególnych odmian różnią się wielkością, wybarwieniem, kształtem, czasem dojrzewania a przede wszystkim smakiem i plennością. Pomimo że przetestowano odmiany, które sprawdzają się w uprawie towarowej, to producenci i naukowcy nie zamykają się na poszukiwanie nowych odmian. Znajomość cech fizycznych oraz składu chemicznego owoców jest ważną informacją przy konstruowaniu programów hodowlanych. Wspólnym wysiłkiem plantatorów i naukowców powołano w 2016 roku

Stowarzyszenie Plantatorów MiniKiwi w Polsce. Zadaniem Stowarzyszenia jest promocja owoców mini kiwi i wsparcie sadowników w uprawie nowego gatunku w kraju, w tym poszukiwanie najlepszych do uprawy odmian.

3.1.2 Przebieg wegetacji roślin *Actinidia arguta*

Przebieg ontogenezy gatunku jest ściśle powiązany z mikroklimatem obszaru uprawy. Na rozwój roślin przede wszystkim wpływa temperatura. Szacuje się, że do wydania owoców rośliny *A. arguta* potrzebują ok. 150 dni podczas których temperatura nie spadnie poniżej 0°C (Strik i Hummer 2006). Faza pęknięcia pąka rozpoczyna się u aktinidii stosunkowo wcześnie w porównaniu do innych gatunków tego rodzaju. Dzięki temu, że rośliny wcześnie rozpoczynają wzrost możliwa jest uprawa w klimacie umiarkowanym o krótkim okresie wegetacji. Aspektem negatywnym wczesnego wchodzenia roślin w okres wegetacji jest fakt, że zarówno pąki jak i młode liście są wrażliwe na spadki temperatury wiosną (Latocha 2018). Również ciepłe dni w lutym i marcu mogą spowodować roślinę do rozpoczęcia wegetacji, w konsekwencji zdarzające się w tym okresie przymrozki mogą spowodować uszkodzenia pąków. Dlatego też plantacje aktinidii zakładane są w miejscach, gdzie nie tworzą się zastoiska mrozowe i rekomendowane jest zakładanie instalacji przeciwprzymrozkowych. Przymrozek, gdzie temperatura osiąga -1°C, w ciągu 30 minut może zniszczyć młode, rozwijające się pędy. Szczególnie wrażliwe na przymrozki są młode winorośla (Strik 2006). Wczesną wiosną rozwijają się liście. W naszym klimacie w pełni rozwinięte liście możemy zaobserwować na roślinach już w połowie maja. Po fazie pękającego pąka, późną wiosną winorośla rozpoczynają kwitnienie. Kwitnienie przypada przeciętnie na koniec maja lub początek czerwca, ale termin jest powiązany z przebiegiem pogody, rejonem uprawy oraz odmianą (Stasiak i in. 2021). Jak już wcześniej wspomniano, ze względu na rozdzielność płci do zapylenia i zawiązania owoców potrzebne są osobniki zarówno żeńskie jak i męskie. Kwiaty aktinidii są zapylane w równym stopniu przez owady zapyłające i wiatr (Latocha i in. 2021, Stasiak i in. 2021). Kwitnienie trwa ok. 10 dni. Zawiązane owoce osiągają 80% swej docelowej wielkości w pierwszych 40 dniach rozwoju (Hassall i in. 1998). Pora dojrzewania owoców wypada od połowy września do końca października. Na dojrzłość owoców wpływają warunki klimatyczne w miejscu uprawy a także uprawiana odmiana.

3.2 Aktinidia jako źródło związków biologicznie aktywnych

3.2.1 Liście aktinidii jako źródło związków biologicznie aktywnych i ich zmiany w czasie rozwoju roślin

W ostatnich latach przedmiotem badań w aspekcie związków prozdrowotnych były nie tylko owoce aktinidii ostrolistnej, ale także jej liście (Teleszko i in. 2015, Stefaniak i in. 2020, Stefaniak i Łata 2021). Dla wielu roślin, w tym typowo sadowniczych, wskazuje się na możliwość wykorzystania liści jako produktu ubocznego, ale o wysokich walorach biologicznych (Cyboran i in. 2014, Markhali i in. 2020, Sferrazzo i in. 2022). Niejednokrotnie zawartości poszczególnych związków są znacznie wyższe w liściach niż w owocach (Tan i in. 2021, Khromykh i in. 2022). W przypadku liści *A. arguta* cechą korzystną jest zasadniczo brak chorób czy szkodników w czasie wegetacji, co oznacza brak pozostałości środków ochrony roślin, które mogłyby dyskwalifikować surowiec oraz wysoka masa liści a także wysoka zawartość związków biologicznie aktywnych (Bieniek i in. 2016).

Liście aktinidii ostrolistnej charakteryzują się wysoką zawartością związków biologicznie aktywnych, wśród nich najlepiej przebadane są związki fenolowe, w tym kwasy fenolowe i flawonoidy oraz kwas askorbinowy (Stefaniak i Łata 2021, Tan i in. 2021, Khromykh i in. 2022). Całkowita zawartość kwasu askorbinowego w pełni rozwiniętych liściach aktinidii dwóch popularnych odmian 'Weiki' i 'Geneva' wahała się w granicach 2500-3500 mg kg⁻¹ ś.m. W pełni rozwinięte liście 8 chińskich odmian charakteryzowały się zawartością witaminy C od 2,5 do 4,5 mg g⁻¹ ś. m. (Tan i in. 2021). Poza askorbinianem, liście aktinidii to także bogate źródło związków fenolowych (Stefaniak i Łata 2021, Khromykh i in. 2022, Cesoniene i in. 2022). Ich stężenie ogółem może dochodzić do 6000 mg kg⁻¹ ś.m. (Stefaniak i Łata 2021). W profilu jakościowym związków fenolowych, przeważają kwasy fenolowe, w tym pochodne kwasu hydroksycynamonowego oraz flawonoidy takie jak flawan-3-ole oraz pochodne flawonoli (Almeida i in. 2018). W gatunku pokrewnym *A. kolomikta* oszacowano, że w całkowitej zawartości związków fenolowych w liściach dominują flawan-3-ole (katechiny, epikatechiny, procyanidyna C1), kolejną zidentyfikowaną grupą są fawonole, takie jak kwercetyna czy kemferol oraz znaczące zawartości kwasu chlorogenowego i neochlorogenowego (Cesoniene i in. 2022). Autorzy testowali 12 odmian, których ilościowy i jakościowy silnie zależał od odmiany np. florydzyne (dihydrochalkon) oznaczono tylko w jednej odmianie a kwas kawowy jedynie w dwóch. Wysoka zawartość związków fenolowych, które charakteryzują się silną aktywnością

biologiczną, wpływa istotnie na całkowitą aktywność antyoksydacyjną (Cyboran i in. 2014, Teleszko i in. 2015).

Biorąc pod uwagę wysoką zawartość związków biologicznie czynnych w liściach *Actinidia arguta*, rozważa się je jako potencjalnie wartościowy dodatek do żywności a także jako źródło cennych składników w kosmetyce. Liście, które zazwyczaj w uprawie nie są przetwarzane, mogą być częściowo wykorzystane jako źródło związków biologicznie aktywnych w przemyśle, farmacji czy medycynie (Almeida i in. 2018, Silva i in. 2021). Pomimo obiecujących wyników badań nad składem chemicznym liści aktinidii ostrolistnej, wyzwaniem dla przemysłu może być duża zmienność stężenia metabolitów roślinnych ze względu na szereg czynników klimatycznych, uprawowych, czy wreszcie sam moment zbioru, które wpływają na ich poziom (Stefaniak i Łata 2021, Kowalska i in. 2023). Związki bioaktywne w czasie rozwoju roślin zmieniają się jakościowo i ilościowo, w zależności od organu (Stefaniak i Łata 2021, Tan i in. 2021). W badaniu przeprowadzonym na roślinach aktinidii ostrolistnej odmiany 'Changjiang No. 1' oznaczono całkowitą zawartość flawonoidów w młodych liściach wierzchołkowych, w liściach w trakcie wzrostu, w dojrzałych liściach jak i ogonkach liściowych (Tan i in. 2021). Najwyższą zawartość flawonoidów oznaczono w młodych liściach wierzchołkowych. Stężenie flawonoidów sukcesywnie zmniejszało się wraz z rozwojem liści, najniższy poziom odnotowano w liściach dojrzałych. Zawartość flawonoidów w młodych liściach była prawie dwukrotnie wyższa niż w liściach w pełni rozwiniętych (Tan i in. 2021). Najwyższa zawartość kwasów fenolowych w liściach roślin męskich została odnotowana po okresie zapylenia. Liście roślin żeńskich nawet po zbiorze owoców zachowują wysoką zawartość związków fenolowych i nadal mogą być wykorzystane jako surowiec (Kowalska i in. 2023). Zawartość flawonoidów w liściach była wyższa niż w owocach niezależnie od fazy rozwoju (Khromykh i in. 2022, Tan i in. 2021). Wyniki dotyczące metabolizmu i dystrybucji flawonoidów potwierdziła analiza molekularna, która dotyczyła ekspresji genów odpowiedzialnych za syntezę flawonoidów w czasie rozwoju liści *A. arguta* (Tan i in. 2021). Zawartość związków fenolowych w liściach w pełni rozwiniętych może zależeć od fazy rozwojowej rośliny. Trzy-krotnie wykonany pomiar, co 6 tygodni począwszy od końca maja wykazał, że całkowita zawartość związków fenolowych sukcesywnie wzrastała, natomiast wielkość zmian zależała od odmiany (Stefaniak i Łata 2021). Biorąc pod uwagę, że zarówno owoce jak i liście są przedmiotem zainteresowania jako źródło związków biologicznie aktywnych to istotnym

determinantem, który należy brać pod uwagę jest termin ich zbioru. Zmianom ulega także zawartość witaminy C - całkowita zawartość kwasu askorbinowego w pełni wykształconych liściach spada istotnie od początku wegetacji do czasu zbioru owoców (Stefaniak i Łata 2021).

Zarówno wysokość stężenia związków biologicznie aktywnych w poszczególnych organach jak i ich zmiany związków czasie ontogenezy, bezpośrednio wpływają na całkowity potencjał antyoksydacyjny. Istnieje wiele metod pomiaru całkowitego potencjału antyoksydacyjnego ekstraktów z liści czy owoców, który jest tym większy im bogatszy w składniki jest materiał biologiczny. Są one odzwierciedleniem zdolności fitozwiązków do dezaktywacji szkodliwych rodników. Pojemność antyoksydacyjna liści aktinidii ostrolistnej w czasie wegetacji zmieniała się nieznacznie (test DPPH) bądź rośnie (test ABTS, FRAP). Wysokie zawartości związków bioaktywnych w liściach wpływają na ich potencjał antyoksydacyjny, który jest 2,5 krotnie wyższy w porównaniu ze skórą owoców, gdzie zwykle występuje ich wysoka koncentracja (Khromykh i in. 2022). W trakcie rozwoju liści wielkość zmian w potencjale antyoksydacyjnym jest mniejsza niż dla indywidualnych związków. Wynika to z budowy, funkcji i wrażliwości różnych związków na czynniki zewnętrzne czy wewnętrzne i powodowane tymi czynnikami wielkości zmian. Dużym fluktuacjom ulega m. in. zawartość kwasu askorbinowego, a mniejszym stężenie związków fenolowych, co potem sumarycznie przekłada się na całkowitą wydolność antyoksydacyjną (Nie i in. 2020, Stefaniak i Łata 2021).

3.2.2 Profil jakościowy i ilościowy związków biologicznie aktywnych w owocach mini kiwi i ich zmiany w czasie dojrzewania owoców

Owoce mini kiwi charakteryzuje wysoka zawartość związków fenolowych, karotenoidów, witamin i związków tiolowych, co z kolei wpływa na wysoką aktywność antyoksydacyjną (Jin i in. 2014, Latocha i in. 2015, Stefaniak i in. 2020). Skórka, podobnie jak w przypadku innych owoców, jest bogatsza w antyoksydanty niż miąższ, a możliwość spożywania całego owocu bez konieczności obierania (jak w przypadku np. kiwi) sprawia, że podczas jedzenia mini kiwi dostarczamy do organizmu więcej związków prozdrowotnych (Latocha i in. 2015, Khromykh i in. 2022). Jadalna skórka, owoc rozmiarem przypominający winogrono oraz słodki smak to cechy wpływające korzystnie na odbiór mini kiwi przez konsumentów (Giuggioli i in. 2021). Dodatkowo, w porównaniu do popularnego owocu kiwi, aktinidia ostrolistna zawiera więcej

poszczególnych związków prozdrowotnych (Nishiyama 2007, Drummond 2013, Latocha i in. 2015). Wysoka zawartość związków prozdrowotnych plasuje owoce mini kiwi na liście tzw. super owoców - 'superfood' (Ferguson i Ferguson 2003, Baranowska-Wójcik i Sz wajgier 2019, Latocha i in. 2023).

Na opisywany przez konsumentów jako kwaskowaty smak mini kiwi wpływa zawartość kwasów organicznych. Głównymi kwasami organicznymi występującymi w owocach aktinidii ostroli stnej są: kwas cytrynowy, chinowy, jabłkowy, szikimowy, bursztynowy i szczawiowy. Kwasy cytrynowy, chinowy i jabłkowy zostały oznaczone jako najczęściej występujące w rodzaju *Actinidia*. W owocach *A. arguta* zawartość kwasów organicznych ogółem była niższa niż w owocach *A. deliciosa* i *A. chinensis* z wyjątkiem odmiany 'Issai' (Nishiyama i in. 2008). W badaniach przeprowadzonych przez zespół Wojdyło i in. (2017) oszacowano całkowitą zawartość kwasów organicznych w których, w zależności od odmiany najwyższą zawartość spośród oznaczonych kwasów odnotowano dla kwasu cytrynowego i chinowego. Wysoka zawartość kwasu cytrynowego i chinowego utrzymuje się w wyprodukowanych z mini kiwi winach (Wen i in. 2023).

Owoce aktinidii ostroli stnej są bogatym źródłem witamin A, E i C czy witaminy z grupy B (Jin i in. 2014, Wang i in. 2018). Na szczególną uwagę zasługuje wysokie stężenie witaminy C. Dzielne zapotrzebowanie dorosłego mężczyzny na witaminę C wynosi 90 mg a dla kobiety 75 mg. Spożycie 5-6 średniej wielkości owoców mini kiwi pokrywa dziennie zapotrzebowanie dla witaminy C. Zawartość witaminy C w mini kiwi w zależności od odmiany kształtowała się w granicach 37,3 – 184,6 mg 100 g⁻¹ ś.m. dla całego owocu (Nishiyama i in. 2004). W odmianach 'Weiki' i 'Bingo' średnia całkowita zawartość askorbinianu w 3-letnich badaniach odpowiednio 552 i 796 mg kg⁻¹ ś.m. (Latocha i in. 2023). Zaobserwowano także zależność między wielkością owocu, która jest warunkowana genetycznie, a zawartością witaminy C (Latocha 2007). Owoce o średniej masie 6,32 g (odmiana '74-49') zawierały ok. 17 mg witaminy C (w przeliczeniu na owoc) natomiast odmiana 'Jumbo' o dużych owocach, gdzie jeden owoc średnio ważył 10,74 g zawierały ok. 7 mg witaminy C (Latocha 2007). Porównanie zawartości askorbinianu w owocach mini kiwi (*A. arguta*) i powszechnie dostępnego kiwi (*A. deliciosa*) wypada na korzyść tego pierwszego. Pomimo dużego zróżnicowania w obrębie odmian aktinidii ostroli stnej co do zawartości witaminy C, średnia jej zawartość w owocach mini kiwi była od ok. 1,5- krotnie (Nishiyama i in.

2004) do ponad 3-krotnie większej w porównaniu z owocami kiwi (Leontowicz i in. 2016).

Poza witaminą C, owoce mini kiwi zawierają także witaminy z kompleksu grupy B (Nishiyama i in. 2008, Jin i in. 2014, Latocha 2017). W tradycyjnych koreańskich odmianach aktinidii ostrolistnej oznaczono zawartość witaminy B3 (niacyny) i B6 (pirydoksyny) odpowiednio na poziomie 0,5 – 1,5 mg 100 g⁻¹ oraz 1,1 – 1,9 mg 100 g⁻¹ śm. (Jin i in. 2014). Zawartość witaminy B8 (inozytolu) w zależności od odmiany wynosiła 0,575 – 0,982 mg 100 g⁻¹ śm. (Nishiyama i in. 2008). W porównaniu z owocami kiwi poziom mio-inozytolu w mini kiwi był od 4 do 6 razy wyższy.

W owocach mini kiwi oznaczono zawartości luteiny i β-karotenu z grupy karotenoidów oraz chlorofilu. W przypadku luteiny jej wysoka zawartość w mini kiwi wyróżnia te owoce na tle pozostałych owoców i warzyw (Becerra i in. 2020). W zależności od odmiany (testowano cztery: ‘Bingo’, ‘Anna’, ‘Genewa’ i ‘Weiki’) zawartość luteiny, na podstawie średniej z trzech lat badań wynosiła od 1,25 (‘Bingo’) do 2,69 (‘Geneva’) mg kg⁻¹ śm. (Latocha i in. 2023). W innym zespole badaczy, gdzie testowano pięć odmian *A. arguta*, zawartość luteiny w owocach była wyższa, gdyż wynosiła 0,746- 0,933 mg 100 g⁻¹ śm. Stwierdzono także, że zawartość luteiny w owocach mini kiwi była średnio 2-krotnie wyższe niż w odmianie kiwi ‘Hayward’ (Nishiyama i in. 2005). W tych samych badaniach zawartość β-karotenu mieściła się w przedziale 0,224 – 0,285 mg 100 g⁻¹ śm. i stężenia te były średnio 2,5-krotnie a nawet 3-krotnie wyższe niż w popularnej odmianie kiwi (Nishiyama i in. 2005). Średnia zawartość chlorofilu wahała się od 2,6 do 4,2 mg 100 g⁻¹ śm. a dominującą formą, podobnie jak w kiwi, był chlorofil *a* (Nishiyama i in. 2005, Latocha i in. 2023).

Kolejną grupę związków biologicznie aktywnych stanowią związki fenolowe, które należą do przeciwutleniaczy o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej. Związki fenolowe są bardzo dużą grupą o zróżnicowanej budowie i aktywności, od prostych kwasów fenolowych po złożone w budowie flawonoidy (Teleszko i in. 2015, Tan i in. 2021). Badanie porównawcze różnych gatunków aktinidii wykazało, że aktinidia ostrolistna znajdowała się w górnych granicach oznaczonego przedziału stężenia związków fenolowych i wyróżnia się wysokim stężeniem flawonoidów (Zuo i in. 2012). Mianowicie w owocach gatunków *A. chinensis* i *A. kolomikta* całkowita zawartość związków fenolowych kształtowała się na poziomie 116 i 430 mg w ekwiwalentach kwasu galusowego (GAE) na 100 g⁻¹ śm., zaś u *Actinidia arguta* było to 362 mg GAE 100 g⁻¹ śm. (Zuo i in. 2012). Wysokie całkowite zawartości związków fenolowych

oznaczyli także japońscy badacze, którzy analizowali 12 rodzimych odmian aktinidii ostrolistnej. Średnia zawartość w skórce owocu wynosiła $2,66 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ śm., a w miąższu $0,18 \text{ g GAE } 100 \text{ g}^{-1}$ śm. (Kim i in. 2009). W innych badaniach (Zuo i in. 2012) oznaczono zawartość flawonoidów, bardzo aktywnej biologicznie podgrupy polifenoli i ich stężenie wynosiło ok. 188 mg w ekwiwalentach katechiny (CE) 100 g^{-1} ś.m. u *A. arguta*, a u dwóch pozostałych gatunków (*A. chinensis* i *A. kolomikta*) było ono średnio 2,7-krotnie niższe. Z przeprowadzonego, metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej, rozdziału związków fenolowych w owocach mini kiwi wynikało, że 18 spośród 22 związków fenolowych należy do flawonoidów (Wojdyło i in. 2017). W grupie oznaczonych flawonoidów najliczniejszą podgrupę stanowiły flawonole oraz połączenia glikozydowe kwercetyny i kemferolu (Kim i in. 2009, Wojdyło i in. 2017). Suma związków fenolowych oznaczona w owocach 5 popularnych odmian aktinidii ostrolistnej wynosiła, w zależności od odmiany od 2443 do 6679 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ w przeliczeniu na suchą masę. Wśród badanych odmian najwyższą zawartością związków fenolowych wyróżniały się odmiany ‘Ananasnaja’ i ‘Isaii’ (Wojdyło i in. 2017).

Jak wykazuje powyższa analiza stężenie fitozwiązków kształtuje się w szerokich granicach, gdyż wiele czynników, zarówno endo- i egzogennych wpływa na ich syntezę w czasie ontogenezy a w efekcie na zawartość po zbiorze owoców. Początek dojrzewania owoców wiąże się ze zwiększoną syntezą kwasu askorbinowego, wraz z postępowaniem dojrzewania owoców i wzmożonym procesem oddychania jego stężenie spada (Nie i in. 2020). Całkowita zawartość związków fenolowych, w trzech gatunkach rodzaju *Actinidia* (*A. chinensis*, *A. deliciosa*, *A. eriantha*) pokrewnych dla aktinidii ostrolistnej, obniżała się wraz z dojrzewaniem owoców. W zależności od gatunku zawartość związków fenolowych obniżyła się od ok. 37 do 72% biorąc pod uwagę rozwój owoców od 30 dni po pełnym kwitnieniu do fazy owoców dojrzałych (Huang i in. 2020). Podobne zmiany całkowitej zawartości związków fenolowych oraz flawonoidów zaobserwowano dla dwóch odmian aktinidii ostrolistnej (Lin i in. 2022b). Skutkiem obniżenia zawartości związków fenolowych, w tym flawonoidów, w dojrzałych owocach była także niższa całkowita aktywność antyoksydacyjna, niezależnie od metod pomiaru (Lin i in. 2022b). Potencjał antyoksydacyjny maleje wraz z dojrzewaniem owoców. Owoce w pełni dojrzałe mają niższy potencjał antyoksydacyjny w porównaniu z wczesnymi fazami ich rozwoju (Nie i in. 2020). Zawartość związków biologicznie aktywnych jest cechą zmienną, także ze względu na ich rolę w reakcji na stresy (Gill i Tuteja 2010, Baxter i in. 2014). Poza czynnikiem

genetycznym, który silnie różnicuje gatunki czy odmiany, poziom fitozwiązków może zależeć od wielu czynników obecnych zarówno w czasie wzrostu roślin (sposobu uprawy, przebiegu pogody, nawożenia, dojrzałości, sposobu i terminu zbioru) jak i po zbiorze owoców (warunki przechowywania).

3.2.3 Czynniki wpływające na zawartość związków biologicznie aktywnych w owocach mini kiwi

Skład chemiczny owoców *A. arguta*, podobnie jak w przypadku innych gatunków, nie jest stabilny pod względem ilościowym (Latocha i in. 2021). Na stężenie poszczególnych związków występujących w owocach aktinidii ostrolistnej mają wpływ czynniki genetyczne i środowiskowe. Czynnikiem genetycznym silnie różnicującym zawartość poszczególnych fitozwiązków w obrębie gatunku jest odmiana z której pochodzą owoce. Liczba odmian w obrębie gatunku wpływa często na wielkość różnic w zawartości związków biologicznie aktywnych i jest to dobrze udokumentowane w opublikowanych badaniach (Nishiyama i in. 2004, Latocha i in. 2015, Wojdyło i in. 2017, Zhang i in. 2021, Latocha i in. 2023). W badaniach nad składem chemicznym owoców różnych odmian aktinidii ostrolistnej zawartość witaminy C była istotnie zróżnicowana. Różnice między odmianami wynosiły średnio do 200%, biorąc pod uwagę odmiany o największym i najmniejszym stężeniu tego fitozwiązku (Nishiyama i in. 2004, Bieniek 2012, Wojdyło i in. 2017, Latocha i in. 2023). Wśród 6 japońskich odmian aktinidii najwyższą zawartością kwasu askorbinowego charakteryzowała się odmiana 'Issai' zaś najniższą 'Hirano' (Nishiyama i in. 2004). Tę cechę odmiany 'Issai' potwierdził także zespół polskich badaczy. Odmiana 'Issai' uprawiana w Polsce wyróżniała się najwyższą zawartością witaminy C, zaś najniższą odmiana 'Jumbo' (Wojdyło i in. 2017). Wśród odmian najczęściej uprawianych w Europie odnotowano niewielkie różnice w zawartości kwasu askorbinowego. Mianowicie owoce odmian 'Geneva', 'Weiki', czy 'Ananasnaya' nie różniły się istotnie, jedynie odmiana 'Bingo' w porównaniu to tych odmian odznaczała się istotnie wyższym stężeniem askorbinianu (Latocha i in. 2023). W przypadku związków fenolowych odnotowane różnice były ponad 2-krotne między najwyższą a najniższą zawartością fenoli w całych owocach (Bieniek 2012, Wojdyło i in. 2017, Latocha i in. 2023). Natomiast analizując skórkę 12 odmian *A. arguta* różnice między odmianą 'Kocchi' i 'Nagano' o odpowiednio najwyższej i najniższej zawartości związków fenolowych w skórce, były 4-krotne. W przypadku zawartości związków fenolowych w miąższu ich stężenie było zbliżone

niezależnie od testowanej odmiany (Kim i in. 2009). Wśród odmian o najwyższej całkowitej zawartości związków fenolowych można wyróżnić odmiany takie jak: ‘Sientiabrskaja’, ‘Geneva’ i ‘Ananasnaya’ (Bieniek 2012, Wojdyło i in. 2017, Latocha i in. 2023). Wskaźnikiem różnicującym badane odmiany był także chlorofil a i b. Dwukrotnie wyższą zawartość chlorofilu a oznaczono w odmianie ‘Geneva’ i chlorofilu b w odmianie ‘Weiki’ w porównaniu do odmiany ‘Bingo’, która cechowała się najniższą sumaryczną zawartością chlorofilu spośród testowanych odmian (Latocha i in. 2023). Z kolei zawartość luteiny była bardziej zróżnicowana wśród europejskich odmian (Latocha i in. 2023) w porównaniu z odmianami japońskimi (Nishiyama i in. 2004). Odzwierciedleniem profilu ilościowego i jakościowego danego surowca jest całkowita pojemność antyoksydacyjna. Pojemność antyoksydacyjna wynika nie tylko z zawartości związków bioaktywnych, ale też ich rodzaj czy struktura decyduje o aktywności antyoksydacyjnej (Wojdyło i in. 2017, Latocha i in. 2023, Hu i in. 2024). Wielkość zróżnicowania potencjału antyoksydacyjnego zależy od liczby testowanych odmian jak i zastosowanej metody oznaczania całkowitej pojemności antyoksydacyjnej. Wojdyło i in. (2017) testując 7 odmian uzyskali dużo większe różnice w pojemności antyoksydacyjnej, w teście ABTS oznaczono 2-krotną różnicę między odmianą ‘Ananasnaja’ i ‘Ken’s Red’ oraz 10-krotną różnicę w teście FRAP dla odmian ‘Issai’ i ‘Jumbo’. Wykazano także, że nie powtarzały się odmiany, które charakteryzowały się ekstremalnie niskimi czy wysokimi wartościami w poszczególnych testach (Wojdyło i in. 2017). Odmienne wyniki uzyskano w 3-letnich badaniach dla 4 odmian, gdzie wykorzystano testy FRAP, ABTS i DPPH (Latocha i in. 2023). Niezależnie od testu różnice między odmianami były mniejsze (ok. 1,5 – 1,6-krotne) i bardziej jednoznaczne (‘Geneva’ charakteryzowała się największą a ‘Weiki’ najmniejszą pojemnością antyoksydacyjną). Zbliżone wyniki (różnice niespełna 2-krotne) przy ocenie zdecydowanie większej liczby odmian (12) i dwóch testów (DPPH i ABTS) uzyskano w badaniach koreańskich (Hu i in. 2024).

Czynnikiem silnie różnicującym zawartość związków biologicznie aktywnych w roślinach jest również rodzaj tkanki (Tan i in. 2021, Stefaniak i Łata 2021, Sawicka i in. 2023, Hu i in. 2024). Największym rezerwuarem fitozwiązków w całej roślinie są liście (Tan i in. 2020). W młodych liściach wierzchołkowych aktinidii ostrolistnej całkowita zawartość flawonoidów była 6,3-krotnie wyższa niż w owocach (Tan i in. 2021). Podobne wyniki poszerzone o analizę łodyg i korzeni uzyskano dla 12 odmian uprawianych w Korei (Hu i in. 2024). Najwyższą zawartość związków fenolowych

odnotowano w liściach a następnie łodygach i korzeniach (Hu i in. 2024). Autorzy w dyskusji podkreślili, że unikalny skład chemiczny, obecność terpenoidów, katechin, epikatechin, procyjanidyn, związków lotnych znanych jako silne zmiatacze wolnych rodników wpłynęły na wysoką aktywność antyoksydacyjną korzeni. Nie tylko zawartość fitozwiązków różni się mniej lub bardziej między organami, ale również ich dystrybucja zmienia się w zależności od części testowanego organu. Przeprowadzone badania wykazały, że największa koncentracja związków biologicznie czynnych występuje w skórce i cienkiej warstwie położonej tuż pod skórą (Kim i in. 2009, Sawicka i in. 2023). Wynika to z faktu, że ta część owocu stanowi barierę przed niekorzystnymi czynnikami środowiska zewnętrznego. Ta prawidłowość dotyczy też mini kiwi (Kim i in. 2009, Latocha i in. 2015). W przypadku całkowitej zawartości związków fenolowych w 6 chińskich i 12 japońskich odmianach aktinidii to skórka wyróżniała się znacznie wyższą zawartością w przypadku każdej z odmian (Kim i in. 2009, Zhang i in. 2021). Zawartość związków fenolowych w skórce aktinidii jest średnio 10-krotnie a nawet 15-krotnie wyższa niż w miąższu (Kim i in. 2009, Latocha i in. 2015). Różnice odnotowano również dla podgrup związków fenolowych, o ile w miąższu przeważały flawonole, kwasy fenolowe i katechiny o tyle w skórce struktura związków polifenolowych była polimerowa (Kim i in. 2009). Mimo, że procentowy udział skórki w całym owocu jest niewielki to całkowita zawartość związków fenolowych w skórce może stanowić od 47 do 69% tych związków. Mniejsze różnice między zawartością w skórce i miąższu wykazano w przypadku kwasu askorbinowego, gdzie skórka zawierała średnio 2 krotnie więcej tego antyoksydantu niż miąższ (Latocha i in. 2015). Większymi różnicami między skórą a miąższem w zawartości kwasu askorbinowego charakteryzowały się chińskie odmiany aktinidii ostrolistnej. W skórce owocu oznaczono średnio 6 razy więcej kwasu askorbinowego niż w miąższu (Zhang i in. 2021).

Genetycznie warunkowany profil ilościowy i jakościowy związków biologicznie aktywnych podlega presji w czasie wzrostu roślin. Podczas wegetacji wpływ na wzrost, rozwój roślin a w efekcie jakość plonu mają czynniki środowiskowe, takie jak: cechy środowiska glebowego, zabiegi agrotechniczne oraz coraz mniej przewidywalne warunki pogodowe (temperatura czy rozkład opadów). Czynniki te są związane z położeniem geograficznym a różnice występują nawet w granicach jednego kraju (Bieniek 2012, Stefaniak i Łata 2021, Latocha i in. 2023). Przykładem ilustrującym znaczenie czynników klimatycznych są trzyletnie badania prowadzone na czterech

najpopularniejszych w Europie odmianach aktinidii ostrolistnej (Latocha i in. 2023). Mianowicie, w latach gdzie przebieg pogody był charakterystyczny dla wielolecia zawartość badanych antyoksydantów była generalnie wyższa. W roku, w którym okres wegetacji charakteryzował się dużym zróżnicowaniem temperatury i rozkładem opadów w poszczególnych miesiącach, rosły różnice między poszczególnymi odmianami w zawartości związków biologicznie czynnych. Różnice w zawartości związków fenolowych między sezonami były większe w porównaniu do zawartości askorbinianu i wynosiły odpowiednio 100 i 25% (Latocha i in. 2023). W badaniach, w których poza czynnikiem odmianowym uwzględniono zmienność wynikającą z przebiegu pogody (ocenie poddano owoce z trzech sezonów wegetacji) całkowita zawartość związków fenolowych wynosiła od 491 (2018) do 1029-1156 mg kg⁻¹ ś. m. (2015-2016), różnice w sezonach odnotowano także dla askorbinianu, którego zawartość podobnie jak związki fenolowe była niższa w roku 2018 (Latocha i in. 2023).

Do czynników agronomicznych mających wpływ na jakość owoców można zaliczyć nawożenie, zabiegi uprawowe czy dojrzałość owocu podczas zbioru (Rajashekar i in. 2009, Treutter 2010, Stefaniak i in. 2020). Azot jest makroskładnikiem, który może wpływać na zawartość przeciwutleniaczy, co wykazano zarówno dla owoców jak i liści aktinidii ostrolistnej (Stefaniak i in. 2020, Stefaniak i Łata 2021). Wyższa zasobność gleby w azot prowadziła do wzrostu zawartości karotenoidów i luteiny w owocach oraz powodowała zmniejszenie stężenia askorbinianu i zawartości związków fenolowych (Stefaniak i in. 2020). Podobną zależność opisano dla liści w przypadku związków fenolowych i kwasu L-askorbinowego (Stefaniak i Łata 2021). Kolejnym kluczowym parametrem wpływającym na zawartość fitozwiązków jest dojrzałość owoców podczas zbioru. Odpowiedni termin zbioru daje możliwość zachowania jak najlepszej jakości wewnętrznej owoców (Han i in. 2019). Przechowywanie owoców wpływa istotnie na zawartość związków prozdrowotnych, przy czym jest to proces złożony, bo wiele czynników ma tu znaczenie m.in. czas (długość) przechowywania, warunki, rodzaj opakowań, sposób przygotowania owoców do przechowywania czy wreszcie rodzaj związku oraz czynnik odmianowy (Krupa i in. 2011, Szpadzik i in. 2021, Krupa i in. 2022, Łata i in. 2025).

3.3 Związki antyodżywcze

Związki antyodżywcze to składniki które zmniejszają wykorzystanie składników odżywczych lub mają negatywny wpływ na zdrowie człowieka (Hodgkinson 1977, Holmes 2001). Rośliny syntetyzują te substancje aby się chronić i zapobiegać ich zjedzeniu, czy żerowaniu szkodników. Spożywanie produktów bogatych w szczawiany przy mało zróżnicowanej diecie może prowadzić do nagromadzenia szkodliwych związków a w efekcie do negatywnych konsekwencji zdrowotnych. Rośliny produkujące nasiona o wysokiej zawartości węglowodanów, tłuszczy i białka często gromadzą silne związki antyodżywcze (Thakur i in. 2019). Wśród związków antyodżywczych znajdują się m. in. sole kwasu szczawowego. Kwas szczawowy jest mocnym di-karboksylovym kwasem organicznym, który tworząc nierozpuszczalne sole z metalami dwu- i trójwartościowymi, przyczynia się do zmniejszenia ich przyswajania z pożywienia. Fizjologiczne pH jest środowiskiem w którym kwas szczawowy tworzy sole rozpuszczalne z 1-wartościowymi kationami o charakterze zasadowym (Na^+ , K^+ , NH_4^+) oraz sole nierozpuszczalne z wapniem (Ca^{2+}), magnezem (Mg^{2+}) i żelazem (Fe^{2+}) (Savage i in. 2000). Spośród nierozpuszczalnych soli to właśnie szczawiany wapnia, nadają kwasowi szczawowemu negatywne, kliniczne znaczenie u człowieka. Szczawiany wapnia w ok. 75% są odpowiedzialne za powstawanie kamieni nerkowych (Williams i Wandzilak, 1989). Szacuje się, że od 24% do 53% szczawianów w moczu pochodzi z pożywienia. Dlatego oznaczanie zawartości szczawianów w różnych produktach jest niezbędne aby unikać ich nadmiaru w diecie, zwłaszcza w przypadku schorzeń nefrologicznych (Holmes i in. 2001). Z kolei rozpuszczalne szczawiany tworzą w jelitach kompleksy z jonami metali dwu- i trójwartościowymi zmniejszając ich wchłanianie (Kelsay i Prather 1983). Produkty, które mają największą zawartość szczawianów to szpinak, rabarbar, burak czerwony, kakao, czarna herbata, migdały, orzechy nerkowca, orzechy laskowe, orzechy ziemne, pszenica i soja (Massey 2007). Ilość szczawianów wapnia, nawet w produktach roślinnych o wysokiej zawartości można zmniejszyć przez obróbkę termiczną oraz dodanie innych składników odżywczych bogatych w wapń, które neutralizują silne działanie kwasu szczawowego (Tuazon-Narrea i Savage 2013, Savage i Klunklin 2018).

3.3.1 Rola kwasu szczawiowego u roślin

Kwas szczawiowy oraz jego pochodne czyli szczawiany, występują we wszystkich częściach roślin: liściach, korzeniach, łodygach, owocach i nasionach. Najwyższe zawartości szczawianów zanotowano w liściach a najniższe w korzeniach roślin (Kong i in. 2024). Istnieje wiele potencjalnych szlaków biosyntezy kwasu szczawiowego u roślin obejmujących rozkład izocytrynianu, hydrolizę szczawiooctanu, utlenienie glikolanu/glioksylanu oraz oksydacyjne rozszczepienie kwasu askorbinowego (Hodgkinson 1977). Substratami do biosyntezy kwasu szczawiowego są kwas askorbinowy, tryptofan, hydroksyprolina, seryna i etyloamina. Wśród funkcji jakie pełnią związki kwasu szczawiowego w roślinach możemy wymienić funkcje regulacyjne i zapasowe dotyczące obecności jonów w komórkach, w tym zawartości wapnia oraz źródło tego pierwiastka dla roślin, ochrona przed insektami i zwierzętami oraz detoksykacja szkodliwych dla roślin metali ciężkich (Prasad i Shivay 2020). Szczególnie istotna dla roślin jest regulacja gospodarki wapniowej. Wapń jest makroskładnikiem niezbędnym do wzrostu i rozwoju roślin, determinuje jakość owoców i warzyw oraz ich potencjał przechowalniczy.

Kryształy szczawianów różnią się nie tylko budową ale także składem chemicznym (Franceschi i Horner 1980, Motyleva i in. 2022). nierozpuszczalne szczawiany tworzą kryształy sklasyfikowane w pięciu grupach: piasek, rafidy, druzy, styloidy i pryzmaty. Rodzaj kryształu a co za tym idzie jego kształt determinuje jego funkcje dla roślin. Różne formy kryształów szczawianów wapnia w aktinidii obserwuje się w zależności od miejsca ich występowania. Inną budowę mają kryształy pełniące funkcję magazynu wapnia a inną kryształy występujące w liściach, które pełnią funkcje ochronne. Badacze dowiedli, że ilość druz zmienia się dynamicznie w zależności od wahań poziomu wapnia. Równowaga w zawartości wapnia jest istotna dla roślin gdyż nadmierna produkcja kryształów wapnia w korzeniach ogranicza przepływ składników odżywczych, poprzez zwiększenie ich fizycznej objętości (Kong i in. 2024). Wzrost poziomu wapnia jest skorelowany z większą ilością i wielkością druz. W przypadku niedoborów wapnia w środowisku liczba kryształów zmniejsza się uwalniając tym samym wapń niezbędny dla wzrostu roślin (Calmes i Piquemal 1977, Tilton i Horner 1980). Rafidy w liściach aktinidii są zlokalizowane blisko lub wewnątrz wiązek naczyniowych. Rafidy, które mają kształt igieł oprócz funkcji regulacyjnej chronią również roślinę przed insektami i zwierzętami. Ostre igielki występujące w strukturach

komórkowych doprowadzają do podrażnień skóry i jamy ustnej, odstrasżając owady próbujące zjeść roślinę (Ruiz i in. 2002, Motyleva i in. 2022).

3.3.2 Szczawiany w aktinidii

Owoce o niskich zawartościach szczawianów to melony, gruszki, jabłka i truskawki. Owoce o wyższej zawartości szczawianów to agrest, malina i czerwona porzeczka. Owoce aktinidii wyróżniają się wysoką zawartością szczawianów na tle badanych pod tym kątem owoców (Honow i Hesse 2002). Całkowita zawartość szczawianów w owocach mini kiwi wyniosła średnio $42,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$, podobne zawartości oznaczono jedynie w czarnej malinie oraz agreście (Honow i Hesse 2002). Porównując te wyniki do zawartości szczawianów w rabarbarze gdzie spożywane są ogonki liściowe zawartość w owocach mini kiwi wydaje się być niewielka. Zawartość szczawianów oznaczona w rabarbarze wynosiła $640 \text{ mg } 100\text{g}^{-1} \text{ ś.m.}$ (Nguyen i Savage 2013a). Stężenie szczawianów zmienia się wraz z dojrzałością owocu, największe występuje w owocach niedojrzałych. Fakt ten jest tłumaczony tym, że roślina wykorzystuje szczawiany by chronić młode owoce przed czynnikami biotycznymi. Wraz ze wzrostem dojrzałości owoców i dojrzewaniem w nich nasion, zawartość szczawianów spada aby umożliwić rozsiewanie nasion przez zjadające je zwierzęta (Rassam i in. 2007). Znacznie wyższe zawartości szczawianów występują w liściach niż w owocach aktinidii. Obserwowane są niewielkie zmiany w zawartościach szczawianów w zależności od stadium rozwoju liścia (Rassam i in. 2006). Wśród gatunków reprezentowanych przez rodzaj aktinidia, owoce *Actinidia arguta* wyróżniały się na tle innych gatunków wysoką zawartością rafidów, podobne wyniki uzyskano dla owoców *Actinidia latifolia*, *Actinidia rufa*, *Actinidia chinensis*, *Actinidia arguta* var. *purpurea* (Rassam i in. 2007). W obrębie dojrzałych owoców najwyższe zawartości szczawianów występują w nasionach, następnie w skórce i miąższu. Ilość nasion w owocach poszczególnych gatunków może więc determinować zawartość szczawianów (Nguyen i Savage 2013b). Kryształy szczawianów wapnia są zlokalizowane w wewnętrznym obszarze owocni, w tkankach przylegających do nasion. Wyższe zawartości nierozpuszczalnych szczawianów tworzących kryształy znajdują się w skórce owocu, w miąższu przeważają szczawiany tworzące rozpuszczalne sole (Rassam i Laing 2005).

3.3.3 Metody oznaczania zawartości szczawianów w żywności, materiale biologicznym

Kryształy szczawianów wapnia, występujące w tkankach roślin są monitorowane z zastosowaniem mikroskopii elektronowej (Munuswamy i in. 2016, Seker i in. 2016). Prostymi metodami oznaczania szczawianów jest metoda kolorymetryczna oraz chromatografia gazowa (Massey 2007). Precyzyjne oznaczenie ilościowe zawartości szczawianów w materiale biologicznym najczęściej jest przeprowadzane za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z kolumną jonowymienną (Honow i Hesse 2002, Tuazon-Narrea i Savage 2013, Nguyen i Savage 2013a). Pomimo swojej wysokiej użyteczności i dokładności jest to metoda bardzo kosztowna. Analizując materiał biologiczny, roślinny, chcąc jedynie oszacować ilość związków można użyć metod prostszych i tańszych, zwłaszcza w sytuacji gdy analizie chcemy poddać dużą liczbę próbek. Za taką można uznać metodę spektrofotometryczną do oznaczania całkowitej zawartości szczawianów (Naik i in. 2014, Mishra i in. 2017). Metoda jest rekomendowana przez badaczy jako prosta, czuła, dokładna oraz wymagająca niewielkiej ilości odczynników chemicznych. Czas procedury także jest krótki, dzięki czemu można przeanalizować większą ilość próbek (Naik i in. 2014, Mishra i in. 2017). Niezależnie od stosowanej metody kluczowym etapem oznaczenia laboratoryjnego jest etap ekstrakcji związków. Przez wzgląd na budowę kwasu szczawowego i związków które tworzy, spośród szczawianów można oznaczyć szczawiany rozpuszczalne w wodzie oraz szczawiany ogółem. Szczawiany rozpuszczalne ekstrahowane są w wodzie (Nguyen i Savage 2013b). Szczawiany ogółem, czyli te rozpuszczalne w wodzie oraz tworzące związki w niej nierozpuszczalne ekstrahowane są w kwasie solnym (Rassam i in. 2007).

4. Cel, zakres pracy i hipotezy badawcze

Celem pracy doktorskiej jest ocena całkowitej zawartości askorbinianu, szczawianów i związków fenolowych w owocach 38 odmian aktinidii ostrolistnej *Actinidia arguta* Miq. z podziałem na skórkę i miąższ. Przeprowadzono także ocenę askorbinianu i szczawianów w liściach aktinidii ostrolistnej, która obejmowała 38 odmian żeńskich i 6 odmian męskich. Ponadto wytypowano 2 odmiany w celu prześledzenia zmian zawartości kwasu askorbinowego i szczawianów w różnych fazach rozwojowych liści i owoców. Badania przeprowadzono w dwóch sezonach wegetacyjnych, 2018 i 2020. Celem towarzyszącym była ocena morfologii owoców 38 odmian aktinidii ostrolistnej, oznaczenie masy owoców i prześledzenie pory dojrzewania owoców dla poszczególnych odmian. Dotychczas nie opublikowano badań dotyczących tak licznej reprezentacji odmian aktinidii ostrolistnej w której materiał roślinny pochodziłby z tych samych warunków glebowo-klimatycznych.

Hipotezy badawcze

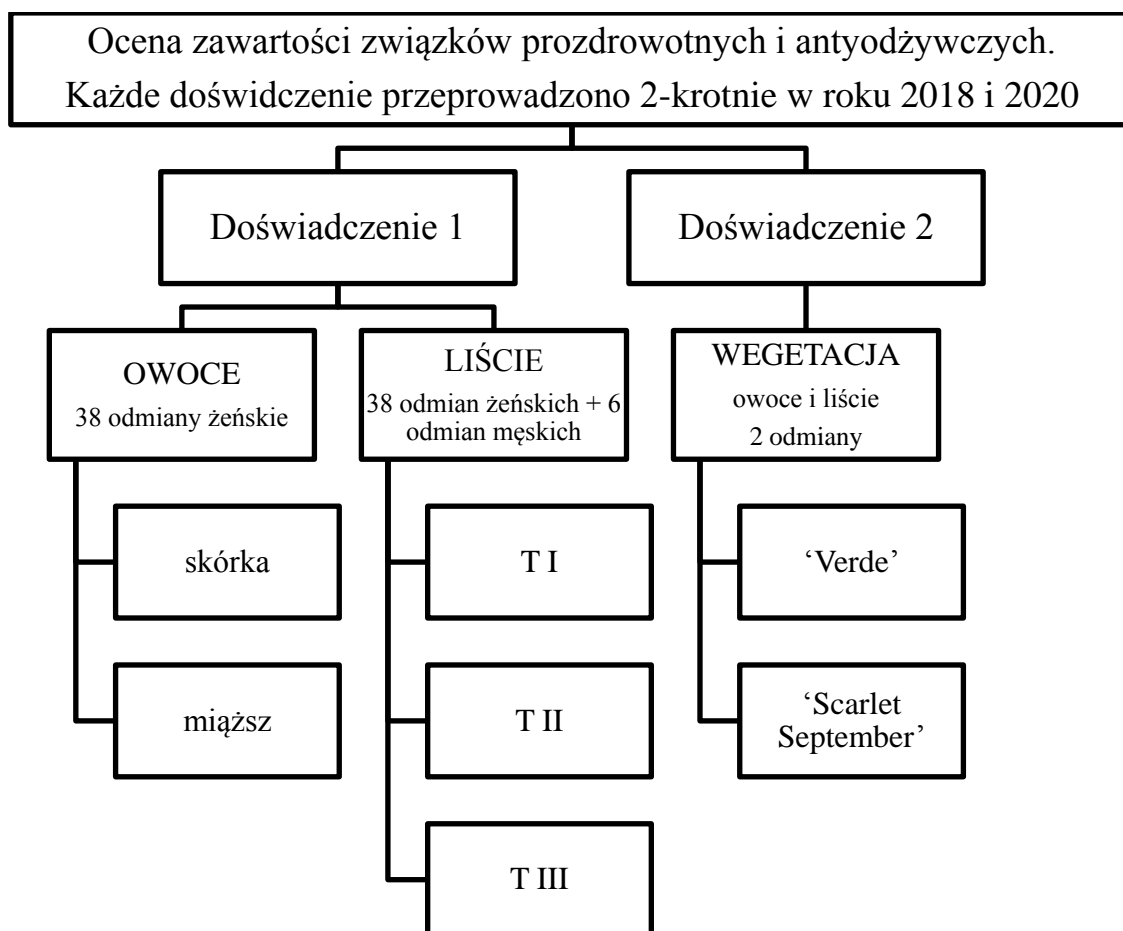
- Istnieje zależność między zawartością szczawianów w liściach i owocach (co może umożliwić wstępną selekcję odmian przed owocowaniem).
- Występuje zależność między poziomem askorbinianu a zawartością szczawianów w materiale roślinnym.
- Skórka owocu zawiera wyższe stężenia szczawianów i askorbinianu, a poziomy w skórcie korelują z zawartością w miąższu.

5. Materiały i metodyka badań

5.1 Materiał do badań

Badania obejmowały dwa doświadczenia i dotyczyły gatunku aktinidii ostrolistnej *Actinidia arguta* Miq. Pierwsze doświadczenie obejmowało analizę owoców oraz liści aktinidii ostrolistnej. Analizie poddano 38 odmian żeńskich oraz 6 odmian męskich aktinidii. Analiza owoców 38 odmian żeńskich dotyczyła zróżnicowania całkowitej zawartości kwasu askorbinowego, szczawianów i całkowitej zawartości związków fenolowych. W analizie liści 44 odmian aktinidii oceniono pod względem całkowitej zawartości askorbinianu i szczawianów. W drugim doświadczeniu prześledzono zmiany zawartości askorbinianu i szczawianów w owocach i liściach dwóch odmian aktinidii ostrolistnej w różnych fazach wzrostu i rozwoju roślin. Zakres przeprowadzonych badań zilustrowano na diagramie 1.

Diagram 1 Zakres przeprowadzonych prac badawczych



* T I - początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III – liście pobrane wraz ze zbiorem dojrzałych owoców

Materiał badawczy pierwszego doświadczenia stanowiły dojrzałe owoce oraz w pełni rozwinięte liście *A. arguta*. Analizie poddano owoce 38 odmian żeńskich (Tabela 1). W wybranym zestawieniu znalazły się odmiany zalecane i chętnie wybierane do uprawy towarowej jak ‘Geneva’, ‘Weiki’ czy ‘Ananasnaya’, odmiany o dużych owocach takich jak ‘Jumbo’, ‘Michigan State’ (MSU), ‘Abuntance Green’ lub ‘Huan You’, odmiany o czerwonym miąższu i skórce czyli ‘Hardy Red’, ‘Juwilejna’ ‘Purpurnaja Sadowaja’ ‘Scarlet September Kiwi^{PBR}’, ‘Twist’, a także odmiany wyhodowane w Polsce: ‘Bingo’, ‘Warszawa’, ‘Domino’ i ‘Scarlet September’. Zróżnicowany materiał genetyczny daje możliwość oceny odmian typowanych do krzyżowań w selekcji i hodowli nowych odmian. W przypadku owoców testowanych w pierwszym doświadczeniu materiał stanowiły w pełni dojrzałe owoce zebrane z dwóch różnych pnączy w trzech powtórzeniach, każde po 10 owoców. Do analiz pobrano oddzielnie miąższ i skórkę wraz z cienką warstwą miąższu. Zważono zarówno całe owoce jak i ich skórkę, na podstawie uzyskanych wyników obliczono średnią masę owocu dla każdej odmiany. Liście zebrano z 44 odmian aktinidii ostrolistnej – 38 odmian żeńskich i 6 odmian męskich (Tabela 1). Rośliny męskie pełnią rolę zapylaczy i nie wytwarzają owoców. Zbiór liści wykonano w trzech terminach – T I, T II, T III. T I wyznaczono na początek kwitnienia, T II gdy liście były w pełni rozwinięte a T III przeprowadzono wraz ze zbiorem dojrzałych owoców, indywidualnie dla każdej odmiany. Liście odmian męskich w ostatnim terminie T III w obu sezonach zebrano na początku września. W każdym terminie pobrano po 10 liści z pnącza danej odmiany. Liście zbierano ze środkowej części pędów owocujących. Owoce i liście aktinidii ostrolistnej zebrano ręcznie. Charakteryzowały się wyrównaną wielkością, brakiem uszkodzeń oraz typowym dla danej odmiany wybarwieniem. Na zebranych owocach i liściach nie stwierdzono objawów chorób lub żerowania szkodników. Pobrane próbki materiału roślinnego zhomogenizowano w ciepłym azocie i umieszczono w krioprobówkach. Następnie, do czasu kolejnych analiz, tak przygotowany materiał przechowywano w temperaturze -80°C. Próbkę materiału roślinnego pobrano w dwóch sezonach wegetacyjnych tj. roku 2018 i 2020.

Materiał do badań pochodził z kolekcji odmian aktinidii ostrolistnej prof. dr hab. Piotra Latochy znajdującej się na terenie kampusu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (52°10'51.6"N, 21°00'50.6"E). W zależności od potrzeb prowadzono standardowe zabiegi agrotechniczne jak odchwaszczanie, cięcie, nawadnianie i wiosenne nawożenie dla całej kolekcji.

Tabela 1 Żeńskie i męskie odmiany aktinidii ostrolistnej stanowiące materiał badawczy pierwszego doświadczenia

Żeńskie odmiany aktinidii	Męskie odmiany aktinidii	
'74-49'	'Kijewskaja Krupnopłodnaja'	'F7'
'74-8'	'Lucy'	'Haya Kume'
'Abuntance Green'	'Melanandra Gelin'	'Joker'
'Ananasnaya' ('Anna')	'Miss Green'	'Nostino'
'Aomovi'	'Michigan State' ('MSU')	'Rubi'
'Beauty Rike'	'National Arboretum 7'	'Weiki'
'Bingo'	'Oryginalnaja'	
'Domino'	'Purpurnaja Sadowaja'	
'Favorit'	'Red Beauty' ('Maki')	
'Frenchman's Bay'	'Red1'	
'Geneva'	'Rima'	
'Hardy Red'	'Scarlet September Kiwi ^{PBR} '	
'HO_4'	'Sientiabrskaja'	
'Hoenigbeere'	'Tanny'	
'Hokkaido'	'Twist'	
'Huan You'	'Verde'	
'Julia'	'Verona'	
'Jumbo' ('Ambrosia')	'Warszawa'	
'Juwilejna'	'Weiki' ('Bayern Kiwi')	

Drugie doświadczenie dotyczyło zmian fitozwiązków w trakcie wegetacji roślin. Materiał stanowiły liście oraz owoce dwóch odmian aktinidii ostrolistnej: 'Verde' i 'Scarlet September'. Wytypowano dwie odmiany różniące się wybarwieniem owoców tj. odmianę 'Verde' o zielonych owocach oraz odmianę 'Scarlet September' o czerwonych owocach (Fot. 1). W każdym z terminów owoce lub ich zawiązki zebrano z dwóch pnączy, w każdym powtórzeniu znajdowało się 10 sztuk owoców. Liście zebrano także z dwóch pnączy, ze środkowej części pędów owocujących, po 10 liści w każdym powtórzeniu. Zbiór rozpoczęto w momencie pojawienia się zawiązków i kontynuowano co dwa tygodnie w trakcie wegetacji (Tabela 2, Fot. 1-2). Materiał do badań pochodził z kolekcji odmian aktinidii ostrolistnej prof. Piotra Latochy znajdującej się na terenie kampusu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie przy ulicy Nowoursynowskiej 166. Owoce i liście aktinidii ostrolistnej zebrano ręcznie. Charakteryzowały się wyrównaną wielkością, brakiem uszkodzeń oraz typowym dla danej odmiany wybarwieniem. Na zebranych owocach i liściach nie stwierdzono objawów chorób lub żerowania szkodników. Pobrane próbki materiału roślinnego zhomogenizowano w ciekłym azocie i umieszczono w krioprobówkach. Następnie do czasu kolejnych analiz przechowywano próbki w temperaturze -80°C. Próbki do badań pobrano w dwóch sezonach wegetacyjnych tj. roku 2018 i 2020.

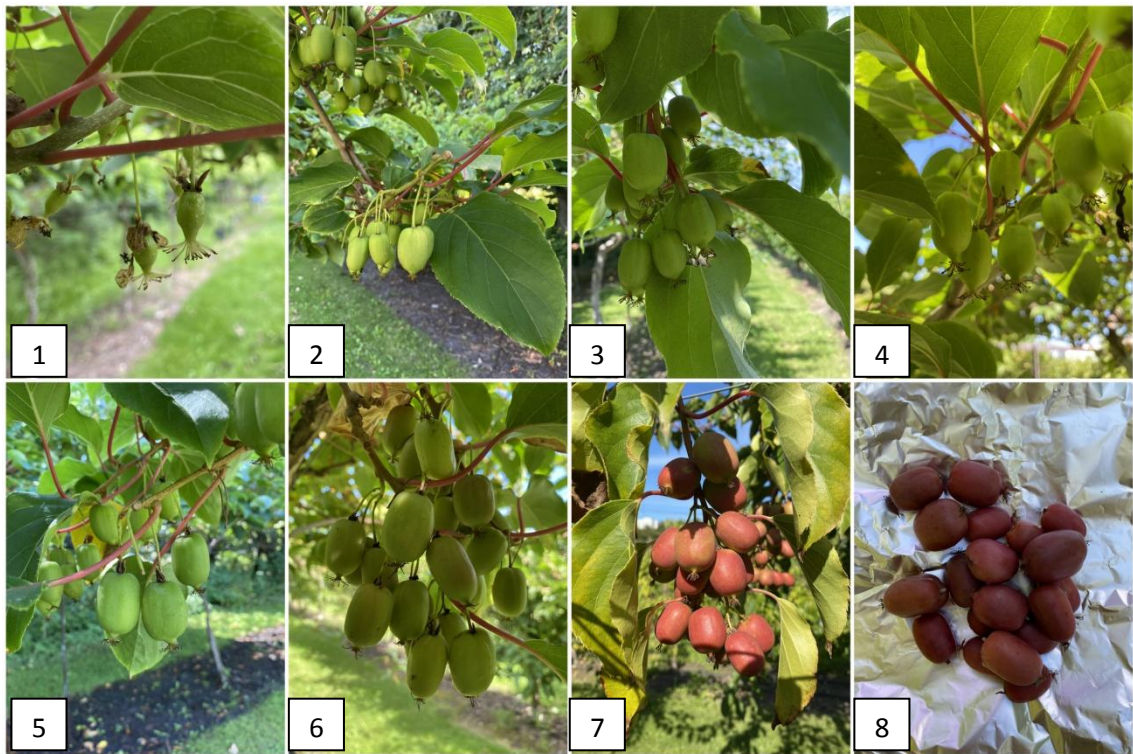


Fotografia 1 Owoce i liście odmiany 'Verde' i 'Scarlet September'. Źródło: wykonanie własne.

Tabela 2 Terminy zbioru liści i owoców odmiany 'Verde' i 'Scarlet September'

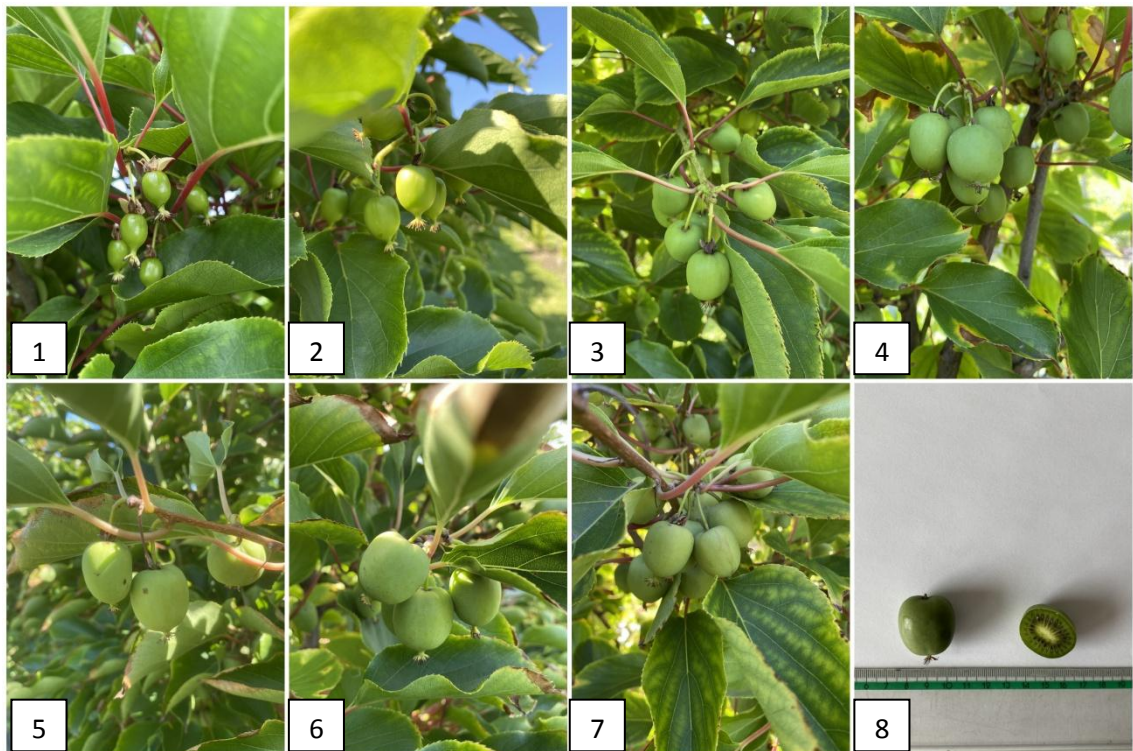
Terminy zbioru w sezonie 2018			
Termin	Data	Odmiana	
T 1	05.06.18	'Verde'	'Scarlet September'
T 2	19.06.18	'Verde'	'Scarlet September'
T 3	03.07.18	'Verde'	'Scarlet September'
T 4	18.07.18	'Verde'	'Scarlet September'
T 5	31.07.18	'Verde'	'Scarlet September'
T 6	28.08.18	'Verde'	'Scarlet September'
T 7	17.09.18	'Verde'	
T 8	02.10.18	'Verde'	
Terminy zbioru w sezonie 2020			
Termin	Data	Odmiana	
T 1	17.06.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 2	01.07.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 3	15.07.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 4	29.07.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 5	12.08.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 6	26.08.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 7	09.09.20	'Verde'	'Scarlet September'
T 8	23.09.20	'Verde'	
T 9	30.09.20	'Verde'	

Fotografia 2 Fazy rozwojowe owoców aktinidii ostrolistnej odmiany ‘Scarlet September’ w czasie pobierania prób do analiz: od fazy zawiązka (pozycja 1) do owoców dojrzałych (pozycja 8) w roku 2020.



Źródło: wykonanie własne.

Fotografia 3 Fazy rozwojowe owoców aktinidii ostrolistnej odmiany ‘Verde’ w czasie pobierania prób do analiz: od fazy zawiązka (pozycja 1) do owoców dojrzałych (pozycja 8)



Źródło: wykonanie własne.

5.2 Oznaczane wskaźniki i stosowane metody

Całkowita zawartość askorbinianu – sumaryczna zawartość kwasu L-askorbinowego (L-AA) i dehydroaskorbinowego (DHAA)

Ekstrakcję przeprowadzono z 50 mg naważki danej tkanki z zastosowaniem 1,5 ml 0,1 M HCl oraz PVP (polywinylopyrrolidone) odważanego w stosunku 2:1 (wagowo, PVP: naważka). Próbkę wirowano w temperaturze 4°C i obrotach 14 000 rpm (wirówka Hettich, Mikro 22R, Germany). Oznaczono całkowitą zawartość askorbinianu, którą stanowi forma zredukowana i utleniona. W tym celu formę zredukowaną (L-AA) przeprowadzono do utlenionej (DHAA), z wykorzystaniem oksydazy askorbinianowej. Proces inkubacji trwał 15 minut w łaźni wodnej w temp. 37°C (Łaźnia Julabo Shake Temp. SW 23). Następnie związek przeprowadzono we fluorescencyjne pochodne z zastosowaniem o-phenyldiamine (Łata i in., 2005). Związek oznaczono techniką wysokosprawnej chromatografii ciekowej (HPLC), aparatem Waters 474 119, skaningowy detektor fluorescencji (Waters Co., Milford, MA USA) przy użyciu kolumny X-Bridge (250 × 4.6 mm, 5 μm, Waters, USA). Fazę nośną stanowił bufor fosforanowy (800 mM KH₂PO₄) w 20% roztworze metanolu o pH 7,8. Do oznaczenia użyto detektor fluorescencyjny przy długości fali wzbudzenia i emisji λ=350/450 nm. Krzywa wzorcowa była podstawą do obliczenia całkowitego stężenia kwasu askorbinowego. Stężenie roztworu wyjściowego wynosiło 5 mg L-AA ml⁻¹ 0,1M HCl, rozcieńczenia wynosiły kolejno 0, 50, 100, 150, 200 i 250 μg L-AA na 1,5 ml roztworu ekstrakcyjnego.

Całkowita zawartość związków fenolowych

Oznaczanie całkowitej zawartości związków fenolowych przeprowadzono wykorzystując odczynnik Folina – Ciocalteu. Ekstrakcję przeprowadzono z 500 mg sproszkowanego materiału roślinnego z zastosowaniem 2,5 ml 70% etanolu (EtOH). Odważone próbki umieszczano w łaźni ultradźwiękowej przez 30 minut a następnie wirowano przez 10 minut przy obrotach 20 000 rpm,= i temperaturze 4°C (wirówka Sigma 3-30 KS, Germany). Powstały ekstrakt zlewano i ponownie dodawano do próbki 2,5 ml 70% etanolu. Po sonifikacji w łaźni ultradźwiękowej ekstrakty połączono i ponownie umieszczono w łaźni ultradźwiękowej na 15 minut (Escarpa i Gonzalez 1998). Zwirowane ekstrakty poddawano analizie w rozcieńczeniu 1:5 w przypadku skórki i liści oraz 1:1 w przypadku miąższu owoców. Odczynnik Folina w reakcji ze związkami fenolowymi tworzy barwny kompleks o kolorze niebieskim. Do zajścia

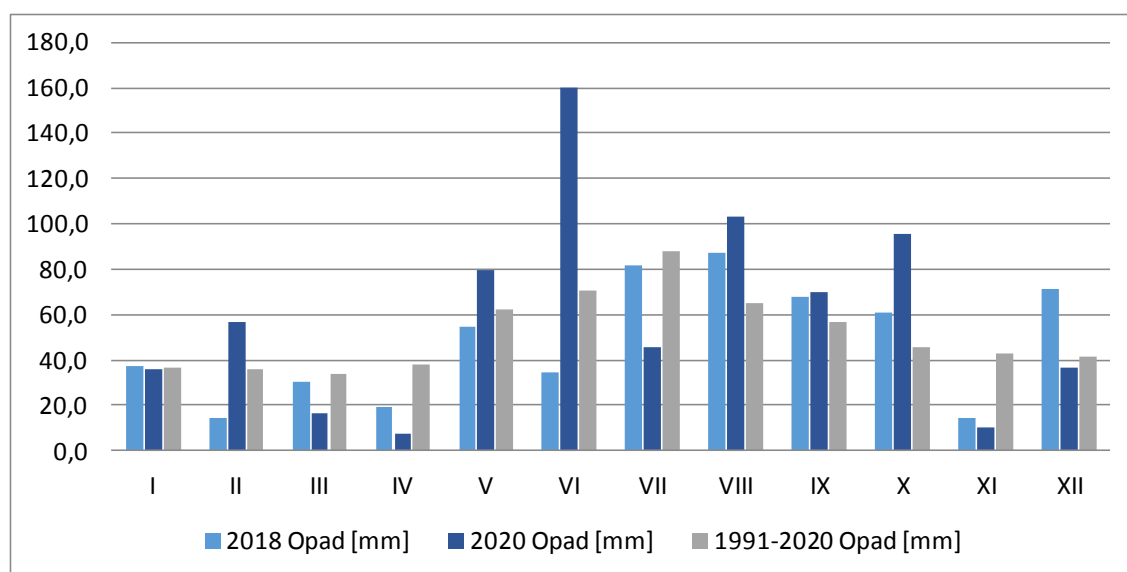
reakcji niezbędne jest środowisko alkaliczne. Następnie do próbek pipetowano po 50 μl roztworów wzorcowych i wcześniej odpowiednio rozcieńczonych ekstraktów testowanych próbek materiału roślinnego. Następnie dodawano 430 μl wody redestylowanej oraz 20 μl odczynnika Folina. Całość wymieszano na wstrząsarce laboratoryjnej. Kolejno dodano 20% Na_2CO_3 (μl) i 450 μl wody redestylowanej. Po dodaniu każdego reagenta próbkę mieszano. Pomiar spektrofotometryczny wykonywano po godzinnej inkubacji przy długości fali 725 nm spektrofotometrem UV-VIS (U-2900) firmy HITACHI (Dynamica Sci. Ltd. Milton Keys, UK). Wyniki wyrażono w mg na kilogram świeżej masy w ekwiwalentach kwasu galusowego (GAE) (Medina 2011).

Całkowita zawartość szczawianów

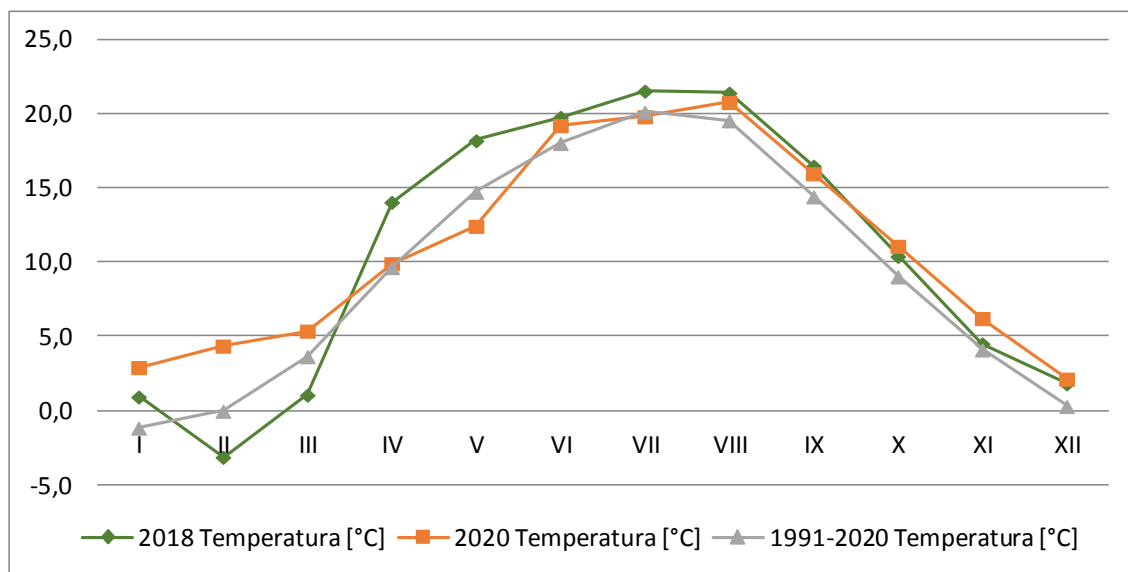
Całkowitą zawartość szczawianów oznaczono zmodyfikowaną metodą spektrofotometryczną opisaną przez zespół Naik i inni w 2014 roku. Ekstrakcję przeprowadzono z 80 mg badanej tkanki roślinnej z zastosowaniem 5 ml 0,25M HCl. Próbkę umieszczono na 15 minut w kąpeli wodnej w temperaturze 98°C. Następnie dodawano 3ml 0,25M HCl. Wystudzone próbki wirowano 15 minut w 20 000 rpm, 4°C. Do próbki dodano 0 – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 ml standardu odpowiadającego 100-600 μg kwasu szczawowego lub 1 ml ekstraktu roślinnego. Następnie dodano 5 ml 1M H_2SO_4 i 2 ml 0,003 M KMnO_4 . Po dodaniu każdej substancji próbkę mieszano. Pomiar spektrofotometryczny wykonywano po 10 minutowej inkubacji przy długości fali 528 nm. spektrofotometrem UV-VIS (U-2900) firmy HITACHI (Dynamica Sci. Ltd. Milton Keys, UK). Wyniki wyrażono w g na 100 g^{-1} świeżej masy w ekwiwalentach kwasu szczawowego.

5.3 Dane meteorologiczne

Średnie miesięczne temperatury oraz sumy opadów dla roku 2018 i 2020 przedstawiono na wykresie 1 i 2. Sezon wegetacyjny trwający od marca do października był podobny do wielolecia pod względem opadów w roku 2018. W analogicznym okresie w roku 2020 odnotowano sumę opadów wyższą o 25% względem średniej sumy wieloletniej. Suma opadów w sezonie wegetacyjnym 2018 wynosiła 438 mm, zaś w sezonie 2020 578 mm. Suma opadów na podstawie średniej wieloletniej kształtowała się na poziomie 461 mm. Rozkład opadów w poszczególnych latach nie był równomierny. W sezonie 2018 miesiące suche, z sumą opadów odbiegającą od wielolecia to kwiecień i czerwiec. Sezon wegetacyjny w roku 2020 był pod tym względem bardziej zróżnicowany. Zaobserwowano niewielkie opady w marcu, kwietniu i lipcu a następnie opady znacznie powyżej średniej w maju, czerwcu, sierpniu i październiku. Odmiennie kształtuje się przebieg średnich temperatur. Średnia temperatur w sezonie wegetacyjnym w roku 2018 znacznie odbiegała od średniej temperatur z wielolecia. W marcu średnia temperatur była ponad 2°C niższa a przez pozostały okres wegetacji, wyższa. Średnia temperatur w sezonie wegetacyjnym w roku 2020 nie odbiegała znacznie od średnich wieloletnich. Przedstawione dane meteorologiczne pochodzą z Katedry Hydrologii, Meteorologii i i Gospodarki Wodnej, Instytutu Inżynierii Środowiska w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.



Wykres 1 Suma miesięcznych opadów w latach 2018 i 2020 oraz średnia dla wielolecia (1991-2020)



Wykres 2 Średnia miesięczna temperatura w latach 2018 i 2020 i dla wielolecia (1991-2020)

5.4 Analiza statystyczna i sposób przedstawienia wyników

Wyniki poddano analizie statystycznej. Do analizy wykorzystano dwuczynnikową analizę wariancji w doświadczeniu 1, gdzie czynniki główne dla owoców stanowiła odmiana (A) oraz rodzaj tkanki (B) zaś w przypadku liści odmiana (A) i termin (B). W doświadczeniu 2 do analizy wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji gdzie czynnik główny stanowił termin zbioru (A). Oddzielnie analizowano owoce i liście obu odmian. Analiza statystyczna dla mas owoców została przeprowadzona jedynie w roku 2020. Średnią masę owocu w roku 2018 wyliczono na podstawie mieszanej próby 30 owoców dla każdej z odmian. Poziom istotności oceniono przy różnych poziomach wiarygodności $\alpha = 0,05, 0,01, 0,001$. Analizę statyczną wykonano w programie Statgraphics Plus 4.1 Grupy homologiczne poszczególnych wskaźników wyodrębniono na podstawie średnich testem Tuckey'a (HSD). Do badania korelacji między oznaczonymi wskaźnikami w różnych tkankach i fazach fenologicznych wykorzystano analizę korelacji Pearsona.

6. Omówienie i dyskusja wyników

6.1 Omówienie wyników

Masa owoców badanych odmian żeńskich aktinidii ostrolistnej

Masę owoców monitorowano w dwóch sezonach wegetacji, przy czym w roku 2018 były to średnie próby mieszane oznaczone na podstawie masy 30 owoców, natomiast w roku 2020 pobrano oddzielnie próbki owoców z poszczególnych krzewów a uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Analiza wykonana dla roku 2020 wykazała wysoce istotne zróżnicowanie mas owoców testowanych odmian (Tabela 3). W roku 2018 masa owocu wahała się między 4,95 g owoc⁻¹ a 18,3 g owoc⁻¹, natomiast w roku 2020 wartości kształtowały te się w przedziale 3,20 – 17,1 g owoc⁻¹. W obu sezonach owoce odmiany ‘Julia’ charakteryzowały się najniższą masą a owoce odmiany ‘Abuntance Green’ najwyższą. Najmniejsze owoce wśród badanych odmian aktinidii ostrolistnej, w obu sezonach, odnotowano dla następujących odmian: ‘Julia’, ‘74-49’, ‘Twist’ i ‘Verona’. Owoce o największej masie posiadały odmiany: ‘Abuntance Green’, ‘Bingo’, ‘Huan You’, ‘Jumbo’, ‘Juwilejna’, ‘Michigan State’ (‘MSU’) oraz ‘Red 1’. Średnia masa owocu była ok. 11% wyższa w roku 2020 (9,53 g owoc⁻¹) w porównaniu z rokiem 2018 (8,59 g owoc⁻¹). Odmiana ‘Oryginalnaja’ charakteryzowała się największą różnicą w masie owocu między sezonami wegetacji: średnia masa owocu w roku 2020 była aż o 111 % większa w porównaniu z sezonem 2018. Duże wahania w masie owoców, stwierdzono dla odmian ‘Julia’ (55%), ‘Lucy’(48%), ‘Rima’ (55%) i ‘Tanny’ (64%), przy czym wpływ sezonu na masę owoców był zróżnicowany. Dla dwóch pierwszych odmian korzystniejszy pod względem masy był rok 2018 a dla dwóch kolejnych rok 2020. W przypadku pozostałych odmian masa owoców w obu sezonach wegetacji była zbliżona. Dużymi owocami o masie na poziomie średniej i powyżej w obu sezonach charakteryzowało się 10 odmian i były to (alfabetycznie) ‘Abuntance Green’, ‘Bingo’, ‘Domino’, ‘Favorit’, ‘Hokkaido’, ‘Huan You’, ‘Jumbo’ (‘Ambrosia’), ‘Juwilejna’ ‘Michigan State’ (MSU) i ‘Red1’.

Szczegółowa charakterystyka morfologii owoców w tym wymiary, waga oraz kolor i kształt owoców 38 odmian aktinidii ostrolistnej znajduje się w Tabeli 4. Dla wszystkich żeńskich odmian mini kiwi prześledzono także termin zbioru dojrzałych owoców na podstawie dwóch sezonów wegetacyjnych (Tabela 4).

Tabela 3 Średnia masa owoców aktinidii ostrolistnej w zależności od odmiany i sezonu wegetacji (g)

Odmiana	Sezon wegetacji		
	2018	2020	
‘74-49’	5,84	7,00 ± 0,11	c-e**
‘74-8’	7,15	9,47 ± 0,90	i-l
‘Abuntance Green’	*18,3	17,1 ± 0,02	r
‘Ananasnaya’ (‘Anna’)	6,50	8,60 ± 0,20	f-j
‘Aomovi’	6,71	7,37 ± 0,05	d-f
‘Beauty Rike’	7,35	9,70 ± 0,17	j-l
‘Bingo’	10,9	11,6 ± 0,30	mn
‘Domino’	9,35	14,0 ± 0,23	op
‘Favorit’	9,61	9,47 ± 0,17	i-l
‘Frenchman’s Bay’	5,39	5,27 ± 0,14	b
‘Geneva’	6,52	8,87 ± 0,86	g-k
‘Hardy Red’	5,59	8,20 ± 0,09	e-i
‘HO_4’	6,50	6,90 ± 0,18	c-e
‘Hoenigbeere’	9,10	8,53 ± 0,09	f-j
‘Hokkaido’	9,41	11,7 ± 0,07	mn
‘Huan You’	14,7	12,7 ± 0,50	no
‘Julia’	4,95	3,20 ± 0,10	a
‘Jumbo’ (‘Ambrosia’)	12,4	13,3 ± 0,39	o
‘Juwilejna’	15,6	15,3 ± 0,31	p
‘Kijewska Krupnoplodnaja’	10,4	8,80 ± 0,42	g-k
‘Lucy’	12,5	8,43 ± 0,17	f-j
‘Melanandra Gelin’	6,22	8,93 ± 0,22	h-k
‘Miss Green’	7,85	8,80 ± 0,76	g-k
‘Michigan State’ (‘MSU’)	12,1	13,8 ± 0,01	o
‘National Arboretum 7’	7,28	7,23 ± 0,13	c-f
‘Oryginalnaja’	6,63	14,0 ± 0,05	op
‘Purpurnaja Sadowaja’	7,39	10,6 ± 1,48	o
‘Red Beauty’ (‘Maki’)	7,34	5,93 ± 0,33	bc
‘Red 1’	13,9	10,6 ± 0,44	lm
‘Rima’	5,02	7,80 ± 0,22	d-h
‘Scarlet September Kiwi’ ^{PBR}	6,20	7,27 ± 0,25	c-f
‘Sientiabrskaja’	7,25	7,53 ± 0,37	d-g
‘Tanny’	6,36	10,4 ± 0,57	lm
‘Twist’	5,23	6,63 ± 0,31	b-d
‘Verde’	8,09	10,0 ± 0,53	kl
‘Verona’	5,64	6,70 ± 0,02	cd
‘Warszawa’	10,2	9,30 ± 0,37	i-l
‘Weiki’ (‘Bayern Kiwi’)	9,10	8,50 ± 0,00	f-j
Średnia	8,59	9,53	

* Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; ** średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey’a. $\alpha=0,05$); średnia dla 2018 – próba mieszana z 30 owoców

Tabela 4 Charakterystyka owoców, odmian żeńskich *Actinidia arguta* Miq. ujętych w doświadczeniu

Lp	Odmiana	Średnie wymiary i masa jagód	Kształt	Wybarwienie	Dojrzewanie
1	'74-49'	2,5-3 cm długości, 1,5-2 cm średnicy; masa 6-7 g	kulisty, lekko wydłużony	zielone z lekkim brązowym rumieńcem; miąższ zielony lekko zaczerwieniony w centralnej części	wrzesień
2	'74-8'	2,5-3 cm długości, 1,5-2 cm średnicy; masa 7-10 g	cylicydryczny	zielona skórka i miąższ	początek września
3	'Abuntance Green'	3-4 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 17-18 g	cylicydryczny, lekko spłaszczony	zielona skórka i miąższ	koniec września
4	'Ananasnaya' ('Anna')	3 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 6-9 g	cylicydryczny	zielone z czerwono-brązowym lub czerwonym rumieńcem; zielony miąższ	początek października
5	'Aomovi'	2 cm długości, 2 cm średnicy; masa 6,5 – 7,5 g	kulisty	ciemnozielona skórka i miąższ	początek października
6	'Beauty Rike'	3 cm długości, 3 cm średnicy; masa 7-10g	kulisty	zielone z czerwono-brązowym rumieńcem; zielony miąższ	koniec września
7	'Bingo'	3,5-4 cm długości; masa 10-12 g	wydłużony, wyraźnie bocznie spłaszczony	jasnozielone z wyraźnym różowoczerwonym rumieńcem; jasnozielony miąższ	pierwsza dekada września
8	'Domino'	2,5-3,5 cm długości; masa 9-14 g	kulisty	żółtozielone z lekkim brązowym rumieńcem; miąższ zielony	koniec września/ początek października
9	'Favorit'	3-3,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 9-10 g	kulisty, lekko wydłużony, bocznie spłaszczony	zielone z lekkim brązowym rumieńcem	połowa września
10	'Frenchman's Bay'	2-2,5 cm długości, 2 cm średnicy; masa 5-6 g	okrągły	zielona skórka i miąższ	połowa września
11	'Geneva'	3-3,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 7-10 g	kulisty, lekko wydłużony, bocznie spłaszczony	zielone z lekkim brązowym rumieńcem	połowa września
12	'Hardy Red'	3-3,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 6-9 g	wydłużony	wiśniowo czerwona skórka i miąższ	połowa września

Lp	Odmiana	Średnie wymiary i masa jagód	Kształt	Wybarwienie	Dojrzewanie
13	'HO_4'	3-3,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 6-7 g	kulisty, lekko wydłużony, bocznie spłaszczony	zielone z lekkim brązowym rumieńcem	połowa września
14	'Hoenigbeere'	2,5-3 cm długości, 2 cm średnicy; masa 8-9 g	cylicydryczny, zaokrąglony, lekko wydłużony	zielone z lekkim brązowym rumieńcem	początek października
15	'Hokkaido'	3-3,5 cm długości, 2 cm średnicy; 9,5-12 g	owalny, wydłużony	ciemnozielona skórka i miąższ	pierwsza połowa września
16	'Huan You'	3,5-4 cm długości; 2,5-3 cm średnicy; 12-15 g	okrągły, spłaszczony	intensywnie zielona skórka i miąższ	początek października
17	'Julia'	2 cm długości, 1,5-2 cm średnicy; masa 3-5 g	cylicydryczny	zielona skórka i miąższ	koniec września
18	'Jumbo' ('Ambrosia')	4,5-5 cm długości; masa 12-14 g	cylicydryczny, wyraźnie spłaszczony	zielone bez rumieńca	koniec września
19	'Juwilejna'	3 cm długości, 2-3 cm średnicy; masa 15-16 g	owalny, wydłużony	rubinowoczerwona skórka i czerwony miąższ	koniec września
20	'Kijewskaja Krupnoplodnaja'	3,5-4 cm długości, 2,5-3,5 cm średnicy; masa 8-11 g	cylicydryczne, spłaszczone	zielone z lekkim purpurowym rumieńcem; miąższ jasnozielony	wrzesień - październik
21	'Lucy'	3-4 cm długości, 2,5-3 cm średnicy; masa 8-13 g	wydłużony, lekko spłaszczony	zielone z lekkim rumieńcem	połowa września
22	'Melanandra Gelin'	2,5-3 cm długości, 2 cm średnicy; masa 6-9 g	okrągły, lekko spłaszczony	ciemnozielona skórka i miąższ	koniec września, początek października
23	'Miss Green'	3-3,5 cm długości, 2-3 cm średnicy; masa 7-10 g	cylicydryczny	zielone z czerwono wiśniowy rumieńcem	przełom września i października
24	'Michigan State' ('MSU')	3,5-4 cm długości, 1,5-2,5 cm średnicy; masa 12-14g	cylicydryczny, wyraźnie spłaszczony	zielone bez rumieńca; miąższ zielony	koniec września
25	'National Arboretum 7'	2-2,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 7 g	kulisty, lekko spłaszczony	zielone z nieznacznym brązowym rumieńcem; miąższ zielony	przełom września i października
26	'Oryginalnaja'	3-4 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 7-14 g	cylicydryczny, wydłużony	zielona skórka i miąższ	koniec września

Lp	Odmiana	Średnie wymiary i masa jagód	Kształt	Wybarwienie	Dojrzewanie
27	'Purpurnaja Sadowaja' ('Purpurna Sadowa')	3-3,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 7 – 12 g	cyldryczny	ciemnopurpurowobrązowa skórka i miąższ	koniec września do połowy października
28	'Red Beauty' ('Maki')	2-3 cm długości, 2 cm średnicy; masa 6-8 g	owalny	zielone z czerwonym rumieńcem; miąższ zielony	początek października
29	'Red1'	3-4 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; 10-14 g	cyldryczne, spłaszczone duże owoce	oliwkowozielone z czerwonym rumieńcem; miąższ jasnozielono różowy	druga połowa września i początek października
30	'Rima'	2,5 cm długości, 2 cm średnicy; masa 5-8 g	kulisty, lekko wydłużony	oliwkowozielone z białym nalotem; miąższ zielony	połowa września, początek października
31	'Scarlet September Kiwi' ^{PBR}	3 cm długości, 1,5-2 cm średnicy; masa 6-8 g	wydłużony, lekko spłaszczony	czerwona skórka i miąższ	początek września
32	'Sientiabrskaja'	2,5-3 cm długości; masa 7-8 g	okrągławe, wydłużone lekko spłaszczone; pozostałości znamion słupka przylegają do owocu	zielone bez rumieńca; miąższ zielony	koniec września
33	'Tanny'	2-2,5 cm długości, 2-2,5 cm średnicy; masa 6-11 g	kulisty, lekko spłaszczony, wyraźnie zaokrąglony na końcu	zielona skórka i ciemnozielony miąższ	październik
34	'Twist'	3-3,5 cm długości, 1-1,5 cm średnicy; masa 5-7 g	silnie wydłużony	czerwona skórka i miąższ	koniec sierpnia
35	'Verde'	2,5-3,5 cm długości, 3-3,5 cm średnicy; masa 8-10 g	kulisty, lekko spłaszczony	zielone bez rumieńca; miąższ zielony	koniec września
36	'Verona'	2-2,5 cm długości, 1,5-2 cm średnicy; masa 6-7 g	cyldryczny	zielone z ciemnoróżowym rumieńcem	połowa września i początek października
37	'Warszawa'	2-2,5 cm długości, 1-1,5 cm średnicy; masa 9-10 g	owalny, wydłużony	zielona skórka i miąższ	pierwsza połowa września
38	'Weiki' ('Bayern Kiwi')	3-3,5 cm długości, 2-3 cm średnicy; masa 9 g	cyldryczny, delikatnie spłaszczony	wiśniowo brązowy rumieniec na całej powierzchni owocu; miąższ zielony	połowa października

Ocena zawartości związków prozdrowotnych i antyodżywczych w owocach aktinidii ostrolistnej

Całkowita zawartość askorbinianu

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ odmiany i rodzaju tkanki na całkowitą zawartość askorbinianu w owocach aktinidii ostrolistnej (Tabela 5). Średnie stężenie askorbinianu (AA + DHAA) w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2018 wynosiło od 343 (odmiana 'Juwilejna') do 2794 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'Abuntance Green'). Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością askorbinianu w owocach znalazły się takie odmiany jak: 'Abuntance Green', 'Kijewskaja Krupnoplodnaja', 'HO_4', 'Ananasnaya', 'Bingo' i 'Julia'. Odmiana 'Abuntance Green' była wyjątkowa pod względem zawartości askorbinianu i stanowiła indywidualną grupę homologiczną, gdyż nie towarzyszyły jej żadne inne odmiany. Wartość tego wskaźnika była 2-krotnie większa niż w odmianie 'Kijewskaja Krupnoplodnaja', która zajęła drugie miejsce pod względem zawartości askorbinianu. Najniższe całkowite zawartości askorbinianu oznaczono w owocach 'Juwilejna', 'Hardy Red', 'Frechman's Bay', '74-8' i 'Domino'. Wykazano, że średnia zawartość askorbinianu w skórce była 1,8-krotnie wyższa niż w miąższu owoców. Zarówno w skórce jak i miąższu najwyższą zawartość askorbinianu oznaczono w odmianie 'Abuntance Green' (odpowiednio 3565 i 2023 mg kg⁻¹ śm.). Najniższą zawartość askorbinianu w skórce odnotowano w odmianie 'Juwilejna' (299 mg kg⁻¹ śm.) a w miąższu w odmianie 'Hokkaido'. Dużo większe zróżnicowanie wystąpiło w obrębie skórki (ok. 12-krotna różnica między najniższą a najwyższą zawartością askorbinianu) niż w miąższu gdzie różnica była ok. 6-krotna. Największą – ponad 4 - krotną różnicę między skórką i miąższem oznaczono w odmianie 'HO_4', a ponad 3-krotną w odmianach 'Favorit', 'Hoenigbeere', 'Red Beauty'. Odmiany, gdzie zawartość w skórce i miąższu była zbliżona to 'Melanandra Gelin', 'Miss Green', 'Red1', 'Rima', 'Tanny' i 'Warszawa'.

Tabela 5 Całkowita zawartość askorbinianu w skórce i mięszu 38 odmian aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2018 (mg kg⁻¹ śm.)

Odmiana	Rodzaj tkanki			
	Skórka	Mięsz	s/m*	Średnio dla owocu
'74-49'	871 ± 117	633 ± 176	1,4	752 a-f***
'74-8'	584 ± 2,8	362 ± 12,7	1,6	473 a-d
'Abuntance Green'	**3565 ± 71,0	2023 ± 117	1,8	2794 j
'Ananasnaya' ('Anna')	1894 ± 165	728 ± 161	2,6	1311 hi
'Aomovi'	1027 ± 132	496 ± 79,8	2,1	762 a-f
'Beauty Rike'	1035 ± 61,9	480 ± 76,1	2,2	758 a-g
'Bingo'	1557 ± 86,2	980 ± 86,5	1,6	1268 hi
'Domino'	542 ± 25,4	408 ± 4,95	1,3	475 a-d
'Favorit'	1744 ± 186	501 ± 117	3,5	1122 g-i
'Frenchman's Bay'	526 ± 10,2	366 ± 14,1	1,4	446 ac
'Geneva'	851 ± 101	480 ± 240	1,8	666 a-e
'Hardy Red'	475 ± 14,5	352 ± 22,3	1,3	414 a-c
'HO_4'	2291 ± 405	535 ± 31,8	4,3	1413 hi
'Hoenigbeere'	1398 ± 208	417 ± 60,0	3,4	908 b-h
'Hokkaido'	705 ± 4,92	339 ± 1,40	2,1	522 a-e
'Huan You'	909 ± 135	585 ± 34,9	1,6	747 a-g
'Julia'	1641 ± 154	893 ± 25,0	1,8	1267 hi
'Jumbo' ('Ambrosia')	803 ± 125	587 ± 26,8	1,4	695 a-c
'Juwilejna'	299 ± 5,14	387 ± 33,4	0,8	343 a
'Kijewska Krupnoplodnaja'	1773 ± 257	1073 ± 185	1,7	1423 i
'Lucy'	807 ± 75,0	387 ± 60,3	2,1	597 bd-g
'Melanandra Gelin'	568 ± 89,2	631 ± 70,6	0,9	600 a-f
'Miss Green'	665 ± 133	722 ± 148	0,9	693 a-f
'Michigan State' ('MSU')	922 ± 33,6	567 ± 62,9	1,6	745 a-g
'National Arboretum 7'	660 ± 91,4	404 ± 31,2	1,6	532 a-e
'Oryginalnaja'	626 ± 52,1	493 ± 4,44	1,3	560 a-e
'Purpurnaja Sadowaja'	483 ± 60,4	767 ± 57,9	0,6	625 a-c
'Red Beauty' ('Maki')	1713 ± 159	556 ± 52,0	3,1	1134 f-i
'Red1'	674 ± 2,00	661 ± 28,0	1,0	668 a-f
'Rima'	905 ± 46,3	798 ± 143	1,1	851 b-h
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR,}	721 ± 23,7	354 ± 5,90	2,0	537 a-e
'Sientiabrskaja'	840 ± 46,4	594 ± 80,0	1,4	717 a-g
'Tanny'	780 ± 95,8	755 ± 52,1	1,0	767 e-h
'Twist'	864 ± 41,1	393 ± 37,3	2,2	629 a-e
'Verde'	849 ± 10,9	415 ± 30,0	2,0	632 a-f
'Verona'	1289 ± 295	596 ± 49,4	2,2	942 d-i
'Warszawa'	607 ± 4,37	672 ± 21,4	0,9	640 a-f
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	641 ± 54,0	438 ± 38,7	1,5	540 a-e
Średnia – rodzaj tkanki	1029 ^b	601 ^a	1,8	815

*s/m – wartość powstała na skutek podzielenia zawartości askorbinianu w skórce przez zawartość w mięszu **Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$)

Podobnie jak w roku 2018 analiza statystyczna wykazała istotny wpływ odmiany i rodzaju tkanki na całkowitą zawartość askorbinianu w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w roku 2020 (Tabela 6). Średnie stężenie askorbinianu (AA + DHAA) w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w tym sezonie wynosiło od 265 mg kg⁻¹ śm. (odmiana ‘National Arboretum 7’) do 1383 mg kg⁻¹ śm. (odmiana ‘Julia’). Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością askorbinianu w owocach znalazły się takie odmiany jak: ‘Julia’, ‘Kijewskaja Krupnoplodnaja’, ‘Sientiabrskaja’, ‘Warszawa’, ‘Rima’ i ‘Abuntance Green’. Najniższą całkowitą zawartość askorbinianu oznaczono w owocach odmian ‘National Arboretum 7’, ‘Hardy Red’, ‘Lucy’, ‘Frechman’s Bay’ i ‘74-8’. Zawartość askorbinianu w skórce średnio była 1,8- krotnie większa w porównaniu do miąższu. W skórce owocu najwyższą wartość askorbinianu oznaczono w odmianie ‘Julia’ (1847 mg kg⁻¹ śm.) zaś najniższą w odmianie ‘Lucy’ (346 mg kg⁻¹ śm.), co daje ponad 5-krotną różnicę w zawartości między tymi odmianami. Najwyższą zawartość askorbinianu w miąższu oznaczono w odmianie ‘Kijewskaja Krupnoplodnaja’ (988 mg kg⁻¹), odmiana ‘National Arboretum 7’ cechowała się najniższą zawartością (134 mg kg⁻¹), co oznacza ponad 7-krotne zróżnicowanie. Największą – 3,4 krotną, różnicę między skórką i miąższem oznaczono w odmianie ‘Miss Green’. 3-krotne i nieco ponad 3-krotne zróżnicowanie między skórką a miąższem w zawartości askorbinianu wystąpiło jeszcze u takich odmian jak ‘Beauty Rike’, ‘Jumbo’, ‘National Arboretum 7’, ‘Red Beauty’ oraz ‘Scarlet September’. Dla pozostałych odmian parametr ten kształtował się w zakresie od 1,0 do 2,6.

Tabela 6 Całkowita zawartość askorbinianu w skórce i mięszu 38 odmian aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2020 (mg kg⁻¹ śm.)

Odmiana	Rodzaj tkanki			
	Skórka	Mięsz	s/m	Średnio dla owocu
'74-49'	658 ± 15,8	326 ± 24,0	2,0	492 ^{c-f}
'74-8'	417 ± 89,9	242 ± 32,3	1,7	330 ^{a-c}
'Abuntance Green'	1228 ± 47,7	676 ± 14,5	1,8	952 ^{l-n}
'Ananasnaya' ('Anna')	1135 ± 15,7	660 ± 85,7	1,7	898 ^{k-m}
'Aomovi'	602 ± 16,2	538 ± 138	1,1	570 ^{e-h}
'Beauty Rike'	852 ± 51,6	274 ± 40,5	3,1	563 ^{e-h}
'Bingo'	890 ± 96,7	665 ± 40,9	1,3	778 ^{i-k}
'Domino'	781 ± 5,01	426 ± 20,7	1,8	603 ^{e-h}
'Favorit'	1112 ± 86,2	686 ± 6,46	1,6	899 ^{k-m}
'Frenchman's Bay'	369 ± 14,7	267 ± 33,5	1,4	318 ^{ab}
'Geneva'	574 ± 9,91	352 ± 19,8	1,6	463 ^{b-e}
'Hardy Red'	409 ± 4,13	209 ± 27,9	2,0	309 ^{ab}
'HO_4'	1128 ± 79,6	643 ± 22,0	1,8	886 ^{k-m}
'Hoenigbeere'	884 ± 16,8	335 ± 25,3	2,6	610 ^{e-i}
'Hokkaido'	687 ± 31,1	413 ± 68,0	1,7	550 ^{e-h}
'Huan You'	777 ± 14,2	323 ± 40,4	2,4	550 ^{e-h}
'Julia'	1847 ± 288	919 ± 197	2,0	1383 ^o
'Jumbo' ('Ambrosia')	1049 ± 18,2	338 ± 30,2	3,1	694 ^{g-j}
'Juwilejna'	364 ± 24,6	299 ± 42,4	1,2	332 ^{a-c}
'Kijewska Krupnoplodnaja'	1237 ± 142	988 ± 101	1,3	1112 ⁿ
'Lucy'	346 ± 55,1	283 ± 0,31	1,2	315 ^{ab}
'Melanandra Gelin'	567 ± 23,0	550 ± 40,9	1,0	558 ^{e-h}
'Miss Green'	1104 ± 131	323 ± 31,0	3,4	713 ^{h-j}
'Michigan State' ('MSU')	688 ± 138	499 ± 16,7	1,4	594 ^{e-h}
'National Arboretum 7'	396 ± 32,5	134 ± 6,33	3,0	265 ^a
'Oryginalnaja'	855 ± 23,9	715 ± 65,5	1,2	785 ^{j-l}
'Purpurnaja Sadowaja'	557 ± 76,3	572 ± 111	1,0	565 ^{e-h}
'Red Beauty' ('Maki')	1069 ± 22,5	362 ± 84,2	3,0	715 ^{h-j}
'Red1'	735 ± 7,57	644 ± 48,6	1,1	690 ^{g-j}
'Rima'	1019 ± 119	972 ± 23,8	1,0	995 ^{mn}
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR,}	805 ± 11,2	270 ± 2,27	3,0	537 ^{d-g}
'Sientiabrskaja'	1421 ± 209	628 ± 118	2,3	1025 ^{mn}
'Tanny'	821 ± 11,1	326 ± 61,1	2,5	574 ^{e-h}
'Twist'	538 ± 14,4	204 ± 23,1	2,6	371 ^{a-d}
'Verde'	610 ± 5,02	271 ± 68,6	2,2	441 ^{b-e}
'Verona'	1108 ± 45,9	693 ± 11,9	1,6	901 ^{k-m}
'Warszawa'	1218 ± 57,7	823 ± 10,5	1,5	1020 ^{mn}
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	782 ± 125	514 ± 45,3	1,5	648 ^{f-j}
Średnia – rodzaj tkanki	833 ^b	483 ^a	1,9	658

*s/m – wartość powstała na skutek podzielenia zawartości askorbinianu w skórce przez zawartość w mięszu **Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$)

Całkowita zawartość związków fenolowych

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ odmiany i rodzaju tkanki na całkowitą zawartość związków fenolowych w owocach aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2018 (Tabela 7). Średnio dla owocu całkowita zawartość związków fenolowych w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2018 wynosiła od 250 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'Weiki') do 1430 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'Abuntance Green') – co oznacza, że w odmianie o najwyższej zawartości związków fenolowych oznaczono ich prawie 6 razy więcej niż w odmianie o najniższej zawartości. Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością związków fenolowych w owocach znalazły się takie odmiany jak: 'Abuntance Green', 'Huan You', 'HO_4', 'Tanny' i 'Beauty Rike'. Najniższą całkowitą zawartość związków fenolowych oznaczono w owocach odmian 'Weiki' ('Bayer Kiwi'), 'Miss Green', 'Jumbo', 'Oryginalnaja' i 'Purpurnaja Sadowaja'. Skórka charakteryzowała się ok. 4 - krotnie wyższą zawartością związków fenolowych w porównaniu do miąższu. W skórcie owocu najwyższą zawartość związków fenolowych oznaczono w odmianie 'Huan You' (2608 mg kg⁻¹ śm.) zaś najniższą w odmianie 'Weiki' (335 mg kg⁻¹ śm.), co stanowi prawie 8-krotną różnicę w stężeniu między tymi odmianami. Najwyższą zawartość w miąższu oznaczono w odmianie 'Abuntance Green' (548 mg kg⁻¹ śm.), odmiana 'Weiki' charakteryzowała się najniższą zawartością (165 mg kg⁻¹ śm.). Największą, 13-krotną różnicę między zawartością związków fenolowych w skórcie a miąższem odnotowano w odmianie 'Huan You', następnie w odmianie 'Lucy' (ponad 9-krotną), 'Beauty Rike' (8-krotną) i 'Domino' (ok. 7-krotną).

Tabela 7 Całkowita zawartość związków fenolowych w skórce i miąższu 38 odmian aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2018 (mg GAE kg⁻¹ śm.)

Odmiana	Rodzaj tkanki			
	Skórka	Miąższ	*s/m	Średnio dla owocu
'74-49'	1076 ± 160	342 ± 22,5	3,1	709 ^{e-g***}
'74-8'	551 ± 5,34	290 ± 45,2	1,9	421 ^{a-d}
'Abuntance Green'	2312 ± 226	**548 ± 44,1	4,2	1430 ^j
'Ananasnaya' ('Anna')	1370 ± 192	313 ± 60,8	4,4	841 ^{f-i}
'Aomovi'	1014 ± 69,5	294 ± 28,8	3,4	654 ^{c-f}
'Beauty Rike'	1804 ± 43,0	236 ± 53,2	7,6	1020 ⁱ
'Bingo'	747 ± 63,2	298 ± 25,7	2,5	523 ^{a-e}
'Domino'	1188 ± 36,3	181 ± 33,7	6,6	684 ^{d-g}
'Favorit'	1596 ± 310	378 ± 65,6	4,2	987 ^{hi}
'Frenchman's Bay'	687 ± 37,4	286 ± 25,2	2,4	486 ^{a-e}
'Geneva'	1112 ± 161	327 ± 40,2	3,4	720 ^{e-h}
'Hardy Red'	1159 ± 56,0	240 ± 23,0	4,8	699 ^{e-g}
'HO_4'	1729 ± 637	358 ± 13,0	4,8	1043 ⁱ
'Hoenigbeere'	1568 ± 98,4	249 ± 26,3	6,3	909 ^{f-i}
'Hokkaido'	719 ± 70,5	320 ± 49,7	2,2	519 ^{a-e}
'Huan You'	2608 ± 477	202 ± 23,6	13	1405 ^j
'Julia'	1557 ± 249	319 ± 97,4	4,9	938 ^{g-i}
'Jumbo' ('Ambrosia')	506 ± 12,0	231 ± 6,42	2,2	369 ^{ab}
'Juwilejna'	807 ± 109	208 ± 16,9	3,9	508 ^{a-e}
'Kijewskaja Krupnopłodnaja'	538 ± 96,4	447 ± 67,0	1,2	492 ^{a-e}
'Lucy'	1814 ± 176	192 ± 29,8	9,4	1003 ⁱ
'Melanandra Gelin'	1331 ± 367	342 ± 50,1	3,9	837 ^{f-i}
'Miss Green'	428 ± 75,5	239 ± 13,1	1,8	333 ^{ab}
'Michigan State' ('MSU')	733 ± 17,0	241 ± 18,4	3,0	487 ^{a-e}
'National Arboretum 7'	841 ± 81,7	236 ± 31,5	3,6	539 ^{b-e}
'Oryginalnaja'	598 ± 25,6	195 ± 14,8	3,1	396 ^{a-c}
'Purpurnaja Sadowaja'	505 ± 38,7	320 ± 15,8	1,6	413 ^{a-d}
'Red Beauty' ('Maki')	1645 ± 117	357 ± 34,0	4,6	1001 ⁱ
'Red1'	615 ± 22,0	320 ± 50,0	1,9	467 ^{a-e}
'Rima'	651 ± 128	375 ± 58,1	1,7	513 ^{a-e}
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR,}	724 ± 99,2	201 ± 50,0	3,6	462 ^{a-e}
'Sientiabrskaja'	698 ± 20,9	214 ± 14,6	3,3	456 ^{a-e}
'Tanny'	1771 ± 189	291 ± 29,9	6,1	1031 ⁱ
'Twist'	728 ± 260	233 ± 20,7	3,1	481 ^{a-e}
'Verde'	903 ± 97,5	192 ± 35,7	4,7	547 ^{b-e}
'Verona'	1450 ± 298	265 ± 16,4	5,5	858 ^{f-i}
'Warszawa'	726 ± 78,2	398 ± 46,9	1,8	562 ^{b-e}
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	335 ± 22,3	165 ± 30,5	2,0	250 ^a
Średnia – rodzaj tkanki	1083 ^b	285 ^a	4,0	684

*s/m – wartość powstała na skutek podzielenia zawartości związków fenolowych w skórce przez zawartość w miąższu

Pogrubiłą czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; * średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$); GAE – wyrażono w ekwiwalentach kwasu galusowego

Wysoce istotne zróżnicowanie w obrębie badanych odmian jak i między testowanymi częściami owocu pod względem całkowitej zawartości związków fenolowych wystąpiło również w sezonie wegetacyjnym 2020 (Tabela 8). Całkowita zawartość związków fenolowych w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2020 kształtowała się w przedziale od 139 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'Verde') do 1193 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'Red Beauty'). Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością związków fenolowych w owocach znalazły się takie odmiany jak: 'Red Beauty', 'Scarlet September', 'Favorit', 'Kijewska Krupnoplodna' i 'HO_4'. Najniższą całkowitą zawartość związków fenolowych charakteryzowały się odmiany 'Verde', 'Hardy Red', 'Hokkaido', 'Twist' i 'Lucy'. Na podstawie analizy skórki stwierdzono prawie 3-krotnie większą zawartość związków fenolowych w porównaniu do miąższu biorąc pod uwagę średnią dla testowanych odmian. W skórcie owocu najwyższą zawartość fenoli ogółem oznaczono w odmianie 'Red Beauty' (2094 mg kg⁻¹ śm.) zaś najniższą w odmianie 'Verde' (130 mg kg⁻¹ śm.). Najwyższą zawartość w miąższu oznaczono w odmianie 'Kijewska Krupnoplodna' (539 mg kg⁻¹ śm.), odmiana 'Verde' cechowała się najniższą zawartością (147 mg kg⁻¹ śm.). Największą, ponad 7-krotną różnicę między skórką i miąższem odnotowano w odmianie 'Red Beauty' i 'Aomovi', natomiast bardzo zbliżone zawartości w obu badanych częściach owocu wystąpiły w przypadku odmian 'Hardy Red', 'Purournaja Sadowaja', 'Twist' i 'Verde'.

Tabela 8 Całkowita zawartość związków fenolowych w skórce i mięszu 38 odmian aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2020 (mg GAE kg⁻¹ śm.)

Odmiana	Rodzaj tkanki			
	Skórka	Mięsz	*s/m	Średnio dla owocu
'74-49'	518 ± 8,07	256 ± 33,0	2,0	387 b-g***
'74-8'	739 ± 121	303 ± 36,8	2,4	521 h-m
'Abuntance Green'	666 ± 76,6	234 ± 27,5	2,9	450 f-j
'Ananasnaya' ('Anna')	835 ± 177	288 ± 29,2	2,9	562 i-m
'Aomovi'	1203 ± 60,4	164 ± 9,82	7,3	684 n-p
'Beauty Rike'	930 ± 4,70	278 ± 12,3	3,3	604 l-n
'Bingo'	559 ± 20,8	219 ± 2,53	2,6	389 b-g
'Domino'	563 ± 67,4	259 ± 8,07	2,2	411 d-h
'Favorit'	1346 ± 129	259 ± 25,1	5,2	803 pr
'Frenchman's Bay'	372 ± 46,3	229 ± 14,4	1,6	300 b-e
'Geneva'	515 ± 13,3	218 ± 8,36	2,4	367 b-f
'Hardy Red'	243 ± 14,1	297 ± 35,7	0,8	270 b
'HO_4'	1218 ± 34,5	362 ± 2,16	3,4	790 pr
'Hoenigbeere'	601 ± 67,0	277 ± 43,3	2,2	439 f-i
'Hokkaido'	342 ± 37,1	204 ± 65,7	1,7	273 b
'Huan You'	381 ± 26,5	236 ± 40,2	1,6	309 b-e
'Julia'	965 ± 38,2	359 ± 60,4	2,7	662 no
'Jumbo' ('Ambrosia')	641 ± 88,4	243 ± 28,1	2,6	442 f-j
'Juwilejna'	643 ± 35,2	315 ± 56,6	2,0	479 f-l
'Kijewska Krupnoplodnaja'	1050 ± 44,3	**539 ± 120	1,9	795 pr
'Lucy'	385 ± 59,4	184 ± 10,7	2,1	285 b-d
'Melanandra Gelin'	841 ± 86,2	298 ± 6,85	2,8	569 j-m
'Miss Green'	591 ± 12,3	214 ± 2,53	2,8	402 c-h
'Michigan State' ('MSU')	473 ± 16,5	238 ± 31,3	2,0	355 b-f
'National Arboretum 7'	598 ± 7,89	248 ± 48,4	2,4	423 e-h
'Oryginalnaja'	774 ± 119	244 ± 48,3	3,2	509 g-m
'Purpurnaja Sadowaja'	421 ± 35,4	359 ± 64,0	1,2	390 b-g
'Red Beauty' ('Maki')	2094 ± 11,9	291 ± 29,9	7,2	1193 s
'Red1'	482 ± 37,2	275 ± 0,40	1,8	379 b-f
'Rima'	609 ± 31,3	357 ± 15,4	1,7	483 f-m
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR,}	1411 ± 182	302 ± 7,25	4,7	856 r
'Sientiabrskaja'	868 ± 96,0	302 ± 7,59	2,9	585 k-m
'Tanny'	1268 ± 103	281 ± 43,7	4,5	775 o-r
'Twist'	292 ± 2,73	261 ± 20,8	1,1	277 bc
'Verde'	130 ± 21,8	147 ± 9,55	0,9	139 a
'Verona'	975 ± 23,1	340 ± 4,41	2,9	657 no
'Warszawa'	818 ± 69,0	397 ± 24,5	2,1	608 mn
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	786 ± 31,2	166 ± 21,7	4,7	476 f-k
Średnia – rodzaj tkanki	741 ^b	275 ^a	2,8	508

*s/m – wartość powstała na skutek podzielenia zawartości związków fenolowych w skórce przez zawartość w mięszu

Pogrubiczną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; * średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$); GAE – wyrażono w ekwiwalentach kwasu galusowego

Całkowita zawartość szczawianów

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ odmiany i rodzaju tkanki na całkowitą zawartość szczawianów w owocach aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2018 (Tabela 9). Całkowita zawartość szczawianów w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2018 wynosiła od 0,87 (odmiana '74-8') do 1,65 g 100 g⁻¹ śm. (odmiana 'Abuntance Green'). W odmianie o najwyższej zawartości szczawianów oznaczono ok. 2-krotnie więcej szczawianów niż w odmianie o najniższej zawartości. Odmiany takie jak: 'Abuntance Green', 'Ananasnaya', 'Hoenigbeere', 'Red Beauty' i 'Huan You' należały do tych z najwyższą średnią całkowitą zawartością szczawianów. Najniższą całkowitą zawartość szczawianów oznaczono w owocach odmian '74-8', 'Twist', 'National Arobretum 7', 'Geneva' i 'Warszawa'. Oddzielna analiza tkanek Średnio 2,4-krotnie więcej szczawianów zawierała skórka owocu w porównaniu do jego miąższu. W skórcie owocu najwyższą zawartość szczawianów odnotowano w odmianie 'Abuntance Green' (2,71 g 100 g⁻¹ śm.) zaś najniższą w odmianie '74-8' (1,08 g 100 g⁻¹ śm.). Najwyższą zawartość w miąższu oznaczono w odmianie 'Julia' (0,91 g 100 g⁻¹ śm.), odmiana 'Tanny' cechowała się najniższą zawartością (0,55 g 100 g⁻¹ śm.). Największą, prawie 5-krotną różnicą między skórką i miąższem charakteryzowała się odmiana 'Abuntance Green', następnie 4-krotną odmiana 'Huan You'. Około 3-krotną różnicę między skórką a miąższem odnotowano w odmianach 'Bingo', 'Lucy', 'Red Beauty', 'Sientiabrskaja' i 'Tanny'. W pozostałych odmianach różnica ta kształtowała się w przedziale 1,4 - 2,7.

Tabela 9 Całkowita zawartość szczawianów w skórce i mięszu 38 odmian aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2018 (g 100g⁻¹ śm.)

Odmiana	Rodzaj tkanki			
	Skórka	Mięsz	*s/m	Średnio dla owocu
'74-49'	1,61 ± 0,13	0,75 ± 0,03	2,2	1,18 b-g***
'74-8'	**1,08 ± 0,16	0,67 ± 0,02	1,6	0,87 a
'Abuntance Green'	2,71 ± 0,40	0,59 ± 0,03	4,6	1,65 j
'Ananasnaya' ('Anna')	2,28 ± 0,13	0,83 ± 0,02	2,7	1,55 ij
'Aomovi'	1,38 ± 0,22	0,68 ± 0,05	2,0	1,03 a-d
'Beauty Rike'	1,72 ± 0,25	0,63 ± 0,02	2,7	1,17 b-g
'Bingo'	1,89 ± 0,07	0,68 ± 0,02	2,8	1,28 d-i
'Domino'	1,56 ± 0,20	0,74 ± 0,03	2,1	1,15 a-g
'Favorit'	1,57 ± 0,30	0,79 ± 0,01	2,0	1,18 b-g
'Frenchman's Bay'	1,57 ± 0,09	0,78 ± 0,03	2,0	1,17 b-g
'Geneva'	1,32 ± 0,08	0,68 ± 0,02	1,9	1,00 a-c
'Hardy Red'	1,85 ± 0,20	0,72 ± 0,02	2,6	1,28 d-i
'HO_4'	2,04 ± 0,15	0,79 ± 0,01	2,6	1,41 g-j
'Hoenigbeere'	2,17 ± 0,21	0,87 ± 0,04	2,5	1,52 ij
'Hokkaido'	1,62 ± 0,14	0,69 ± 0,03	2,4	1,15 b-g
'Huan You'	2,33 ± 0,05	0,60 ± 0,03	3,9	1,46 h-j
'Julia'	1,75 ± 0,06	0,91 ± 0,02	1,9	1,33 e-i
'Jumbo' ('Ambrosia')	1,64 ± 0,06	0,64 ± 0,02	2,6	1,14 a-g
'Juwilejna'	1,46 ± 0,27	0,60 ± 0,02	2,4	1,03 a-d
'Kijewska Krupnoplodnaja'	1,78 ± 0,16	0,68 ± 0,01	2,6	1,23 c-h
'Lucy'	2,11 ± 0,34	0,65 ± 0,10	3,3	1,38 f-j
'Melanandra Gelin'	1,48 ± 0,15	0,59 ± 0,01	2,5	1,03 a-d
'Miss Green'	1,48 ± 0,15	0,76 ± 0,03	2,0	1,12 a-f
'Michigan State' ('MSU')	1,43 ± 0,17	0,63 ± 0,09	2,3	1,03 a-d
'National Arboretum 7'	1,32 ± 0,19	0,64 ± 0,04	2,1	0,98 a-c
'Oryginalnaja'	1,65 ± 0,04	0,69 ± 0,04	2,4	1,17 b-g
'Purpurnaja Sadowaja'	1,59 ± 0,07	0,71 ± 0,01	2,2	1,15 a-g
'Red Beauty' ('Maki')	2,19 ± 0,11	0,77 ± 0,03	2,8	1,48 h-j
'Red1'	1,36 ± 0,07	0,75 ± 0,03	1,8	1,05 a-e
'Rima'	1,39 ± 0,14	0,72 ± 0,01	1,9	1,06 a-e
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR,}	1,58 ± 0,17	0,77 ± 0,01	2,0	1,17 b-g
'Sientiabrskaja'	1,69 ± 0,13	0,57 ± 0,04	2,9	1,13 a-f
'Tanny'	1,54 ± 0,14	0,55 ± 0,04	2,8	1,05 a-d
'Twist'	1,22 ± 0,38	0,67 ± 0,06	1,8	0,94 ab
'Verde'	2,00 ± 0,10	0,75 ± 0,03	2,7	1,37 f-i
'Verona'	1,59 ± 0,26	0,60 ± 0,05	2,6	1,09 a-e
'Warszawa'	1,40 ± 0,23	0,65 ± 0,02	2,2	1,02 a-d
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	1,27 ± 0,09	0,88 ± 0,36	1,4	1,07 a-e
Średnia – rodzaj tkanki	1,67 ^b	0,70 ^a	2,4	1,19

*s/m – wartość powstała na skutek podzielenia zawartości szczawianów w skórce przez zawartość w mięszu **Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$)

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ odmiany i rodzaju tkanki na całkowitą zawartość szczawianów w owocach aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2020 (Tabela 10). Średnio dla owocu całkowita zawartość szczawianów w owocach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2020 wynosiła od 0,6 g 100 g⁻¹ śm. (odmiana ‘Huan You’) do 1,25 g 100 g⁻¹ śm. (odmiana ‘Red Beauty’). W odmianie o najwyższej zawartości szczawianów oznaczono 2-krotnie więcej szczawianów niż w odmianie o najniższej zawartości. Wśród odmian z najwyższą średnią całkowitą zawartością szczawianów w owocach znalazły się takie odmiany jak: ‘Red Beauty’, ‘Tanny’, ‘Hoenigbeere’, ‘Scarlet September’ i ‘Lucy’. Najniższą całkowitą zawartość szczawianów oznaczono w owocach odmian ‘Huan You’, ‘MSU’, ‘National Arboretum 7’, ‘Abuntance Green’ i ‘Rima’. W skórce owoców, średnio akumulacja szczawianów była 2-krotnie większa w porównaniu do mięszu. W skórce owocu najwyższą wartość szczawianów oznaczono w odmianie ‘Red Beauty’ (1,93 g 100 g⁻¹ śm.) zaś najniższą w odmianie ‘Huan You’ (0,71 g 100 g⁻¹ śm.). Najwyższą zawartością w mięszu charakteryzowała się ‘Julia’ (0,77 g 100 g⁻¹ śm.) zaś odmiana ‘Huan You’ cechowała się najniższą zawartością (0,49 g 100 g⁻¹ śm.).

Tabela 10 Całkowita zawartość szczawianów w skórce i mięszu 38 odmian aktinidii ostrolistnej w sezonie wegetacyjnym 2020 (g 100g⁻¹ śm.)

Odmiana	Rodzaj tkanki			
	Skórka	Mięsz	*s/m	Średnio dla owocu
‘74-49’	1,17 ± 0,25	0,55 ± 0,04	2,1	0,86 b-g***
‘74-8’	1,33 ± 0,14	0,71 ± 0,03	1,9	1,02 e-l
‘Abuntance Green’	1,04 ± 0,03	0,57 ± 0,05	1,8	0,80 a-d
‘Ananasnaya’ (‘Anna’)	1,02 ± 0,17	0,65 ± 0,07	1,6	0,84 b-f
‘Aomovi’	1,43 ± 0,16	0,50 ± 0,02	2,9	0,97 c-l
‘Beauty Rike’	1,19 ± 0,10	0,63 ± 0,02	1,9	0,91 c-j
‘Bingo’	1,32 ± 0,04	0,70 ± 0,03	1,9	1,01 d-l
‘Domino’	1,35 ± 0,22	0,70 ± 0,04	1,9	1,02 e-l
‘Favorit’	1,48 ± 0,12	0,52 ± 0,02	2,9	1,00 d-l
‘Frenchman’s Bay’	1,32 ± 0,05	0,76 ± 0,09	1,0	1,04 f-l
‘Geneva’	1,34 ± 0,10	0,59 ± 0,01	2,3	0,96 c-k
‘Hardy Red’	1,28 ± 0,09	0,68 ± 0,03	1,9	0,98 d-l
‘HO_4’	1,41 ± 0,20	0,69 ± 0,15	2,0	1,05 g-m
‘Hoenigbeere’	1,57 ± 0,12	0,73 ± 0,04	2,1	1,15 k-m
‘Hokkaido’	1,26 ± 0,17	0,60 ± 0,03	2,1	0,93 c-j
‘Huan You’	**0,71 ± 0,13	0,49 ± 0,04	1,4	0,60 a
‘Julia’	1,11 ± 0,32	0,77 ± 0,01	1,5	0,94 c-j
‘Jumbo’ (‘Ambrosia’)	1,11 ± 0,15	0,65 ± 0,03	1,7	0,88 c-i
‘Juwilejna’	1,24 ± 0,02	0,56 ± 0,07	2,2	0,90 c-j
‘Kijewska Krupnoplodnaja’	1,54 ± 0,13	0,51 ± 0,01	3,1	1,02 e-l
‘Lucy’	1,55 ± 0,10	0,65 ± 0,14	2,4	1,10 j-m
‘Melanandra Gelin’	1,57 ± 0,05	0,60 ± 0,01	2,6	1,08 i-m
‘Miss Green’	1,41 ± 0,01	0,65 ± 0,07	2,2	1,03 f-l
‘Michigan State’ (‘MSU’)	0,81 ± 0,06	0,53 ± 0,02	1,5	0,67 ab
‘National Arboretum 7’	1,02 ± 0,06	0,51 ± 0,07	2,0	0,76 a-c
‘Oryginalnaja’	1,34 ± 0,15	0,76 ± 0,08	1,8	1,05 g-m
‘Purpurnaja Sadowaja’	1,17 ± 0,04	0,60 ± 0,05	2,0	0,88 c-i
‘Red Beauty’ (‘Maki’)	1,93 ± 0,13	0,57 ± 0,01	3,4	1,25 m
‘Red1’	1,45 ± 0,02	0,69 ± 0,02	2,1	1,07 h-m
‘Rima’	0,89 ± 0,13	0,75 ± 0,03	1,2	0,82 b-e
‘Scarlet September Kiwi’ ^{PBR}	1,62 ± 0,14	0,61 ± 0,02	2,7	1,11 j-m
‘Sientiabrskaja’	1,52 ± 0,14	0,54 ± 0,03	2,8	1,03 e-l
‘Tanny’	1,77 ± 0,30	0,58 ± 0,06	3,1	1,17 lm
‘Twist’	1,38 ± 0,06	0,68 ± 0,02	2,0	1,03 e-l
‘Verde’	1,30 ± 0,10	0,51 ± 0,01	2,5	0,90 c-j
‘Verona’	1,25 ± 0,14	0,67 ± 0,07	1,9	0,96 c-k
‘Warszawa’	1,56 ± 0,22	0,63 ± 0,01	2,5	1,09 j-m
‘WeiKi’ (‘Bayern Kiwi’)	1,13 ± 0,03	0,61 ± 0,05	1,8	0,87 b-h
Średnia – rodzaj tkanki	1,28 ^b	0,66 ^a	2,1	0,96

*s/m – wartość powstała na skutek podzielenia zawartości szczawianów w skórce przez zawartość w mięszu **Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey’a. $\alpha=0,05$)

Ocena zawartości związków prozdrowotnych i antyodżywczych w liściach aktinidii ostrolistnej

Całkowita zawartość askorbinianu

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zarówno odmiany jak i terminu zbioru liści na całkowitą zawartość askorbinianu (AA + DHAA) (Tabela 11). Jego zawartość w liściach istotnie spadała wraz z upływem czasu. W ostatnim z analizowanych terminów (T III) odnotowano prawie 4-krotny spadek zawartości askorbinianu w porównaniu z terminem pierwszym (T I). Analizując zróżnicowanie odmianowe pod względem tego wskaźnika w poszczególnych terminach zbioru liści wykazano, że odmiany z najwyższą i najniższą zawartością w każdym terminie są inne. W pierwszym terminie zbioru liści (T I) najmniejszym stężeniem askorbinianu cechowała się odmiana 'Melanandra Gelin' – 589 mg kg⁻¹ śm., w drugim (T II) odmiana 'Aomovi' – 604 mg kg⁻¹ śm. a w ostatnim terminie odmiana '74-49' – 73 mg kg⁻¹ śm. Odmiany o najwyższym stężeniu askorbinianu w poszczególnych terminach to 'HO_4' w terminie pierwszym (T I) – 3788 mg kg⁻¹ śm., 'Abuntance Green' w terminie drugim (T II) – 3029 mg kg⁻¹ śm. oraz męska odmiana 'Weiki' w trzecim terminie zbioru z zawartością askorbinianu wynoszącą 1077 mg kg⁻¹ śm. Zawartość askorbinianu wraz z rozwojem liści zmniejszała się i ta prawidłowość dotyczyła wszystkich odmian, natomiast wielkość tego spadku między poszczególnymi terminami była bardzo zróżnicowana. Najwyższy 24 krotny spadek zawartości askorbinianu względem pierwszego terminu odnotowano dla odmiany '74-49'. Wysoką różnicę odnotowano także dla odmiany 'HO_4' (14-krotną), 'Tanny' (8-krotną) oraz 'Verona', 'Oryginalnaja', 'National Arobretum 7' i 'Ananasnaya' (7-krotną). Odmiany w których spadek zawartości askorbinianu był najmniejszy a więc 1 lub 2-krotny to odmiany męskie: 'Joker', 'Nostino', 'F 7', 'Weiki' oraz żeńskie 'Frechman's Bay', 'Melanandra Gelin', 'Michigan State(MSU)', 'Red 1' i 'Weiki'. Średnie stężenie askorbinianu (AA + DHAA) w liściach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2018, niezależnie od terminu analiz, wynosiło od 532 (odmiana 'Melanandra Gelin') do 1901 mg kg⁻¹ śm. (męska odmiana 'Haya Kume'). Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością askorbinianu w liściach znalazły się takie odmiany jak: 'Haya Kume', 'Red Beauty', 'HO_4', 'Abuntance Green' i 'Red1'. Najniższą całkowitą zawartość askorbinianu oznaczono w liściach odmian 'Melanandra Gelin', 'National Arbotetum 7', 'Aomovi', '74-8' i 'Weiki'.

Tabela 11 Całkowita zawartość askorbinianu w liściach 38 odmian żeńskich i 6 odmianach męskich aktinidii ostrolistnej w zależności od terminu zbioru liści w sezonie 2018 (mg kg⁻¹ śm.)

Odmiany żeńskie	Termin zbioru liści 2018				Średnia	
	T I*	T II	T III			
'74-49'	1755 ± 198	842 ± 25,2	73 ± 28,4	890	a-f***	
'74-8'	1411 ± 165	762 ± 153	228 ± 31,2	800	a-d	
'Abuntance Green'	2012 ± 410	3029 ± 676	424 ± 2,51	1822	m-o	
'Ananasnaya' ('Anna')	2675 ± 619	1103 ± 70,0	411 ± 3,18	1396	h-m	
'Aomovi'	1431 ± 240	604 ± 113	236 ± 2,41	757	a-c	
'Beauty Rike'	1586 ± 93,1	882 ± 154	494 ± 40,4	987	b-h	
'Bingo'	2452 ± 473	1143 ± 266	718 ± 83,0	1438	i-n	
'Domino'	1397 ± 117	928 ± 257	393 ± 37,6	906	a-g	
'Favorit'	2642 ± 408	1497 ± 285	477 ± 6,49	1539	j-o	
'Frenchman's Bay'	1480 ± 128	1349 ± 284	782 ± 55,5	1204	d-k	
'Geneva'	1466 ± 238	940 ± 233	257 ± 81,5	888	a-f	
'Hardy Red'	2455 ± 390	950 ± 393	566 ± 68,0	1324	g-l	
'HO_4'	**3788 ± 502	1459 ± 276	268 ± 28,5	1838	no	
'Hoenigbeere'	2233 ± 283	1142 ± 247	461 ± 11,1	1279	f-l	
'Hokkaido'	1306 ± 141	1242 ± 211	423 ± 93,5	990	b-h	
'Huan You'	2666 ± 304	1257 ± 115	421 ± 60,1	1448	i-n	
'Julia'	2385 ± 49,3	1032 ± 377	882 ± 58,8	1433	i-n	
'Jumbo' ('Ambrosia')	1682 ± 110	1334 ± 374	528 ± 37,7	1182	c-k	
'Juwilejna'	1521 ± 172	1081 ± 180	343 ± 38,8	981	b-h	
'Kijewska Krupnopłodna'	2150 ± 267	1343 ± 326	696 ± 109	1396	h-m	
'Lucy'	2806 ± 370	1542 ± 419	464 ± 75,4	1604	k-o	
'Melanandra Gelin'	589 ± 80,2	691 ± 102	317 ± 40,0	532	a	
'Miss Green'	1323 ± 66,0	1241 ± 301	486 ± 51,5	1016	b-i	
'Michigan State' ('MSU')	1568 ± 79,9	1348 ± 283	793 ± 94,9	1236	e-k	
'National Arboretum 7'	969 ± 1,25	674 ± 126	132 ± 4,64	592	ab	
'Oryginalna'	2017 ± 267	1107 ± 247	295 ± 13,3	1140	c-j	
'Purpurnaja Sadowaja'	1553 ± 176	1211 ± 331	459 ± 32,6	1074	c-i	
'Red Beauty' ('Maki')	3002 ± 339	1501 ± 645	1025 ± 120	1843	l-o	
'Red1'	2172 ± 260	1929 ± 311	965 ± 60,1	1689	no	
'Rima'	1776 ± 291	1011 ± 106	449 ± 58,5	1079	c-i	
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR} ,	1573 ± 204	1129 ± 163	402 ± 96,1	1035	c-i	
'Sientiabrskaja'	1536 ± 138	1157 ± 213	478 ± 1,74	1057	c-i	
'Tanny'	2271 ± 189	906 ± 224	294 ± 17,3	1157	c-j	
'Twist'	1960 ± 153	887 ± 122	515 ± 110,4	1121	c-j	
'Verde'	1370 ± 161	818 ± 264	439 ± 1,43	876	a-f	
'Verona'	2573 ± 401	839 ± 185	344 ± 53,8	1252	f-k	
'Warszawa'	1782 ± 351	1365 ± 393	701 ± 35,2	1283	f-l	
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	1108 ± 141	874 ± 158	464 ± 33,5	815	a-e	
Odmiany męskie						
'F7'	1353 ± 365	1450 ± 450	577 ± 8,26	1127	c-j	
'Haya Kume'	2866 ± 286	2253 ± 481	583 ± 84,7	1901	o	
'Joker'	952 ± 104	1118 ± 315	716 ± 16,7	929	a-g	
'Nostino'	1589 ± 211	1439 ± 246	659 ± 56,6	1229	d-k	
'Rubi'	1321 ± 70,3	1272 ± 207	497 ± 42,6	1030	c-i	
'Weiki'	1618 ± 61,2	2093 ± 59,6	1077 ± 55,5	1596	k-o	
Średnia dla terminu	1867 ^c	1222 ^b	505 ^a	1198		

* T I - początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III - liście pobrane wraz ze zbiorem dojrzałych owoców ** Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości uzyskane w poszczególnych terminach oraz średnio dla odmiany; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$)

Podobnie jak w przypadku roku 2018 analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zarówno odmiany jak i terminu zbioru liści na całkowitą zawartość askorbinianu (AA + DHAA) (Tabela 12). Jego zawartość w liściach istotnie spadała wraz z upływem czasu. Średnie stężenie askorbinianu (AA + DHAA) w liściach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2020 wynosiło od 420 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'Geneva') do 1354 mg kg⁻¹ śm. (odmiana 'HO_4'). Wykazano dużą zmienność tego wskaźnika zarówno między odmianami w danym terminie jak i między terminami. W pierwszym terminie zbioru liści (T I) najmniejszym stężeniem askorbinianu cechowała się odmiana 'Geneva' – 636 mg kg⁻¹śm., w drugim (T II) odmiana 'National Arboretum 7' – 486 mg kg⁻¹ śm. a w ostatnim terminie odmiana '74-49' – 109 mg kg⁻¹ śm. Odmiany o najwyższym stężeniu askorbinianu w poszczególnych terminach to 'HO_4' w terminie pierwszym (T I) – 2271 i trzecim (T III) – 900 mg kg⁻¹ śm. oraz odmiana 'Lucy' w drugim terminie zbioru liści (T II) – 1429 mg kg⁻¹ śm. Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością askorbinianu w liściach znalazły się takie odmiany jak: 'HO_4', 'Lucy', 'Haya Kume', 'Favorit' i 'Julia'. Najniższą całkowitą zawartość askorbinianu oznaczono w liściach odmian 'Geneva', 'National Arboretum 7', 'Melanandra Gelin', '74-8' oraz 'Twist'. Zawartość askorbinianu, podobnie jak sezonie wegetacyjnym 2018, wraz z rozwojem liści zmniejszała się. W ostatnim terminie roku 2020 również odnotowano prawie 4-krotny spadek zawartości askorbinianu względem pierwszego terminu zbioru liści. Najwyższy 11 i 10-krotny spadek zawartości askorbinianu względem pierwszego terminu odnotowano dla odmiany '74-49' i 'Kijewskaja Krupnoplodnaja'. Odmiana 'Tanny' charakteryzowała się 9-krotną różnicą, 'Aomovi' 8-krotną a odmiany 'Huan You', 'Oryginalnaja', 'Verde' i 'Weiki' 7-krotną w zawartości askorbinianu między skrajnymi terminami. Najniższy spadek zawartości askorbinianu w trakcie wegetacji względem pierwszego terminu zbioru odnotowano dla odmian męskich 'Weiki', 'Rubi', 'Joker', 'Haya Kume', 'F 7' oraz dwóch odmian żeńskich 'Red 1' i 'Twist'. W ostatnim terminie zbioru żeńska odmiana 'Lucy' i męska 'Haya Kume' charakteryzowały się ponad 2-krotnie większą zawartością askorbinianu niż średnia dla wszystkich odmian w tym terminie (T III).

Tabela 12 Całkowita zawartość askorbinianu w liściach 38 odmian żeńskich i 6 odmianach męskich aktinidii ostrolistnej w zależności od terminu zbioru liści w sezonie 2020 (mg kg⁻¹ śm.)

Odmiany żeńskie	Termin zbioru liści 2020				Średnia
	T I*	T II	T III		
'74-49'	1225 ± 11,4	628 ± 100	109 ± 22,7	654	b-g***
'74-8'	1047 ± 151	485 ± 10,4	300 ± 2,52	611	b-d
'Abuntance Green'	1817 ± 201	1109 ± 148	455 ± 4,16	1127	s-y
'Ananasnaya' ('Anna')	1748 ± 19,9	754 ± 16,4	530 ± 113	1011	o-t
'Aomovi'	1385 ± 77,1	487 ± 9,7	182 ± 17,1	685	c-i
'Beauty Rike'	1397 ± 23,5	858 ± 221	231 ± 33,5	829	g-o
'Bingo'	1814 ± 134	734 ± 20,8	548 ± 24,2	1032	p-u
'Domino'	1276 ± 0,19	605 ± 45,8	249 ± 7,67	710	c-j
'Favorit'	1828 ± 103	1255 ± 312	555 ± 6,83	1212	u-z
'Frenchman's Bay'	1448 ± 61,4	809 ± 149	503 ± 42,6	920	k-r
'Geneva'	**636 ± 78,2	490 ± 37,3	133 ± 27,8	420	a
'Hardy Red'	1859 ± 90,8	959 ± 193	302 ± 52,7	1040	r-u
'HO_4'	2271 ± 23,5	1252 ± 72,4	539 ± 107	1354	z
'Hoenigbeere'	1414 ± 41,3	775 ± 108	243 ± 60,3	810	e-n
'Hokkaido'	1192 ± 7,59	935 ± 209	314 ± 54,6	814	f-n
'Huan You'	1617 ± 9,74	1108 ± 83,5	237 ± 28,5	987	m-s
'Julia'	1834 ± 62,0	1279 ± 187	444 ± 121	1186	t-z
'Jumbo' ('Ambrosia')	1215 ± 90,2	862 ± 80,2	211 ± 21,5	763	c-k
'Juwilejna'	1207 ± 11,3	487 ± 84,2	209 ± 40,3	634	b-f
'Kijewska Krupnopłodna'	1996 ± 54,6	842 ± 171	205 ± 30,9	1014	o-t
'Lucy'	1575 ± 199	1429 ± 222	900 ± 61,9	1301	yz
'Melanandra Gelin'	886 ± 84,7	647 ± 38,0	282 ± 47,1	605	a-c
'Miss Green'	1294 ± 91,2	633 ± 70,5	216 ± 46,9	714	c-j
'Michigan State' ('MSU')	1709 ± 109	880 ± 76,8	406 ± 96,7	998	n-t
'National Arboretum 7'	807 ± 3,31	486 ± 8,64	168 ± 24,6	487	ab
'Oryginalna'	1571 ± 97,8	872 ± 47,3	224 ± 44,3	889	j-r
'Purpurnaja Sadowaja'	1764 ± 38,9	1283 ± 220	328 ± 86,5	1125	s-y
'Red Beauty' ('Maki')	1814 ± 51,1	1193 ± 168	330 ± 36,4	1112	s-w
'Red1'	1278 ± 88,2	1198 ± 223	601 ± 108	1026	p-u
'Rima'	1737 ± 14,0	1287 ± 87,2	314 ± 69,9	1113	s-y
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR}	1640 ± 71,4	1018 ± 237	354 ± 50,2	1004	o-t
'Sientiabrskaja'	1836 ± 160	649 ± 1,86	402 ± 87,0	962	l-s
'Tanny'	1604 ± 14,3	814 ± 46,3	170 ± 40,0	863	i-r
'Twist'	826 ± 84,8	661 ± 56,4	379 ± 2,81	622	b-e
'Verde'	1259 ± 39,9	574 ± 0,36	183 ± 12,5	672	b-h
'Verona'	1446 ± 50,3	522 ± 70,1	525 ± 23,1	831	g-o
'Warszawa'	1739 ± 129	727 ± 106	300 ± 34,2	922	k-r
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	1213 ± 151	541 ± 0,0	164 ± 37,3	639	b-f
Odmiany męskie					
'F7'	1337 ± 118	932 ± 97,5	581 ± 65,9	950	k-s
'Haya Kume'	1491 ± 135	1415 ± 177	837 ± 88,6	1248	w-z
'Joker'	932 ± 47,1	1013 ± 239	481 ± 63,8	809	e-m
'Nostino'	1425 ± 134	678 ± 31,0	282 ± 32,3	795	d-l
'Rubi'	1374 ± 118	998 ± 236	650 ± 9,71	1007	o-t
'Weiki'	935 ± 75,4	935 ± 82,1	673 ± 4,72	848	h-p
Średnia dla terminu	1448 ^c	866 ^b	369 ^a	894	

* T I - początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III - liście pobrane wraz ze zbioru dojrzałych owoców ** Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości uzyskane w poszczególnych terminach oraz średnio dla odmiany; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$)

Całkowita zawartość szczawianów

Wykazano istotne zróżnicowanie całkowitej zawartości szczawianów zarówno między odmianami jak i terminami zbioru liści w roku 2018 (Tabela 13). Zawartość szczawianów była najniższa w młodych liściach (T I), w pełni rozwiniętych liściach odnotowano 36% wzrost zawartości szczawianów, który obniżył się nieznacznie w ostatnim z badanych terminów. W pierwszym (T I) i drugim (T II) terminie zbioru liści najniższą całkowitą zawartość szczawianów odnotowano dla odmiany 'Weiki' odpowiednio 0,63 i 1,32 g 100 g⁻¹ śm. a najwyższą dla odmiany 'Red 1' – 1,60 oraz 2,31 g 100 g⁻¹ śm. W trzecim terminie zbioru liści zawartość szczawianów kształtowała się w przedziale 1,22 – 2,47 g 100 g⁻¹ śm. odpowiednio dla odmiany '74-8' i 'Purpurnaja Sadowaja' – 2,47 g 100 g⁻¹ śm. Średnia całkowita zawartość szczawianów w liściach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2018 wynosiła od 1,14 g 100 g⁻¹ śm. (odmiana 'Weiki') do 2,08 g 100 g⁻¹ śm. (odmiana 'Purpurnaja Sadowaja'). Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością szczawianów w liściach wyróżniono odmiany żeńskie: 'Purpurnaja Sadowaja', 'Red 1', 'Julia' oraz męską 'Nostino', u których zawartość szczawianów w liściach mieściła się w zakresie 1,91 - 2,08g 100 g⁻¹ śm. Najmniej szczawianów oznaczono w liściach odmian 'Weiki', '74-8', 'Hokkaido', 'Sientiabrskaja', 'Jumbo' i 'Bingo' (1,14 – 1,38 g 100 g⁻¹ śm.).

Tabela 13 Całkowita zawartość szczawianów w liściach 38 odmian żeńskich i 6 odmianach męskich aktinidii ostrolistnej w zależności od terminu zbioru liści w sezonie 2018 (g 100g⁻¹ śm.)

Odmiany żeńskie	Termin zbioru liści 2018				Średnia
	T1*	T2	T3		
'74-49'	1,34 ± 0,23	1,53 ± 0,14	1,58 ± 0,17	1,48	a-f***
'74-8'	0,91 ± 0,09	1,49 ± 0,09	**1,22 ± 0,16	1,21	ab
'Abuntance Green'	1,40 ± 0,13	1,67 ± 0,16	1,92 ± 0,13	1,66	c-k
'Ananasnaya' ('Anna')	1,35 ± 0,22	1,73 ± 0,10	1,48 ± 0,14	1,52	a-g
'Aomovi'	1,40 ± 0,03	1,60 ± 0,05	1,85 ± 0,20	1,62	c-j
'Beauty Rike'	1,20 ± 0,26	1,63 ± 0,03	1,75 ± 0,15	1,53	b-h
'Bingo'	1,38 ± 0,09	1,46 ± 0,15	1,29 ± 0,30	1,38	a-c
'Domino'	1,07 ± 0,09	1,82 ± 0,34	1,52 ± 0,24	1,47	a-f
'Favorit'	1,25 ± 0,18	1,68 ± 0,04	1,47 ± 0,18	1,47	a-f
'Frenchman's Bay'	1,33 ± 0,31	1,96 ± 0,15	1,91 ± 0,27	1,73	c-l
'Geneva'	1,27 ± 0,18	1,45 ± 0,13	1,76 ± 0,17	1,49	a-g
'Hardy Red'	1,35 ± 0,20	1,67 ± 0,23	1,50 ± 0,25	1,50	a-g
'HO_4'	1,49 ± 0,20	1,85 ± 0,21	1,61 ± 0,22	1,65	c-j
'Hoenigbeere'	1,05 ± 0,16	1,73 ± 0,24	1,67 ± 0,04	1,48	a-f
'Hokkaido'	0,84 ± 0,16	1,42 ± 0,27	1,81 ± 0,30	1,36	a-c
'Huan You'	1,47 ± 0,02	2,16 ± 0,18	2,00 ± 0,24	1,88	g-l
'Julia'	1,54 ± 0,09	2,07 ± 0,13	2,18 ± 0,14	1,93	j-l
'Jumbo' ('Ambrosia')	0,80 ± 0,19	1,68 ± 0,08	1,62 ± 0,08	1,37	a-c
'Juwilejna'	1,39 ± 0,16	2,19 ± 0,19	2,14 ± 0,18	1,91	h-l
'Kijewska Krupnopłodnaja'	1,40 ± 0,16	2,19 ± 0,18	1,89 ± 0,36	1,83	f-l
'Lucy'	1,40 ± 0,15	1,73 ± 0,05	1,78 ± 0,24	1,64	c-j
'Melanandra Gelin'	1,21 ± 0,08	1,58 ± 0,09	1,76 ± 0,16	1,52	a-g
'Miss Green'	1,34 ± 0,12	1,77 ± 0,05	1,57 ± 0,15	1,56	b-j
'Michigan State' ('MSU')	1,13 ± 0,09	1,97 ± 0,04	1,51 ± 0,25	1,54	b-i
'National Arboretum 7'	1,28 ± 0,07	1,67 ± 0,07	1,49 ± 0,33	1,48	a-f
'Oryginalnaja'	1,36 ± 0,35	1,61 ± 0,10	1,63 ± 0,21	1,53	b-i
'Purpurnaja Sadowaja'	1,54 ± 0,30	2,22 ± 0,09	2,47 ± 0,37	2,08	l
'Red Beauty' ('Maki')	1,35 ± 0,11	1,58 ± 0,21	2,02 ± 0,15	1,65	c-j
'Red1'	1,60 ± 0,06	2,31 ± 0,12	2,23 ± 0,15	2,05	kl
'Rima'	1,58 ± 0,16	1,87 ± 0,26	1,86 ± 0,19	1,77	d-l
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR}	1,19 ± 0,24	1,51 ± 0,36	1,63 ± 0,46	1,44	a-f
'Sientiabrskaja'	1,15 ± 0,19	1,45 ± 0,14	1,55 ± 0,37	1,38	a-d
'Tanny'	1,31 ± 0,11	1,83 ± 0,20	1,56 ± 0,33	1,57	b-j
'Twist'	1,54 ± 0,08	1,64 ± 0,04	1,53 ± 0,25	1,57	b-j
'Verde'	1,34 ± 0,29	2,18 ± 0,40	1,86 ± 0,25	1,80	e-l
'Verona'	1,12 ± 0,08	1,69 ± 0,17	1,47 ± 0,30	1,43	a-e
'Warszawa'	1,28 ± 0,19	1,63 ± 0,10	1,31 ± 0,32	1,41	a-d
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	0,63 ± 0,08	1,32 ± 0,16	1,47 ± 0,28	1,14	a
Odmiany męskie					
'F7'	1,47 ± 0,29	2,10 ± 0,12	1,72 ± 0,36	1,76	d-l
'Haya Kume'	1,14 ± 0,17	1,44 ± 0,38	1,70 ± 0,13	1,43	a-e
'Joker'	1,22 ± 0,09	1,73 ± 0,19	1,68 ± 0,14	1,54	b-j
'Nostino'	1,69 ± 0,19	2,04 ± 0,18	2,00 ± 0,14	1,91	i-l
'Rubi'	1,43 ± 0,32	1,77 ± 0,30	1,91 ± 0,24	1,71	c-l
'Weiki'	1,19 ± 0,15	1,91 ± 0,16	1,77 ± 0,25	1,62	c-j
Średnia dla terminu	1,29 ^a	1,76 ^b	1,72 ^b	1,59	

* T I - początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III - liście pobrane wraz ze zbioru dojrzałych owoców ** Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości uzyskane w poszczególnych terminach oraz średnio dla odmiany; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. α=0,05)

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zarówno odmiany jak i terminu zbioru liści na całkowitą zawartość szczawianów w roku 2020 (Tabela 14). W terminie drugim i trzecim odnotowano istotny wzrost zawartości szczawianów w porównaniu z terminem pierwszym. W pełni rozwiniętych liściach (T II) odnotowano ok. 29% w stosunku do T I, a w T III ok. 4% wzrost zawartości szczawianów w liściach porównaniu do T II. W terminie pierwszym (T I) najniższą zawartość szczawianów oznaczono w liściach odmiany ‘Hardy Red’, a najwyższą w odmianie ‘Rima’. Odmiana ‘Michigan State’ (‘MSU’) wyróżniała się najniższą zawartością szczawianów ($0,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$) w pierwszym terminie zbioru liści, zaś najwyższą odmiana ‘Bingo’ – $2,42 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$ Najniższą wartość szczawianów w terminie trzecim (T III) ponownie oznaczono w odmianie ‘Hardy Red’ ($1,31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$). Najwięcej szczawianów w ostatnim terminie zbioru liści oznaczono w odmianie ‘Red 1’ ($2,56 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$). Średnio dla odmian całkowita zawartość szczawianów w liściach aktinidii ostrolistnej zebranych w sezonie 2020 wynosiła od $1,17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$ (odmiana ‘Hardy Red’) do $2,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$ (odmiana ‘Tanny’). Wśród odmian z najwyższą średnią zawartością szczawianów w liściach wyróżniono odmiany: ‘Tanny’, ‘Rima’, ‘Purpurnaja Sadowaja’, ‘HO_4’ i ‘Rubi’ ($1,93 - 2,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$). Najmniej szczawianów oznaczono w liściach odmian ‘Hardy Red’, ‘Michigan State MSU’, ‘Weiki’, ‘Hoenigbeere’ i ‘Geneva’ ($1,17 - 1,43 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ śm.}$).

Tabela 14 Całkowita zawartość szczawianów w liściach 38 odmian żeńskich i 6 odmianach męskich aktinidii ostrolistnej w zależności od terminu zbioru liści w sezonie 2020 (g 100g⁻¹ śm.)

Odmiany żeńskie	Termin zbioru liści 2020				Średnia
	T1*	T2	T3		
'74-49'	1,27 ± 0,18	1,58 ± 0,11	1,83 ± 0,03	1,56	b-j***
'74-8'	1,19 ± 0,30	1,65 ± 0,08	1,54 ± 0,00	1,46	a-e
'Abuntance Green'	1,34 ± 0,22	1,71 ± 0,03	1,66 ± 0,15	1,57	b-k
'Ananasnaya' ('Anna')	1,50 ± 0,05	1,61 ± 0,09	1,57 ± 0,17	1,56	b-j
'Aomovi'	1,51 ± 0,04	1,79 ± 0,07	1,92 ± 0,03	1,74	d-p
'Beauty Rike'	1,33 ± 0,06	1,87 ± 0,07	1,60 ± 0,21	1,60	b-l
'Bingo'	1,34 ± 0,08	2,42 ± 0,83	1,74 ± 0,07	1,84	j-r
'Domino'	1,55 ± 0,13	1,82 ± 0,21	1,91 ± 0,00	1,76	e-p
'Favorit'	1,42 ± 0,10	1,95 ± 0,06	1,99 ± 0,09	1,79	f-p
'Frenchman's Bay'	1,50 ± 0,09	1,88 ± 0,15	2,13 ± 0,05	1,84	j-r
'Geneva'	1,10 ± 0,25	1,43 ± 0,07	1,75 ± 0,07	1,43	a-c
'Hardy Red'	**0,63 ± 0,03	1,56 ± 0,04	1,31 ± 0,04	1,17	a
'HO_4'	1,50 ± 0,15	1,94 ± 0,06	2,36 ± 0,27	1,93	n-s
'Hoenigbeere'	1,23 ± 0,21	1,72 ± 0,03	1,35 ± 0,16	1,43	a-d
'Hokkaido'	1,25 ± 0,07	1,42 ± 0,06	1,81 ± 0,03	1,49	b-g
'Huan You'	1,65 ± 0,12	2,28 ± 0,11	1,92 ± 0,23	1,95	o-s
'Julia'	1,39 ± 0,05	2,09 ± 0,31	2,12 ± 0,05	1,87	j-s
'Jumbo' ('Ambrosia')	1,50 ± 0,02	1,64 ± 0,31	1,76 ± 0,08	1,63	b-n
'Juwilejna'	1,11 ± 0,18	1,69 ± 0,12	1,70 ± 0,05	1,50	b-g
'Kijewska Krupnopłodnaja'	1,58 ± 0,15	2,18 ± 0,11	1,70 ± 0,15	1,82	i-p
'Lucy'	1,31 ± 0,21	1,54 ± 0,31	1,69 ± 0,01	1,51	b-i
'Melanandra Gelin'	1,43 ± 0,08	1,75 ± 0,02	2,26 ± 0,06	1,81	h-p
'Miss Green'	1,46 ± 0,12	1,20 ± 0,37	1,77 ± 0,03	1,48	b-f
'Michigan State' ('MSU')	1,41 ± 0,12	0,95 ± 0,59	1,79 ± 0,09	1,38	ab
'National Arboretum 7'	1,29 ± 0,14	1,43 ± 0,09	1,72 ± 0,17	1,48	b-f
'Oryginalnaja'	1,70 ± 0,03	2,08 ± 0,11	1,86 ± 0,12	1,88	k-s
'Purpurnaja Sadowaja'	1,39 ± 0,22	2,21 ± 0,01	2,39 ± 0,00	2,00	p-s
'Red Beauty' ('Maki')	1,14 ± 0,11	1,89 ± 0,03	1,84 ± 0,13	1,62	b-m
'Red1'	1,29 ± 0,39	1,67 ± 0,23	2,56 ± 0,06	1,84	j-r
'Rima'	1,96 ± 0,00	2,19 ± 0,04	2,28 ± 0,09	2,14	rs
'Scarlet September Kiwi' ^{PBR}	1,31 ± 0,21	1,55 ± 0,22	1,66 ± 0,09	1,51	b-h
'Sientiabrskaja'	1,72 ± 0,04	1,97 ± 0,24	1,92 ± 0,24	1,87	k-s
'Tanny'	1,86 ± 0,07	2,41 ± 0,03	2,19 ± 0,06	2,15	s
'Twist'	1,18 ± 0,10	1,75 ± 0,10	1,62 ± 0,14	1,52	b-i
'Verde'	1,73 ± 0,01	2,15 ± 0,23	1,69 ± 0,20	1,86	j-s
'Verona'	1,18 ± 0,16	1,66 ± 0,04	2,12 ± 0,01	1,65	b-o
'Warszawa'	1,36 ± 0,17	1,81 ± 0,04	1,76 ± 0,11	1,64	b-o
'Weiki' ('Bayern Kiwi')	1,31 ± 0,24	1,53 ± 0,18	1,41 ± 0,07	1,42	a-c
Odmiany męskie					
'F7'	1,37 ± 0,06	1,80 ± 0,07	2,49 ± 0,03	1,89	l-s
'Haya Kume'	1,33 ± 0,18	1,88 ± 0,02	1,80 ± 0,01	1,67	b-o
'Joker'	1,25 ± 0,23	2,07 ± 0,13	2,07 ± 0,06	1,80	g-p
'Nostino'	1,63 ± 0,02	2,02 ± 0,20	2,09 ± 0,06	1,91	m-s
'Rubi'	1,68 ± 0,02	2,12 ± 0,13	2,04 ± 0,06	1,95	o-s
'Weiki'	1,31 ± 0,08	1,78 ± 0,11	2,04 ± 0,18	1,71	c-p
Średnia dla terminu	1,40 ^a	1,81 ^b	1,88 ^b	1,70	

* T I - początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III - liście pobrane wraz ze zbiorom dojrzałych owoców ** Pogrubioną czcionką oznaczono najniższe i najwyższe wartości uzyskane w poszczególnych terminach oraz średnio dla odmiany; *** średnie w wierszu lub kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey'a. $\alpha=0,05$)

Ocena całkowitej zawartości szczawianów i askorbinianu w owocach i liściach dwóch odmian aktinidii ostrolistnej w trakcie wegetacji

Całkowita zawartość askorbinianu

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ terminu na całkowitą zawartość askorbinianu w owocach i liściach odmiany ‘Verde’ i ‘Scarlet September’ w 2018 roku (Tabela 15). Zawartość askorbinianu w owocach odmiany ‘Verde’ była najniższa w zawiązkach owoców i rozwijających się owocach – T 1 do T 3. Następnie istotnie wzrosła (T 4-T 5) a najwyższy poziom askorbinianu oznaczono w T 6, po czym wartość ta istotnie spadła w dojrzałych owocach (T 7-T 8). Przy czym zawartość askorbinianu w ostatnim terminie zbioru była nadal 1,7-krotnie wyższa niż w zawiązkach owoców. Zawartość askorbinianu w liściach była najwyższa w pierwszym terminie – T 1, ostatni termin zawierał 35% mniej askorbinianu. W trakcie wegetacji fluktuacja zawartości askorbinianu była dość duża i w poszczególnych terminach spadała i wzrastała bez wyraźnego wzorca. Zawartość askorbinianu w owocach odmiany ‘Scarlet September’ była najwyższa w pierwszym terminie zbioru – T 1, następnie obniżyła się, znów wzrosła i w trakcie zbioru dojrzałych owoców ponownie się obniżyła. Końcowy etap wegetacji owoców charakteryzował się 58% spadkiem zawartości askorbinianu względem pierwszego terminu zbioru. Stężenie askorbinianu w liściach było najwyższe na początku wegetacji T 1 – T 4. Ostatnie dwa terminy zbioru liści charakteryzowały się znaczącym spadkiem zawartości askorbinianu. W ostatnim terminie oznaczono 2-krotnie mniej askorbinianu niż na początku wegetacji.

Tabela 15 Całkowita zawartość askorbinianu w owocach i liściach dwóch odmian aktinidii ostrolistnej w trakcie sezonu wegetacyjnego 2018 (mg kg⁻¹ śm.)

Termin	‘Verde’		‘Scarlet September’	
	Owoc	Liść	Owoc	Liść
T 1*	287 ± 6,28 ^a	737 ± 44,3 ^c	562 ± 20,2 ^c	1038 ± 6,11 ^c
T 2	320 ± 16,3 ^a	490 ± 12,2 ^a	305 ± 33,3 ^a	926 ± 32,1 ^{bc}
T 3	321 ± 55,3 ^a	709 ± 91,1 ^{bc}	362 ± 37,6 ^{ab}	1051 ± 10,5 ^c
T 4	357 ± 5,21 ^{ab}	467 ± 145 ^a	396 ± 35,5 ^{ab}	864 ± 121 ^b
T 5	359 ± 45,9 ^{ab}	372 ± 46,6 ^a	455 ± 64,0 ^{bc}	571 ± 41,5 ^a
T 6	519 ± 55,5 ^c	501 ± 11,4 ^a	356 ± 33,4 ^{ab}	501 ± 31,2 ^a
T 7	472 ± 76,0 ^{bc}	502 ± 11,5 ^a		
T 8	477 ± 39,8 ^{bc}	548 ± 21,5 ^{ab}		

*T 1 – 05.06.2018, T 2 – 19.06.2018, T 3 – 03.07.2018, T 4 – 18.07.2018, T 5 – 31.07.2018, T 6 – 28.08.2018, T 7 – 17.09.18, T 8 – 02.10.2018 **Średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey’a. $\alpha=0,05$) Analizę statystyczną przeprowadzono oddzielnie dla odmian i organów

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ terminu na całkowitą zawartość askorbinianu w owocach i liściach odmiany ‘Verde’ i ‘Scarlet September’ w 2020 roku (Tabela 16). Najwyższą, znacznie wyższą niż w pozostałych terminach, zawartość askorbinianu oznaczono w początkowej fazie rozwoju owoców – T 1. W owocach obu odmian w zawiązkach owoców (T 1) oznaczono ok. 2-krotnie więcej askorbinianu niż w terminie zbioru dojrzałych owoców (T 9 - ‘Verde’, T 7 - ‘Scarlet September’). Zawartość askorbinianu w liściach była najwyższa na początku wegetacji, po czym nastąpił liniowy spadek aż do terminu T 7. Największa zawartość askorbinianu w liściach odmiany ‘Verde’ jest w liściach młodych (T 1), między terminem drugim (T 2) i czwartym (T 4) zawartość waha się, zaś od terminu piątego (T 5) nie zmienia się istotnie do końca wegetacji pozostając na najniższym zbliżonym poziomie (T 5- T 9). Bardziej jednoznaczne zmiany zawartości askorbinianu występują u odmiany ‘Scarlet September’: między T 1 a T 3 odnotowano najwyższe, nie różniące się istotnie zawartości askorbinianu w liściach, po czym nastąpił istotny spadek (T 4) i stopniowe obniżanie się stężenia askorbinianu do końca wegetacji.

Tabela 16 Całkowita zawartość askorbinianu w owocach i liściach dwóch odmian aktinidii ostroliстной w trakcie sezonu wegetacyjnego 2020 (mg kg⁻¹ śm.)

Termin	‘Verde’		‘Scarlet September’	
	Owoc	Liść	Owoc	Liść
T 1	720 ± 124 ^b	769 ± 79,2 ^e	998 ± 119 ^b	817 ± 0,38 ^c
T 2	322 ± 8,01 ^a	492 ± 78,3 ^{cd}	465 ± 91,0 ^a	890 ± 40,8 ^c
T 3	354 ± 78,1 ^a	557 ± 35,8 ^d	359 ± 14,5 ^a	798 ± 65,1 ^c
T 4	271 ± 23,0 ^a	383 ± 1,61 ^{bc}	432 ± 68,2 ^a	559 ± 92,3 ^b
T 5	306 ± 9,53 ^a	258 ± 23,9 ^{ab}	465 ± 12,8 ^a	444 ± 1,40 ^{ab}
T 6	370 ± 15,9 ^a	322 ± 61,4 ^{ab}	515 ± 26,1 ^a	353 ± 38,0 ^a
T 7	409 ± 60,0 ^a	242 ± 13,1 ^a	456 ± 31,9 ^a	325 ± 24,8 ^a
T 8	385 ± 28,4 ^a	291 ± 29,8 ^{ab}		
T 9	400 ± 3,63 ^a	278 ± 3,89 ^{ab}		

*T 1 – 17.06.2020, T 2 – 01.07.2020, T 3 – 15.07.2020, T 4 – 29.07.2020, T 5 – 12.08.2020, T 6- 26.08.2020, T 7 – 09.09.2020, T 8 – 23.09.2020, T 9 – 30.09.2020 **Średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey’a. α=0,05) Analizę statystyczną przeprowadzono oddzielnie dla odmian i organów

Całkowita zawartość szczawianów

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ terminu na całkowitą zawartość szczawianów w owocach aktinidii ostrolistnej odmiany ‘Verde’ i ‘Scarlet September’ w roku 2018 (Tabela 17). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu w przypadku liści. Zawartość szczawianów w owocach obniżała się stopniowo wraz z dojrzewaniem owoców u obu odmian, natomiast jedynie u odmiany ‘Verde’ istotność spadku została udowodniona. W przypadku odmiany ‘Verde’ istotny spadek zawartości szczawianów wystąpił między pierwszym a czwartym terminem poboru prób do analiz, po tym terminie ich zawartość spadała nieznacznie. Różnica między pierwszym i ostatnim terminem była 2-krotna w przypadku odmiany ‘Verde’. Zawartość szczawianów w liściach utrzymywała się na podobnym poziomie przez cały okres wegetacji. Nieco niższą zawartość oznaczono w pierwszym terminie zbioru (T 1) w odmianie ‘Scarlet September’ i w dwóch pierwszych terminach (T 1 i T 2) w odmianie ‘Verde’. Odmiana ‘Verde’ w kolejnych terminach zbioru charakteryzowała się wzrostem zawartości o 20% (T 3 i T 4) i w ostatnich terminach (T 5 – T 8) spadła do początkowej wartości. Odnotowane pewien trend, mianowicie zawartość szczawianów w liściach nieznacznie wzrastała do połowy wegetacji a następnie obniżała się (Tabela 12).

Tabela 17 Całkowita zawartość szczawianów w owocach i liściach dwóch odmian aktinidii ostrolistnej w trakcie sezonu wegetacyjnego 2018 (g 100g⁻¹ śm.)

Termin	‘Verde’		‘Scarlet September’	
	Owoc	Liść	Owoc	Liść
T 1*	1,12 ± 0,19 ^{c**}	1,89 ± 0,12 ^a	0,95 ± 0,12 ^a	1,28 ± 0,40 ^a
T 2	1,05 ± 0,03 ^c	1,99 ± 0,29 ^a	0,94 ± 0,17 ^a	1,47 ± 0,09 ^a
T 3	0,91 ± 0,14 ^{bc}	2,27 ± 0,12 ^a	0,81 ± 0,14 ^a	1,53 ± 0,30 ^a
T 4	0,70 ± 0,21 ^{ab}	2,32 ± 0,90 ^a	0,78 ± 0,14 ^a	1,53 ± 0,12 ^a
T 5	0,71 ± 0,08 ^{ab}	2,10 ± 0,06 ^a	0,75 ± 0,09 ^a	1,40 ± 0,24 ^a
T 6	0,63 ± 0,06 ^{ab}	2,01 ± 0,12 ^a	0,70 ± 0,08 ^a	1,64 ± 0,15 ^a
T 7	0,65 ± 0,10 ^{ab}	2,06 ± 0,18 ^a		
T 8	0,58 ± 0,20 ^a	2,02 ± 0,13 ^a		

*T 1 – 05.06.2018, T 2 – 19.06.2018, T 3 – 03.07.2018, T 4 – 18.07.2018, T 5 – 31.07.2018, T 6 – 28.08.2018, T 7 – 17.09.18, T 8 – 02.10.2018 **Średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey’a. $\alpha=0,05$) Analizę statystyczną przeprowadzono oddzielnie dla odmian i organów

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ terminu na całkowitą zawartość szczawianów w owocach aktinidii ostrolistnej odmiany ‘Verde’ i ‘Scarlet September’ w roku 2020 (Tabela 18). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu w przypadku liści odmiany ‘Verde’. Natomiast liście odmiany ‘Scarlet September’ różniły się istotnie pod względem zawartości szczawianów. Zawartość szczawianów w owocach odmiany ‘Verde’ zmniejszyła się o 40% w dojrzałych owocach w porównaniu do zawiązków owoców. Najwyższą zawartość szczawianów w owocach odmiany ‘Scarlet September’ oznaczono w terminie T 1, następnie zawartość szczawianów spadła a w terminie T 6 odnotowano nagły wzrost zawartości szczawianów w owocach. Oszacowano 20% spadek zawartości szczawianów w dojrzałych owocach względem zawiązków owoców. Zawartość szczawianów w liściach zmieniała się w trakcie wegetacji. Zawartość szczawianów w liściach odmiany ‘Verde’ była najniższa w pierwszym terminie – T 1, następnie rosła do terminu T 5 i ponownie spadła. Nie odnotowano różnicy między pierwszym i ostatnim terminem zbioru liści. Liście odmiany ‘Scarlet September’ charakteryzowały się najniższą zawartością szczawianów w terminie T 1 i T 3, najwyższą zawartość odnotowano w ostatnim terminie T 7. Różnica w zawartości między pierwszym i ostatnim terminem zbioru wynosiła 70%.

Tabela 18 Całkowita zawartość szczawianów w owocach i liściach dwóch odmian aktinidii ostrolistnej w trakcie sezonu wegetacyjnego 2020 (g 100g⁻¹ śm.)

Termin	‘Verde’		‘Scarlet September’	
	Owoc	Liść	Owoc	Liść
T 1*	0,62 ± 0,07 ^{b**}	1,58 ± 0,18 ^a	0,68 ± 0,05 ^b	0,95 ± 0,31 ^a
T 2	0,57 ± 0,08 ^{ab}	1,72 ± 0,25 ^a	0,55 ± 0,10 ^{ab}	1,20 ± 0,25 ^{ab}
T 3	0,56 ± 0,03 ^{ab}	1,61 ± 0,16 ^a	0,52 ± 0,06 ^{ab}	0,98 ± 0,14 ^a
T 4	0,53 ± 0,10 ^{ab}	1,77 ± 0,20 ^a	0,56 ± 0,06 ^{ab}	1,29 ± 0,15 ^{ab}
T 5	0,45 ± 0,05 ^a	2,02 ± 0,29 ^a	0,46 ± 0,10 ^a	1,47 ± 0,11 ^b
T 6	0,51 ± 0,07 ^{ab}	1,61 ± 0,21 ^a	0,62 ± 0,09 ^{ab}	1,45 ± 0,10 ^b
T 7	0,43 ± 0,04 ^a	1,67 ± 0,12 ^a	0,55 ± 0,06 ^{ab}	1,60 ± 0,14 ^b
T 8	0,42 ± 0,07 ^a	1,94 ± 0,42 ^a		
T 9	0,44 ± 0,05 ^a	1,64 ± 0,20 ^a		

*T 1 – 17.06.2020, T 2 – 01.07.2020, T 3 – 15.07.2020, T 4 – 29.07.2020, T 5 – 12.08.2020, T 6- 26.08.2020, T 7 – 09.09.2020, T 8 – 23.09.2020, T 9 – 30.09.2020 **Średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (test Tukey’a. $\alpha=0,05$) Analizę statystyczną przeprowadzono oddzielnie dla odmian i organów

Zależność między zawartością askorbinianu i szczawianów w liściach i owocach

W roku 2018 i 2020 wykazano wysoce istotną dodatnią korelację między zawartością askorbinianu w skórce i miąższu owoców (Diagram 2 i 3). W roku 2018 wysoce istotną dodatnią korelację odnotowano także między zawartością askorbinianu i szczawianów w skórce oraz miąższu owocu, nie potwierdzono jej jednak w roku 2020. Nie odnotowano zależności między szczawianami w skórce i miąższu owoców.

Zawartość askorbinianu w skórce owocu i młodych liściach (T I) jest dodatnio skorelowana w obu latach, dodatkowo w roku 2020 korelacja ta obejmuje również miąższ. Dodatnią korelację odnotowano także w drugim terminie zbioru liści z zawartością askorbinianu w skórce i miąższu w roku 2018.

W sezonie 2018 wysoce istotną korelację oznaczono dla zawartości askorbinianu w młodych liściach (T I i T II) a zawartością szczawianów w skórce owocu (Diagram 2). Analiza korelacji w sezonie 2020 nie ukazała tej zależności (Diagram 3).

Korelacja między zawartością szczawianów w liściach a ich zawartością w owocach, niezależnie od terminu pobrania liści do analiz była nieistotna. Zawartość szczawianów w młodych liściach jest dodatnio skorelowana z zawartością szczawianów w kolejnych terminach zbioru liści w obu latach.

Diagram 2 Współczynniki korelacji między zawartością askorbinianu i szczawianów w liściach i owocach na podstawie analizy odmian żeńskich w roku 2018

	owoc					liść				
	ASC - S	ASC - M	SZCZ - S	SZCZ - M	ASC - L TI	ASC - L TII	ASC - L TIII	SZCZ - L TI	SZCZ - L TII	SZCZ - L TIII
owoc	X									
ASC - M	0,72	X								
SZCZ - S	0,68	0,47	X							
SZCZ - M	0,14	-0,17	0,07	X						
liść										
ASC - L TI	0,55	0,16	0,57	0,20	X					
ASC - L TII	0,62	0,66	0,55	-0,05	0,34	X				
ASC - L TIII	0,13	0,16	0,15	0,26	0,15	0,46	X			
SZCZ - L TI	0,21	0,30	0,22	-0,02	0,28	0,15	0,16	X		
SZCZ - L TII	-0,02	0,14	0,15	0,02	0,06	0,16	0,33	0,57	X	
SZCZ - L TIII	0,04	0,20	0,22	0,07	-0,01	0,27	0,29	0,64	0,50	X
	p=0,00		p=0,01		p=0,05					

ASC – askorbinian; SZCZ – szczawian; S – skórka; L – liść; T I – termin zbioru liści początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III – liście pobrane wraz ze zbiorem dojrzałych owoców

Diagram 3 Współczynniki korelacji między zawartością askorbinianu i szczawianów w liściach i owocach na podstawie analizy odmian żeńskich w roku 2020

		owoc				liść					
		ASC - S	ASC - M	SZCZ - S	SZCZ - M	ASC - L TI	ASC - L TII	ASC - L TIII	SZCZ - L TI	SZCZ - L TII	SZCZ - L TIII
owoc	ASC - S	X									
	ASC - M	0,70	X								
	SZCZ - S	0,12	-0,01	X							
	SZCZ - M	0,10	0,16	-0,07	X						
liść	ASC - L TI	0,56	0,55	0,06	0,06	X					
	ASC - L TII	0,28	0,32	0,00	0,18	0,52	X				
	ASC - L TIII	0,13	0,24	0,02	0,32	0,22	0,60	X			
	SZCZ - L TI	0,33	0,39	-0,12	-0,07	0,24	0,08	-0,07	X		
	SZCZ - L TII	0,27	0,37	0,12	0,08	0,34	0,27	0,06	0,51	X	
	SZCZ - L TIII	0,16	0,41	-0,01	0,10	0,34	0,35	0,29	0,40	0,36	X
			p=0,00		p=0,01		p=0,05				

ASC – askorbinian; SZCZ – szczawiany; S – skórka; L – liść; T I – termin zbioru liści początek kwitnienia, T II - liście w pełni rozwinięte, T III – liście pobrane wraz ze zbiorem dojrzałych owoców

6.2 Dyskusja

Podstawowymi parametrami jakości owoców jest wielkość, smak oraz barwa. Niewielka masa oraz jadalna skórka to pożądane cechy na rynku owoców jagodowych, które wyróżniają owoce mini kiwi od pokrewnego, popularnego owocu kiwi (Latocha i in. 2015). Duże zróżnicowanie odmianowe pozwala na uprawę odmian o zielonym i czerwonym kolorze skórki i miąższu. Smak owocu zależy od składu chemicznego owocu i jego aromatu (Lindhorst i Steinhaus 2016). Skład chemiczny owocu to także zawartość przeciwutleniaczy, ważny czynnik wpływający na wartość prozdrowotną żywności. Walory zdrowotne są ważnym argumentem w poszukiwaniu i ocenie szeroko rozumianej wartości nowych gatunków i odmian, czy popularyzacji niszowych gatunków owoców, dopiero wprowadzanych na rynek konsumencki (Kyriacou i Rouphael 2018, Huang 2022). Owoce aktinidii ostrolistnej dopiero zyskują popularność wśród świeżych owoców jagodowych. W uprawie towarowej plantatorzy najczęściej wybierają odmiany takie jak ‘Geneva’, ‘Weiki’ czy ‘Ananasnaya’, natomiast wachlarz dostępnych do uprawy odmian jest znacznie szerszy a ich szczegółowa charakterystyka jest niezbędna w kontekście nie tylko jakości owoców ale też planowania uprawy i sprzedaży owoców. W niniejszej pracy ocenie poddano 38 odmian żeńskich aktinidii ostrolistnej. Ocena dużej ilości odmian w tych samych warunkach środowiska stanowi duży potencjał do wykorzystania zarówno w celach naukowych, hodowlanych, czy bezpośrednio przy zakładaniu plantacji. Pierwszy problem z którym muszą zmierzyć się producenci i odbiorcy owoców aktinidii to krótki okres podaży owoców przez wzgląd na krótki czas przechowywania (Williams i in 2003, Han i in. 2019). Rozwiązaniem tego problemu może być uprawa odmian o różnych terminach zbioru owoców. W pracy odnotowano, że najwcześniej, z początkiem września, dojrzewają owoce odmian: ’74-49’, ’74-8’, ‘Bingo’, ‘Hokkaido’, ‘Scarlet September’, ‘Twist’ i ‘Warszawa’. Następnie w połowie września możemy spodziewać się owoców takich odmian jak: ‘Favorit’, ‘Frechman’s Bay’, ‘Geneva’, ‘Hardy Red’, ‘HO_4’, ‘Lucy’. Na przełomie września i października dojrzewają owoce odmian ‘Abuntance Green’, ‘Ananasnaya’, ‘Aomovi’, ‘Beauty Rike’, ‘Domino’, ‘Hoenigbeere’, ‘Huan You’, ‘Kijewskaja Krupnopłodnaja’, ‘Melanandra Gelin’, ‘Miss Green’, ‘Michigan State’, ‘National Arboretum 7’, ‘Oryginalnaja’, ‘Purpurnaja Sadowaja’, ‘Red Beauty’, ‘Red1’, ‘Rima’, ‘Tanny’, ‘Verona’ i ‘Weiki’. Do cech zewnętrznych różnicujących odmiany, które ujęto także w niniejszych badaniach jest wielkość, kolor skórki i miąższu czy smak owoców – bogactwo które zwiększa szansę

pozyskania konsumenta. Wśród odmian aktinidii ostrolistnej przeważają zielone owoce. Odmiany o czerwonych owocach to ‘Hardy Red’, ‘Juwilejna’, ‘Purpurnaja Sadowaja’, ‘Scarlet September’ i ‘Twist’. Jak potwierdzają niektóre badania różowo-czerwony kolor skórki owoców jest cechą korzystniejszą w odbiorze przez konsumentów w porównaniu z kolorem zielonym (Latocha i Jankowski, 2011). Kolejną cechą, którą różnią się odmiany jest masa/wielkość owocu. W przypadku aktinidii wielkość owoców testowanych odmian była bardzo zróżnicowana. Owoce odmiany ‘Juwilejna’ w roku 2020 ważyły jedyne 3,2 g a owoc odmiany ‘Abuntance Green’ uprawiany w tych samych warunkach, tego samego roku ważył aż 17,1 g, te same odmiany wyróżniono pod względem najwyższej i najniższej masy w roku 2018. Istotny wpływ odmiany na masę owoców zaobserwowali także badacze Kim i in. (2009), którzy oznaczyli średnią masę owocu japońskich odmian aktinidii wynoszącą ok. 7 g gdzie najniższa masa owocu wynosiła 3 g zaś najwyższa 12,3 g. W przypadku 6 odmian chińskich zakres wartości dla tego wskaźnika kształtowała się od 5,35 g do 14,09 g. (Zhang i in. 2021).

Średnia masa owocu aktinidii dla 38 odmian testowanych w pracy w dwóch sezonach wegetacyjnych to 8,59 i 9,53 g, różnica między sezonami w średniej masie owocu wynosiła ok. 11% masy. Pomimo wyższej średniej w roku 2020, niektóre odmiany charakteryzowały się wyższą masą owocu w roku 2018 np. owoce odmiany ‘Julia’ i ‘Lucy’ były o ok. 50% większe lub o ok. 30% jak np. owoce odmiany ‘Red 1’. Różnice w masie owoców między sezonami mogą sięgać 25%, co odnotowali badacze Latocha i in. (2023), którzy oznaczyli masę owoców w trzech sezonach wegetacji, badając 4 odmiany aktinidii (‘Geneva’, ‘Weiki’, ‘Bingo’ i ‘Ananasnaya’). Badania porównawcze dotyczące mas owoców 5 odmian aktinidii przez 4 sezony wegetacyjne wykazały, że różnice w masie owoców między sezonami były dużo niższe i wynosiły ok. 12% (Bieniek i in. 2012). Niższa masa owoców a także zaobserwowane różnice między poszczególnymi sezonami wegetacyjnymi mogą wynikać z różnic warunków pogodowych, które mają wpływ na plon poprzez ilość wykształconych pąków i jakość zapylenia (Bieniek i in. 2012, Stasiak i in. 2021, Latocha i in. 2023).

W badaniach nad jakością owoców często ocenia się oddzielnie miąższ i skórkę. Skórka owocu z reguły ma zwiększoną zawartość związków biologicznie aktywnych co w przypadku mini kiwi jest istotnym aspektem gdyż skórka jest jadalna (Latocha i in. 2015, Zhang i in. 2021). Procentowy udział skórki w owocach mini kiwi w prezentowanych badaniach to średnio 20% (od 16 do 28%) gdzie do badań pobierano skórkę wraz z cienką warstwą przylegającego do niej miąższu, niższe wyniki oznaczyli

badacze Latocha i in. (2015) wynoszące od 9 do 20% lecz pod uwagę wzięto jedynie 6 odmian. Odmiany chińskie charakteryzowały się procentowym udziałem skórki w całym owocu na poziomie od 8 do 21%, w tych badaniach również zostało przeanalizowane 6 rodzimych odmian (Zhang i in. 2021). Różnice mogą też wynikać ze sposobu rozdziału skórki od miąższu, a przy owocach miękkich, często niewielkich rozmiarów może być problematycznym zabiegiem.

Owoce mini kiwi zaliczane są do grupy owoców o bogatym składzie chemicznym i wysokiej aktywności antyoksydacyjnej (Baranowska-Wójcik i Sz wajgier 2019, Latocha i in. 2023, Hu i in. 2024). Jednym z istotnych związków pro-zdrowotnych jest witamina C (askorbinian, kwas L-askorbinianowy) o szczególnym znaczeniu dla organizmów żywych (Gill i Tuteja 2010). Zawartość askorbinianu w testowanych 38 odmianach mini kiwi wynosiła średnio 601 mg kg⁻¹ śm. w miąższu i 1029 mg kg⁻¹ śm. w skórce w roku 2018 oraz 483 mg kg⁻¹ śm. w miąższu i 833 mg kg⁻¹ śm. w skórce w roku 2020. W obu sezonach odnotowano dodatnią korelację między zawartością askorbinianu w skórce i miąższu owoców. W roku 2018 różnice w zawartości askorbinianu w skórce między odmianami było bardzo duże – odnotowano aż 12-krotne różnice między zawartością najniższą i najwyższą, analogicznie dla miąższu różnice były 6-krotne. W drugim z testowanych sezonów wartości te były dużo niższe (5-7-krotne różnice odpowiednio dla skórki i miąższu). Z punktu widzenia jakości owocu znaczenie mogą mieć dystrybucja danego związku/ów w owocu. Skórka pomimo wysokich zawartości związków prozdrowotnych stanowi niewielki procent całego owocu, dlatego pożądanym jest aby różnice w zawartości między skórka a miąższem nie były aż tak znaczne. Duże różnice między skórka a miąższem w zawartości askorbinianu w testowanych owocach, powyżej 3-krotne odnotowano w odmianie ‘Favorit’, ‘HO_4’, ‘Hoenigbeere’ i ‘Red Beauty’ w pierwszym z sezonów (2018) ale w kolejnym były dużo mniejsze i wiązały się na ogół z dużym spadkiem zawartości w skórce, ale nie w miąższu. Należy też zaznaczyć, że niektóre odmiany takie jak ‘Melanandra Gelin’, ‘Red1’, ‘Rima’, ‘Warszawa’ czy ‘Weiki’ charakteryzowały się wysoką, zbliżoną zawartością askorbinianu zarówno w skórce i w miąższu. Ta prawidłowość, co istotne, wystąpiła w obu sezonach i może być pożądaną cechą przez wzgląd na niewielki udział skórki w masie owocu jak i wydaje się w tym przypadku, stałości tej cechy. Zbliżony zakres różnic w zawartości askorbinianu między skórka i miąższem, mimo niewielkiej liczby testowanych odmian uzyskali Latocha i in. (2015). Średnio skórka owoców 7 odmian aktinidii charakteryzowała się 2-krotnie

większą zawartością askorbinianu niż miąższ (Latocha i in. 2015). Większe różnice (ponad 5-krotne) między skórką a miąższem w średniej zawartości askorbinianu odnotowano w owocach aktinidii ostrolistnej odmian chińskich (Zhang i in. 2021). O ile zawartość tego związku w skórce kształtowała się na podobnym poziomie jak w niniejszych badaniach, to zawartość askorbinianu w miąższu była kilkukrotnie niższa (Zhang i in. 2021). Analiza badań nad askorbinianem wskazuje na duże zróżnicowanie tej cechy między odmianami, jak i w samym owocu i silnym wpływie środowiska na zawartość tego hydrofilowego anyksoydanta. Natomiast bardzo korzystnie wypada porównanie mini kiwi z owocami kiwi odmiany ‘Hayward’, w którym owoce mini kiwi są zdecydowanie bogatszym źródłem witaminy C (Latocha i in. 2015, Leontowicz i in. 2016, Wang i in. 2018, Nishiyama i in. 2004). Wśród 38 badanych odmian w niniejszej pracy tylko kilka (‘74-8’, ‘Frenchman’s Bay’, ‘Hardy Red’, ‘Juwilejna’) w obu sezonach charakteryzowały się zawartością askorbinianu poniżej 500 mg 100 g⁻¹ śm.

Porównując oba sezony wegetacyjne pod względem całkowitej zawartości askorbinianu w sezonie 2018 przeciętna jego zawartość była o 20% wyższa, zarówno w skórce jak i w miąższu, względem sezonu 2020. Wyższa temperatura i nasłonecznienie w okresie wzrostu owoców (kwiecień – sierpień) w roku 2018 mogła wpłynąć pozytywnie na akumulację askorbinianu w owocach (Zheng i in. 2022). Istotny wpływ warunków pogodowych jest często notowany w odniesieniu do askorbinianu jak i innych związków biologicznie aktywnych, przy czym wielkość wpływu często zależy od odmiany (Bieniek i in. 2012, Latocha i in. 2023). Wśród testowanych odmian, odmiany takie jak ‘Abuntance Green’, ‘Kijewskaja Krupnopłodnaja’ i ‘Julia’ w obu sezonach znajdowały się w grupie odmian o najwyższej zawartości askorbinianu. Niezależnie od sezonu do odmian o najniższej zawartości zaliczono ‘Hardy Red’, ‘Frenchman’s Bay’ i ‘74-8’. Najwyższe, ok. 2-krotne, różnice w zawartości askorbinianu między sezonami odnotowano dla odmian ‘Abuntance Green’, ‘Lucy’, ‘National Arboretum 7’ czy ‘Red Beauty’. Stabilne pod względem zawartości askorbinianu okazały się być odmiany takie jak ‘Hokkaido’, ‘Julia’, ‘Jumbo’, ‘Juwilejna’, ‘Melananadra Gelin’, ‘Miss Green’, ‘Purpurnaja Sadowaja’, ‘Red 1’, ‘Rima’, ‘Scarlet September’, ‘Verona’ i ‘Weiki’. Te odmiany charakteryzowały się bardzo zbliżoną zawartością askorbinianu w obu sezonach wegetacji. Duża liczba przetestowanych odmian daje dobre rozeznanie pod względem zróżnicowania odmianowego, różnic w zawartości w obrębie owocu jak siły oddziaływania warunków pogodowych. W dostępnej literaturze dotyczącej badań w Polsce na ogół testowano po kilka odmian

(Krupa i in. 2011, Latocha i in. 2023, Wojdyło i in. 2017). Najczęściej oceniano takie odmiany jak: 'Geneva', 'Weiki', 'Bingo', 'Ananasnaya', '74-49', 'Issai', 'Jumbo'. Badacze podkreślają, że głównym czynnikiem różnicującym zawartość askorbinianu jest odmiana (Rassam i Laing 2005, Krupa i in. 2011, Wojdyło i in. 2017), natomiast nie bez znaczenia jest stanowisko uprawy i czynniki glebowo-klimatyczne (Wojdyło i in. 2017, Stefaniak i in. 2020, Latocha i in. 2023).

Najczęściej badaną grupą związków a także najbardziej różnorodną są związki fenolowe (Teleszko i in. 2015, Tan i in. 2021). Związki fenolowe mają duży udział w kształtowaniu całkowitego potencjału antyoksydacyjnego a jednocześnie są bardziej stabilną grupą niż askorbinian (Huang 2020, Lin i in. 2022b). Zawartość związków fenolowych jest ściśle związana z warunkami klimatyczno-glebowymi a także zależy od czynników genetycznych takich jak badany gatunek czy, w obrębie tego samego gatunku, odmiana (Zuo i in. 2012, Wojdyło i in. 2017). Porównując trzy gatunki *Actinidia* pod kątem całkowitej zawartości związków fenolowych odnotowano prawie 8-krotną różnicę między gatunkiem *A. deliciosa* a *A. eriantha* (Huang i in. 2020). Całkowita zawartość związków fenolowych w owocach mini kiwi, była 4-krotnie większa w porównaniu z owocem kiwi. Badacze związków fenolowych uszeregowali, ze względu na ich zawartość, owoce rodzaju *Actinidia* w następującej kolejności *A. eriantha* > *A. kolomikta* > *A. arguta* > *A. chinensis* (Zuo i in. 2012, Leontowicz i in. 2016, Wang i in. 2018, Huang i in. 2020). Jednak mając na względzie znaczenie w uprawie towarowej, uszeregowanie gatunków będzie odwrotne. Największe znaczenie na rynku owoców ma *A. chinensis*, do upraw towarowych dołączyła także *A. arguta*, jednak nie dorównuje znaczeniem gospodarczym owocom kiwi. Dużych różnic należy się spodziewać między odmianami. I tak w prezentowanych wynikach całkowita zawartość związków fenolowych w owocach aktinidii ostrolistnej wahała się od 139 aż do 1430 mg kg⁻¹ śm. Zbliżone wyniki otrzymano w badaniach przeprowadzonych przez zespół Wang i in. (2018).

Porównując oba sezony wegetacyjne pod względem całkowitej zawartości związków fenolowych w aktinidii ostrolistnej w sezonie 2018 średnio oznaczono o 26% więcej ogólnej puli tych związków względem sezonu 2020. Zespół Latocha i in. (2023) odnotował w latach 2015-2016, bardzo zbliżone zawartości związków fenolowych (średnio dla 4 odmian) natomiast w roku 2018 w porównaniu do tych lat stwierdzono ich istotny wzrost. W niniejszych badaniach efekt sezonu zaznaczył się silnie w przypadku skórki (różnice między latami wynosiły przeciętnie powyżej 30%), zaś w

przypadku miąższu zawartość związków fenolowych w poszczególnych latach była już zbliżona.

Skórka jest naturalną barierą owocu przed szkodliwym działaniem stresów biotycznych i abiotycznych. W wyniku powstałych na skutek stresów reaktywnych form tlenu, rośliny uruchamiają mechanizmy ich zmiatania m. in. zwiększając syntezę przeciwutleniaczy (Gill i Tuteja 2010, Baxter i in. 2014). W relacji skórka-miąższ, skórka zawierała istotnie wyższą zawartość związków fenolowych niż miąższ, przy czym relacja ta była wielkością zmienną, zależną od roku badań. Różnice zawartości związków fenolowych w skórcie mogą być niewielkie do kilkunastokrotnych jak donoszą autorzy przytoczonych prac (Kim i in. 2009, Latocha i in. 2015). Także w prezentowanych w pracy doktorskiej wynikach skórka średnio zawierała ok. 3-krotnie więcej związków fenolowych niż miąższ. Ponadto w powyższych badaniach silnie zaznaczył się czynnik odmianowy. W roku 2018 oznaczono najniższą 1,2-krotną różnicę między skórką a miąższem odmianie ‘Kijewskaja Krupnoplodnaja’ zaś najwyższą 13-krotną różnicę odnotowano w odmianie ‘Huan You’. W sezonie 2020 rozbieżność nie była już tak duża i najmniejszą 0,8-krotną różnicę między skórką a miąższem oznaczono w odmianie ‘Hardy Red’ zaś najwyższą 7,3-krotną w odmianie ‘Aomovi’. Pomimo większego zróżnicowania odmianowego w pracy doktorskiej zakres różnic między skórką a miąższem nie wykraczał poza cytowane powyżej badania u Kim i in. (2009) czy Latocha i in. (2015) gdzie testowano jedynie kilka odmian. Różnice w zawartości mogą zależeć od wielu czynników, przy czym głównym czynnikiem różnicującym jest odmiana i jej pochodzenie. Badania prowadzone przez trzy sezony wykazały odmianę ‘Geneva’ jako najbardziej zasobną w związki fenolowe spośród 4 innych odmian (Latocha i in. 2023). Także odmiany chińskie charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem, wśród 8 odmian chińskich różnica między odmianą o najwyższej i najniższej zawartości związków fenolowych była ponad 2-krotna (Zhang i in. 2021). Różnice zawartości związków fenolowych pomiędzy odmianami daje uzasadnienie badania poszczególnych odmian dla wytypowania roślin o jak największej zasobności.

Obok związków prozdrowotnych o pozytywnym wpływie na zdrowie, w owocach i warzywach mogą występować związki antyodżywcze, których działanie może być niekorzystne, zwłaszcza dla pewnych grupy konsumentów (Savage i in. 2000, Holmes 2001). Owoce mini kiwi zawierają szczawiany, które będąc związkami antyodżywczymi mają negatywny wpływ na zdrowie, gdyż są przyczyną powstawania

kamieni nerkowych oraz są czynnikiem ograniczającym wykorzystanie składników odżywczych, takich jak wapń i magnez. Szczawiany występujące w owocach w postaci kryształów szczawianów wapnia mogą pogarszać ich smak (Holmes i in. 2001, Walker i Prescott 2003). Najczęściej wykorzystywaną metodą oznaczania szczawianów w materiale roślinnym jest metoda HPLC z zastosowaniem kolumny jonowymiennej. W prezentowanych badaniach podjęto próbę wykorzystania nowej, stosunkowo prostej i taniej metody spektrofotometrycznej, którą można wykorzystać do oszacowania zawartości szczawianów przy testowaniu dużej populacji (Naik i in. 2014, Mishra i in. 2017). Badanie zawartości szczawianów w owocach nie jest popularnym tematem wśród badaczy. Wysokie zawartości szczawianów są przede wszystkim oznaczane w warzywach liściowych takich jak szpinak, szczaw czy rabarbar (Massey 2007, Tuazon-Narrea i Savage 2013). Jednak problem obecności kryształów szczawianów wapnia dotyczy także owoców mini kiwi (Walker i Prescott 2003, Kong i in. 2024). W niniejszych badaniach podjęto próbę sklasyfikowania 38 odmian aktinidii ostrolistnej pod względem całkowitej zawartości szczawianów w owocach. Zawartość szczawianów w miąższu owoców w sezonie 2018 wynosiła 0,55-0,91 ('Tanny' i 'Julia') zaś w skórce 1,08-2,71 g 100 g⁻¹ ś.m ('74-8' i 'Abundance Green'). W sezonie 2020, zawartość zarówno w miąższu jak w i skórce była niższa, odpowiednio 0,49-0,77 g 100 g⁻¹ śm. ('Huan You' i 'Julia') i 0,71-1,93 g 100 g⁻¹ śm. ('Huan You' i 'Red Beauty'). Niższe zawartości w owocach odnotowali Nguyen i Savage (2013a) – 42,6 mg 100 g⁻¹ śm., jednak w badaniach zastosowano inną metodę (HPLC z kolumną jonowymienną) a sama próbka składała się z owoców jednej odmiany, bez podziału na skórkę i miąższ. Biorąc pod uwagę średnią z obu sezonów zawartość szczawianów w owocach badanych metodą spektrofotometryczną była 25-krotnie większa. Średnia zawartość szczawianów w 6 genotypach *Actinidia chinensis* wynosiła 30,2 mg 100 g⁻¹ śm. Różnica w zawartości szczawianów między poszczególnymi genotypami była 2,5-krotna (Rassam i Laing 2005). Podobną 2-krotną różnicę w zawartości szczawianów odnotowano w obu sezonach prezentowanych badań biorąc pod uwagę wartości skrajne. Owoce kiwi *Actinidia deliciosa* i *Actinidia chinensis* zawierały 47,7 i 55,4 mg 100 g⁻¹ śm. szczawianów w skórce oraz 19,3 i 15,7 mg 100 g⁻¹ śm. w miąższu. Ogólny wzór dystrybucji szczawianów jest podobny do związków bioaktywnych a mianowicie zawartość szczawianów jest wyższa w skórce w porównaniu z miąższem owoców (Rassam i Laing 2005, Nguyen i Savage 2013b, Sawicka i in. 2023). Średnio zawartość szczawianów w obu sezonach była 2-krotnie wyższa w skórce niż w miąższu. Nieco

wyższe zawartości w skórce oznaczyli także badacze kiwi gdzie *Actinidia deliciosa* zawierała 2,5-krotnie więcej szczawianów w skórce a *Actinidia chinensis* 3,5-krotnie więcej (Nguyen i Savage 2013b).

W roku 2018 w owocach oznaczono o ok. 20% więcej szczawianów niż w roku 2020. Odmiany ‘Hoenigbeere’ i ‘Red Beauty’ utrzymywały wysokie całkowite zawartości szczawianów w obu sezonach wegetacji. Biorąc pod uwagę najniższą zawartość szczawianów w obu sezonach wyróżniała się pod tym względem odmiana ‘National Arboretum 7’. W sezonie 2018 oznaczono dodatnią korelację między zawartością askorbinianu a całkowitą zawartością szczawianów w skórce (0,7), w roku 2020 nie odnotowano takiej zależności. W jednym z szlaków biosyntezy szczawianów, kwas askorbinowy jest substratem do biosyntezy kwasu szczawowego stąd istnieje hipoteza, że zawartość kwasu askorbinowego i szczawianów może mieć wzajemne oddziaływanie (Rassam i Laing 2005).

Przeprowadzone badania pozwoliły wytypować odmiany, które w sezonie 2018 wyróżniają się wysoką zawartością związków prozdrowotnych – askorbinianu i związków fenolowych oraz najniższą spośród przebadanych odmian zawartością szczawianów. Wśród tych odmian znajduje się ‘Verona’, ‘Tanny’ i ‘Warszawa’. Odmiana ‘Melanandra Gelin’ znajduje się w grupie odmian o najniższej zawartości szczawianów i wysokiej zawartości związków fenolowych. W sezonie 2020 jedynie odmiana ‘Verona’ zachowała wysoką zawartość badanych związków prozdrowotnych i niską zawartość szczawianów. Odmiany takie jak ‘Warszawa’ i ‘Tanny’ także charakteryzowały się wysoką zawartością askorbinianu i związków fenolowych, niestety znajdowały się także w grupie odmian o największej zawartości szczawianów. Grupa ‘Favorit’, ‘Verona’, ‘Weiki’, ‘Ananasnaya’ i ‘Rima’ w sezonie 2020 charakteryzowała się wysoką zawartością przeciwutleniaczy oraz niższą zawartością szczawianów na tle pozostałych przebadanych odmian. Zaobserwowano, że wysoka zawartość askorbinianu i związków fenolowych w owocach min kiwi w większości odmian wiąże się także z wyższą całkowitą zawartością szczawianów.

W ostatnich latach badacze zwrócili uwagę że liście, nie tylko roślin typowo leczniczych, ale też roślin sadowniczych mogą być surowcem wykorzystywanym w kosmetyce czy medycynie ze względu na bogaty skład chemiczny (Almeida i in. 2018, Silva i in. 2021). Poza wysoką zawartością związków biologicznie aktywnych pożądane cechy to duża biomasa liści czy niewielkie zużycie środków ochrony roślin (Bieniek 2016). Spośród występujących w aktinidii związków najlepiej przebadane są związki

fenolowe (Tan i in. 2021, Khromykh i in. 2022), nieliczne prace dotyczą także zawartości askorbinianu (Stefaniak i Łata 2021).

Młode, w pełni wykształcone liście zbierane na początku wegetacji (początek kwitnienia) miały najwyższą zawartość askorbinianu, która istotnie obniżała się wraz z upływem wegetacji w obu sezonach. Najwyższe stężenie odnotowano w pierwszym terminie zbioru liści a najniższe w ostatnim. Odnotowano także dodatnią korelację w zawartości askorbinianu w młodych liściach a jej zawartością w skórce i miąższu owoców. Młode liście mogą więc być wskaźnikiem zawartości askorbinianu w owocach. Istotny spadek zawartości zarówno całkowitego askorbinianu jak i jego formy zredukowanej w liściach dwóch odmian aktinidii ostrolistnej wraz z upływem czasu opisali Stefaniak i Łata (2021). W innych badaniach, gdzie porównano 8 odmian aktinidii stwierdzono, że młode liście wierzchołkowe zawierały 2-krotnie więcej witaminy C niż w pełni rozwinięte liście (Tan i in. 2020). Średnia zawartość askorbinianu w obu sezonach wynosiła na początku kwitnienia 1658, w pełni rozwiniętych liściach 1044 i podczas zbioru dojrzałych owoców 874 mg kg⁻¹ śm. W podobnym schemacie doświadczenia Stefaniak i Łata (2021) także odnotowali spadek zawartości askorbinianu w liściach dwóch odmian 'Weiki' i 'Geneva'. Niektóre z odmian wyróżniały się wysoką zawartością askorbinianu w liściach w obu badanych sezonach wegetacyjnych, była to żeńska odmiana 'HO_4' oraz męska odmiana 'Haya Kume'. Niskimi zawartościami askorbinianu w liściach charakteryzowały się odmiany 'National Arboretum 7', 'Melanandra Gelin' oraz '74-8'. Odmiana '74-8' w obu sezonach cechowała się także największym spadkiem zawartości askorbinianu w czasie wegetacji. Owoce aktinidii ostrolistnej zebrane w podobnym terminie co liście cechowały się 1,6-krotnie wyższą zawartością askorbinianu w sezonie 2018 i 1,8-krotną w sezonie 2020. Zespół badaczy Tan i in. (2020) również oznaczył wyższą zawartość witaminy C w owocach niż w pełni rozwiniętych liściach.

W przypadku szczawianów trend zmian był odwrotny do całkowitej zawartości askorbinianu. Podczas gdy zawartość askorbinianu w liściach spada wraz ze starzeniem się roślin, zawartość szczawianów wzrasta. W niektórych terminach zbioru liści zaobserwowano dodatnią korelację między zawartością askorbinianu i szczawianów w liściach. W obu sezonach wegetacji 2018 i 2020 w młodych liściach na początku wegetacji odnotowano najniższą zawartość szczawianów, odpowiednio 1,29 i 1,40 g 100 g⁻¹. W pełni rozwiniętych liściach zaobserwowano wzrost zawartości szczawianów, który utrzymywał się do zbioru dojrzałych owoców. Podobny

metabolizm szczawianów w liściach w trzech gatunkach aktinidii *A. chinensis*, *A. deliciosa* i *A. eriantha* przedstawił także zespół Rassam i in. (2007). Ponadto stwierdzono, że liście tych gatunków aktinidii cechowały się wyższą zawartością szczawianów w porównaniu do owoców (Rassam i in. 2007). Liście wszystkich odmian aktinidii ostroliстной testowanych w prezentowanych badaniach zawierały także więcej szczawianów niż owoce. W ostatnim terminie zbioru liści, średnia zawartość szczawianów była o 37% wyższa w liściach niż w owocach. O ile zawartości szczawianów w owocach były wysokie w porównaniu z innymi badaniami dotyczącymi rodzaju *Actinidia* o tyle zawartości w liściach były zbliżone do występujących w warzywach liściowych np. szpinaku (Mirahmadi i in. 2021) czy też gatunków pokrewnych jak *A. eriantha*, *A. deliciosa* (Rassam i in. 2007). Nie oznaczano jednak szczawianów w liściach odmian aktinidii ostroliстной.

Odmiany o wysokiej zawartości szczawianów w liściach w obu sezonach wegetacji to 'Rima', 'Purpurnaja Sadowaja', 'Huan You', 'Rubi', 'Nostino', 'F7', 'Julia' i 'Verde'. Odmiany, które w obu sezonach charakteryzowały się najniższą zawartością szczawianów w liściach to '74-8' oraz 'Weiki'. Odmiana 'Sientiabrskaja' w sezonie 2018 znalazła się w grupie odmian o najniższej zawartości szczawianów zaś w sezonie 2020 oznaczono o 26% więcej związku przez co zakwalifikowano ją do grupy odmian najbardziej zasobnych w szczawiany. Nie odnotowano wyraźnej zależności między zawartością szczawianów w owocach i liściach.

Ostatnim elementem doświadczalnym była ocena zmian zawartości kwasu askorbinowego i całkowitej zawartości szczawianów w czasie wegetacji dwóch odmian 'Verde' i 'Scarlet September'. W trakcie wegetacji w obu sezonach (2018 i 2020) zawartość szczawianów malała wraz z dojrzewaniem owoców. Podobny przebieg zmian zawartości szczawianów w owocach odnotowali Rassam i in. (2007). Wysoka zawartość szczawianów w zawiązkach owoców ma stanowić ochronę przed szkodnikami a spadek zawartości w dojrzałych owocach zachęcić zwierzęta do rozsiewania nasion (Rassam i in. 2007). W obu odmianach liście charakteryzowały się większym stężeniem szczawianów niż owoce, analogicznie do badań w doświadczeniu z 38 odmianami mini kiwi. Zawartość szczawianów w liściach ulegała mniejszym wahaniom ale co do zasady w ostatnim terminie zbioru była nieznacznie wyższa niż na początku wegetacji. Zespół Rassam i in. (2007) oznaczyli szczawiany metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej w pokrewnych gatunkach aktinidii (*Actinidia eriantha*, *Actinidia chinensis* i *Actinidia deliciosa*). W przeprowadzonych

badaniach stwierdzono wzrost zawartości szczawianów między młodymi a w pełni rozwiniętymi liśćmi. Także zespół badający ziele *Anagallis arvensis* stwierdził wzrost zawartości szczawianów w pełni rozwiniętych roślinach (Mishra i in. 2017). W przeprowadzonym doświadczeniu odmiana ‘Verde’ cechowała się wyższą zawartością szczawianów w liściach w porównaniu do ‘Scarlet September’, natomiast owoce obu odmian zawierały zbliżoną ilość szczawianów.

W trakcie wegetacji zawartość askorbinianu w owocach i liściach odmiany ‘Verde’ i ‘Scarlet September’ zmieniała się istotnie. W owocach odmiany ‘Scarlet September’ w obu sezonach a także w owocach odmiany ‘Verde’ w sezonie 2020 odnotowano spadek zawartości askorbinianu. Najwyższą, ponad 2-krotną różnicę między zawiązkami a dojrzałymi owocami oznaczono w odmianie ‘Scarlet September’ w sezonie 2020. Zespół badający *Actinidia chinensis* wykazał maksymalny poziom askorbinianu w niedojrzałych owocach, który zmniejszał się w miarę ich dojrzewania (Zhang i in. 2018). Z kolei badacze określający zawartość askorbinianu w *Actinidia latifolia* na różnych etapach rozwoju owoców nie stwierdzili istotnych zmian w zawartości askorbinianu a jego wysoki poziom w owocach utrzymywał się przez cały okres dojrzewania owoców (Deng i in. 2022). Badacze oceniający zawartość askorbinianu w trakcie rozwoju owoców (od zawiązków do owoców dojrzałych) dwóch odmian aktinidii ostrolistnej (*Actinidia arguta*) odnotowali, że stężenie askorbinianu w odmianie ‘Yilv’ istotnie obniżyło się w trakcie wegetacji a w odmianie ‘Lvmi-1’ zawartość askorbinianu wzrosła w dojrzałych owocach względem pierwszego terminu zbioru (Lin i in. 2022a). Podobnie odmiana ‘Verde’ w prezentowanych badaniach w sezonie 2018 cechowała się wzrostem zawartości askorbinianu w trakcie dojrzewania owoców. Zawartość askorbinianu w liściach była wyższa niż w owocach obu odmian w dwóch sezonach, wraz z upływem czasu (starzeniem liści i dojrzewaniem owocu) różnice w zawartości askorbinianu malały między tymi organami. Zespół Tan i in. (2020) odnotował wyższe zawartości askorbinianu w owocach dojrzałych niż w pełni rozwiniętych liściach 8 genotypów aktinidii ostrolistnej. Z kolei młode liście wierzchołkowe zawierały więcej askorbinianu niż owoce. W prezentowanych badaniach zawartość askorbinianu w owocach i liściach zmniejszała się w trakcie wegetacji. W pełni rozwinięte liście zawierały nawet 3-krotnie mniej askorbinianu niż liście na początku wegetacji. Badacze oceniający odmianę ‘Weiki’ i ‘Geneva’ oraz zespół badający 8 odmian chińskich, także odnotowali istotny spadek zawartości askorbinianu w liściach w trakcie wegetacji. W młodych liściach oznaczono ok. 2-krotnie więcej

askorbinianu niż w pełni rozwiniętych liściach (Tan i in. 2020, Stefaniak i Łata 2021). Biosynteza askorbinianu jest związana z fazą rozwojową, młode, rozwijające się tkanki, których aktywność metaboliczna oraz zapotrzebowanie na ochronę antyoksydacyjną jest wyższe, zazwyczaj mają większe stężenie askorbinianu w porównaniu do dojrzałych, starzejących się tkanek (Wang i in. 2024).

7. Podsumowanie i wnioski

W pracy oznaczono całkowitą zawartość askorbinianu, szczawianów i związków fenolowych w owocach 38 odmian aktinidii ostrolistnej *Actinidia arguta* Miq. z podziałem na skórkę i miąższ. Trzy-krotnie w czasie wegetacji ocenie poddano także zawartość askorbinianu i szczawianów w liściach aktinidii ostrolistnej, która obejmowała 38 odmian żeńskich i 6 odmian męskich. W dwóch odmianach prześlędzono zmiany zawartości askorbinianu i szczawianów w różnych fazach rozwojowych liści i owoców. Scharakteryzowano również owoce 38 odmian aktinidii ostrolistnej pod względem morfologii, masy i pory dojrzewania owoców dla poszczególnych odmian. Próbkę do badań pozyskano w sezonie wegetacyjnym 2018 i 2020.

Przetestowane odmiany charakteryzowały się dużą zmiennością, zarówno pod względem morfologii ale także zróżnicowania zawartości związków biologicznie aktywnych i antyodżywczych. Analiza zawartości askorbinianu i szczawianów w owocach aktinidii potwierdziła hipotezę sformułowaną przed rozpoczęciem pracy dotyczącej wyższej zawartości tego związku w skórce owocu. W wyniku przeprowadzonych analiz nie potwierdzono jednak dodatniej korelacji między zawartością szczawianów w skórce i miąższu jak ma to miejsce w przypadku askorbinianu. Nie udowodniono zależności między zawartością szczawianów w skórce i miąższu owoców a ich zawartością w liściach. Jednym z substratów w biosyntezie kwasu szczawowego jest askorbinian, stąd hipoteza o istnieniu zależności między zawartością szczawianów i askorbinianu w badanych tkankach roślin. Uzyskane wyniki potwierdziły dodatnią korelację między zawartością szczawianów i askorbinianu w skórce oraz miąższu owoców w roku 2018. Natomiast w sezonie 2020 odnotowano dodatnią korelację między zawartością askorbinianu w skórce i miąższu owocu oraz szczawianami w młodych liściach. Z kolei zawartość askorbinianu na każdym etapie rozwoju liści dodatnio oddziaływała na zawartość szczawianów w liściach w ostatnim

terminie zbioru. Ze względu na niejednoznaczność, w odpowiedzi na postawione hipotezy, niektórych uzyskanych wyników, zagadnienia te wymagają dalszych, bardziej szczegółowych badań nad metabolizmem tych związków.

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Zawartość badanych związków biologicznie aktywnych i antyodżywczych w skórce aktinidii ostrolistnej jest w całkowitym ujęciu badanych odmian istotnie wyższa w porównaniu do mięszu.
2. Odmianowe jak i sezonowe zróżnicowanie zawartości szczawianów w zarówno w skórce jak i mięszu owoców było wielokrotnie mniejsze w porównaniu z zawartością związków fenolowych i askorbinianu.
3. Nie stwierdzono zależności między zawartością szczawianów w skórce i mięszu owoców natomiast w przypadku askorbinianu odnotowano istotną dodatnią korelację w obu badanych sezonach.
4. Nie potwierdzono zależności między zawartością szczawianów w owocach (skórce i mięszu) a ich stężeniem w liściach niezależnie od fazy rozwojowej roślin.
5. Zawartość askorbinianu w liściach istotnie spadała wraz ze starzeniem się roślin a szczawianów wzrastała.
6. Najwyższe stężenie askorbinianu odnotowano w młodych liściach i zawiązkach owoców, zawartość askorbinianu spada wraz z rozwojem liści i owoców. Zawartość askorbinianu w młodych liściach koreluje dodatnio z zawartością askorbinianu w skórce i mięszu owoców.
7. Zawartość szczawianów obniża się wraz z dojrzewaniem owoców a rośnie w liściach wraz z ich starzeniem.
8. Na skład chemiczny silnie wpływają warunki wzrostu roślin w danym sezonie wegetacyjnym (efekt lat: zmienność pogody i/lub siedliska), przy czym wpływ ten silniej różnicował skórkę owoców testowanych odmian w porównaniu z mięszem.
9. Wykazano bardzo duże zróżnicowanie odmianowe w zawartości testowanych związków zarówno pod kątem ich zawartości, dystrybucji jak i stabilności poziomu w kolejnych sezonach, co może być wykorzystane w przyszłych badaniach biochemicznych, fizjologicznych czy hodowlanych.

8. Spis piśmiennictwa

1. Almeida D., Pinto D., Santos J., Vinha F.A., Palmeira J., Ferreira H.N., Rodrigues F., Beatriz M., Oliveira P.P. 2018. Hardy kiwifruit leaves (*Actinidia arguta*): An extraordinary source of value-added compounds for food industry. Food Chemistry. 259: 113-121. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.113
2. Antunes D.M., Franco J., Veloso F., Panagopoulos T. 2018. The evolution of kiwifruit production in Portugal. Acta Horticulturae. 1218. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1218.2
3. Baranowska-Wójcik E., Sz wajgier D. 2019. Characteristics and pro-health properties of Mini Kiwi (*Actinidia arguta*). Horticulture, Environment and Biotechnology. 60, 217–225. DOI:10.1007/s13580-018-0107-y
4. Baudino C., Giuggioli R.N., Briano R., Massaglia S., Peano C. 2017. Integrated methodologies (SWOT, TOWS, LCA) for improving production chains and environmental sustainability of kiwifruit and baby kiwi in Italy. Sustainability. 9, 1621. DOI: 10.3390/su9091621
5. Baxter A., Mittler R., Suzuki N., 2014, ROS as key players in plant stress signalling, Journal of Experimental Botany, 65: 1229–1240. DOI: 10.1093/jxb/ert375
6. Becerra O.M., Contreras M.L., Hsieh Lo M., Diaz M.J., Herrera C.G. 2020. Lutein as a functional food ingredient: Stability and bioavailability. Journal of Functional Foods. 66, 103771. DOI:10.1016/j.jff.2019.103771
7. Bieniek A., Draganska E., Pranckietis V. 2016. Assessment of climatic conditions for *Actinidia arguta* cultivation in north-eastern Poland. Zemdirbyste-Agriculture. 103, 311-318. DOI 10.13080/z-a.2016.103.040
8. 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, 117-130.
9. Calmes J., Piquemal M. 1977. Seasonal variation in calcium oxalate crystals in the tissues of *Virginia creeper*. Canadian Journal of Botany. 55, 2075-2078.
10. Česonienė L., Štreimikytė P., Liaudanskas M., Žvikas V., Viškelis P., Viškelis J., Daubaras R. 2022. Berries and leaves of *Actinidia kolomikta* (Rupr. & Maxim.) Maxim.: A source of phenolic compounds. Plants. 11, 147. DOI: 10.3390/plants11020147
11. Cyboran S., Bonarska-Kujawa D., Pruchnik H., Żyłka R., Oszmiański J., Kleszczyńska H. 2014. Phenolic content and biological activity of extracts of

- blackcurrant fruit and leaves. *Food Research International*. 65, 47-58. DOI:10.1016/j.foodres.2014.05.037
12. Deng H., Xia H., Guo Y., Liu X., Lin L., Wang J., Xu K., Lv X., Hu R., Liang D. 2022. Dynamic changes in ascorbic acid content during fruit development and ripening of *Actinidia latifolia* (an ascorbate rich fruit crop) and the associated molecular mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*. 23, 5808. DOI: 10.3390/ijms23105808
 13. Drummond L. 2013. The composition and nutritional value of kiwifruit. *Advances in Food and Nutrition Research*. 68, 33-57. DOI: 10.1016/B978-0-12-394294-4.00003-1
 14. Escarpa, A., Gonzalez, M.C. 1998. High-performance liquid chromatography with diode-array detection for the determination of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties. *J. Chromatogr. A* 823, 331–337.
 15. 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
 16. Franceschi V. R., Horner H. T. 1980. Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review*. 46, 361-427. DOI:10.1007/BF02860532
 17. Fraser L.G., McNeilage M. 2016. Berlin. Reproductive biology. Testolin R., Huang H-W., Ferguson A.R.: The kiwifruit genome, compendium of plant genomes. Heidelberg, Springer-Verlag. 65-84. DOI:10.1007/978-3-319-32274-2
 18. Giuggioli R.N., Peano C., Brondino L., Da Silva M.T. 2021. Qualitative preliminary approach for the development of a sensory vocabulary for *Actinidia arguta* fruits. *Applied Sciences*. 11, 9361. DOI:10.3390/app11209361
 19. Gill S. S., Tuteja N., 2010, Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiology and Biochemistry*, 48: 909-930. DOI: 10.1016/j.plaphy.2010.08.016
 20. Han N., Park H., Kim Ch-W., Kim M-S., 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, 4. DOI:10.1080/21580103.2019.1658646
 21. Hassall A.K., Pringle G.J., McRae E.A. 1998. Development, maturation and postharvest responses of *Actinidia arguta* (Sieb. et Zucc.) Planch. ex Miq. fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 26, 95-108. DOI: 10.1080/01140671.1998.9514046

22. Hodgkinson A. 1977. Oxalic acid in biology and medicine. Academic Press. 101, 2.
23. Holmes R. P., Goodman H. O., Assimos D. G. 2001. Contribution of dietary oxalate to urinary oxalate excretion. *Kidney International*. 59, 270-276. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2001.00488.x
24. Hönow R., Hesse A. 2002. Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme-reactor. *Food Chemistry*. 78, 511-521. DOI:10.1016/S0308-8146(02)00212-1
25. Hu Y. K., Kim S. J., Jang Ch. S., Lim S. D. 2024. Antioxidant activity analysis of native *Actinidia arguta* cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*. 25, DOI: 1505. 10.3390/ijms25031505
26. Huang Ch-H., Tao J-J., Liao G-L., Xie M., Qu X-Y., Chen L., Xu X-B. 2020. Dynamic changes of phenol and antioxidant capacity during fruit development of three *Actinidia* species (kiwifruit). *Scientia Horticulturae*. 273, 109571. DOI:10.1016/j.scienta.2020.109571
27. Huang H. 2022. Discovery and domestication of new fruit trees in the 21st century. *Plants*. 11, 2107. DOI:10.3390/plants11162107
28. Hughes K.A., Willigen P., Gandar P.W., Clothier B.E. 1991. Kiwifruit root system: structure and function. *Acta Horticulturae*. 297, 383-389. DOI: 10.17660/ActaHortic.1992.297.51
29. Jin D.E., Park S.K., Park C.H., Seung T.W., Ho J. 2014. Nutritional composition of three traditional *Actinidia* (*Actinidia arguta*) cultivars improved in Korea. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 43, 1942-1947. DOI:10.3746/jkfn.2014.43.12.1942
30. Kelsay J. L., Prather E. S. 1983. Mineral balances of human subjects consuming spinach in a low-fiber diet and in a diet containing fruits and vegetables. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 38, 12-19. DOI: 10.1093/ajcn/38.1.12
31. 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, 551-554. DOI:10.1016/j.scienta.2008.11.032
32. Kong R. K., Goh J. H., Won K. R., Shin H. W., Jang B. I., Kim J. W., Kim S. C., Byeon, H. S. 2024. Calcium Oxalate Crystals and the optimal growing conditions for *Actinidia arguta*. *BioResources*. 19, 1602-1616. DOI: 10.15376/biores.19.1.1602-1616

33. Kovalska N., Karpiuk U., Minarchenko V., Cholak I., Zaimenko N., Skrypchenko N., Liu D. 2023. Comparative analysis of the content of sum of hydroxycinnamic acids from leaves of *Actinidia arguta* Lindl. collected in Ukraine and China. *Journal of Chemistry*. 2023, 7. DOI:10.1155/2023/2349713
34. Khromykh O.N., Lykholat V.Y., Didur O.O., Sklyar V.T., Davydov R.V., Lavrentieva, Lykholat Y.T. 2022. Phytochemical profiles, antioxidant and antimicrobial activity of *Actinidia polygama* and *A. arguta* fruits and leaves. *Biosystems Diversity*. 30, 39-45. DOI:10.15421/012205
35. Krupa T., Latocha P., Liwińska A. 2011. Changes of physicochemical quality, phenolics and vitamin C content in hardy kiwifruit (*Actinida arguta* and its hybrid) during storage. *Scientia Horticulturae*. 130, 410-417. DOI:10.1016/j.scienta.2011.06.044
36. Krupa T., 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, 4313. DOI: 10.3390/molecules27134313
37. Kyriacou C.M., Roupheal Y. 2018. Towards a new definition of quality for fresh fruits? and vegetables. *Scientia Horticulturae*. 234, 463-469. DOI:10.1016/j.scienta.2017.09.046
38. Latocha P. 2006. *Actinidia* roślina ozdobna i owocowa. Warszawa. Hortpress
39. Latocha P. 2007. The comparison of some biological features of *Actinidia arguta* cultivars fruit. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Horticulture and Landscape Architecture*. 28, 105-109.
40. Latocha P. 2008. Frost resistance and spring frost sensibility of a few cultivars of *Actinidia* grow in Central Poland. *Annals of Warsaw University of Life Sciences. Horticulture and Landscape Architecture*. 29, 111-120.
41. Latocha P. 2017. *Mini Kiwi uprawa w warunkach Polski*. Kraków: Plantpress
42. Latocha P. 2019. *Actinidia ostrolistna* – wartościowy gatunek o dużych walorach ozdobnych i potencjale produkcyjnym. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego*. 67, 61-68.
43. Latocha P., Debersaques F., Hale I. 2021. *Actinidi arguta* (Kiwiberry): botany, production, genetics, nutritional value, and postharvest handling. *Warrington I. Horticultural Reviews*. John Wiley & Sons. 2021. 48, 37-151. DOI:10.1002/9781119750802.ch2

44. Latocha P., Łata B., Jankowski P. 2023. Variation of chemical composition and antioxidant properties of kiwiberry (*Actinidia arguta*) in a three-year study. *Molecules*. 28, 455. DOI:10.3390/molecules28010455
45. Latocha P., Łata B., Stasiak A. 2015. Phenolics, ascorbate and 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
46. Latocha P., Jankowski P. 2011. Genotypic difference in postharvest characteristics of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrids), as a new commercial crop: Part II. Consumer acceptability and its main drivers. *Food Research International*. 44, 1946-1955. DOI:10.1016/j.foodres.2011.01.033
47. Leontowicz H., Leontowicz M., Latocha P., Jesion I., Park Y. S., Katrich E., Barasch D., Nemirovski A., Gorinstein, S. 2016. 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
48. Li J.Q., Li X.W., Soejarto D.D. 2007. Actinidiaceae. In: Wu C Y, Raven P, eds. *Flora of China Volume (12)*. Beijing: Science Press and St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 334–360.
49. Li X., Li J., Soejarto D.D. 2009. Advances in the study of the systematics of *Actinidia* Lindley. *Frontiers of Biology in China*. 4, 55-61. DOI:10.1007/s11515-008-0110-2
50. Lin Y., Zhao B., Tang H., Cheng L., Zhang Y., Wang Y., Fan J., Li M., Chen Q., Luo Y., Wang X., Tang H., Zhang Y. 2022a. L-ascorbic acid metabolism in two contrasting hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) cultivars during fruit development. *Scientia Horticulturae*. 297, 110940. DOI:10.2139/ssrn.3983089
51. Lin Y., Tang H., Zhao B., Lei D., Zhou X., Yao W., Fan J., Zhang Y., Chen Q., Wang Y., Li M., He W., Luo Y., Wang X., Tang H., Zhang Y. 2022b. Comparative changes of health-promoting phytochemicals and sugar metabolism of two hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) cultivars during fruit development and maturity. *Frontiers in Plant Science*. 13, 1087452. DOI:10.3389/fpls.2022.1087452
52. Lindhorst A. C., Steinhaus M. 2016. Aroma-active compounds in the fruit of the hardy kiwi (*Actinidia arguta*) cultivars Ananasnaya, Bojnice and Dumbarton Oaks: differences to common kiwifruit (*Actinidia deliciosa* ‘Hayward’). *European Food Research and Technology*. 242, 967-975. DOI:10.1007/s00217-015-2603-y

53. Łata B., Wołosiak R., Majewska E., Drużyńska B., Piecyk M., Najman K., Latocha P. 2025. Physicochemical Changes and Antioxidant Metabolism of *Actinidia arguta* Fruit (Kiwiberry) Under Various Cold-Storage Conditions. *Molecules*. 30, 3742. DOI: 10.3390/molecules30183742
54. Ma Y., Lu X., Li K., Wang Ch., Guna A., Zhang J. 2021. Prediction of potential geographical distribution patterns of *Actinidia arguta* under different climate scenarios. *Sustainability*. 13, 3526. DOI:10.3390/su13063526
55. Markhali F. S., Teixeira A.J., Rocha R.M.C. 2020. Olive tree leaves – a source of valuable active compounds. *Processes*. 8, 1177. DOI:10.3390/pr8091177
56. Marosz A. 2016. Rachunek ekonomiczny produkcji owoców aktinidii ostroliściej w dwóch systemach uprawy. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Oeconomica* 329, 85-94.
57. Massey L. K. 2007. Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association*. 107, 1191-1194. DOI:10.1016/j.jada.2007.04.007
58. Matich J.A., Young H., Allen M.J., Wang Y.M., Fielder S., McNeilage A.M., MacRae A.E. 2003. *Actinidia arguta*: Volatile compounds in fruit and flowers. *Phytochemistry*. 63, 285-301. DOI:10.1016/S0031-9422(03)00142-0
59. Medina M. B., 2011. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method, *Journal of Functional Foods*. 3: 79-87
60. Mishra D. P., Mishra N., Musale H. B., Samal P., Mishra S. P., Swain, D. P. 2017. Determination of seasonal and developmental variation in oxalate content of *Anagallis arvensis* plant by titration and spectrophotometric method. *The Pharma Innovation*. 6, 105. DOI:10.13140/RG.2.2.20963.91682
61. Motyleva S., Vlasova E., Kozak N., Gins M., Gins V. 2022. Morphological and anatomical characterization of *Actinidia kolomikta* (Rupr. & Maxim.) Maxim.(C3) and *Amaranthus tricolor* L.(C4) leaves. *Agronomy Research*. 20, 341-356. DOI: 10.15159/AR.22.023
62. Munuswamy E., Krishnan V., Amerjothy S. 2016. Occurrence, type and location of calcium oxalate crystals in selected medicinal plants. *Journal of Applied and Advanced Research*. 1, 21-24. DOI:10.21839/jaar.2016.v1i4.44
63. Naik V. V., Patil N. S., Aparadh V. T., Karadge B. A. 2014. Methodology in determination of oxalic acid in plant tissue: a comparative approach. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences*. 5, 1662-1672.

64. Nguyễn H. V. H., Savage G. P. 2013a. Oxalate content of New Zealand grown and imported fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 31, 180-184. DOI:10.1016/j.jfca.2013.06.001
65. Nguyễn H. V. H., Savage G. P. 2013b. Total, soluble and insoluble oxalate contents of ripe green and golden kiwifruit. *Foods*. 2, 76-82. DOI: 10.3390/foods2010076
66. Nie X. R., Li H. Y., Wei S. Y., Han Q. H., Zhao L., Zhang Q., Li S. Q., Wu D. T. 2020. Changes of phenolic compounds, antioxidant capacities, and inhibitory effects on digestive enzymes of kiwifruits (*Actinidia chinensis*) during maturation. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 14, 1765-1774. DOI:10.1007/s11694-020-00424-1
67. Nishiyama I. 2007. Fruits of the *Actinidia* genus. *Advances in Food and Nutrition Research*. 52, 293-324. DOI:10.1016/S1043-4526(06)52006-6
68. Nishiyama I., Fukuda T., Oota T. 2005. Genotypic differences in chlorophyll, lutein and β -carotene contents in the fruits of *Actinidia* species. 53, 6403-6407. DOI: 10.1021/jf050785y
69. 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
70. Nishiyama I., Yamashita Y., Yamanaka M., Shimohashi 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, 5472-5475. DOI:10.1021/jf049398z
71. Perera C.O., Hallett I.C., Nguyen T.T., Charles J.C. 1990. Calcium oxalate crystals: The irritant factor in kiwifruit. *Journal of Food Science*. 55, 1066-1069. DOI:10.1111/j.1365-2621.1990.tb01599.x
72. Prasad R., Shivay Y. S. 2020. Calcium as a plant nutrient. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. 11, 5. DOI:10.23910/1.2020.2075a
73. Rajashekar C.B., Carey E.E., Zhao X., Oh M-M. 2009. Health-promoting phytochemicals in fruits and vegetables: impact of abiotic stresses and crop production practices. *Functional Plant Science and Biotechnology*. 3, 30-38.
74. Rassam M., Bulley S. M., Laing W. A. 2007. Oxalate and ascorbate in *Actinidia* fruit and leaves. In VI International Symposium on Kiwifruit. 753, 479-485. DOI:10.17660/ActaHortic.2007.753.62

75. 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
76. Ruiz N., Ward D., Saltz D. 2002. Calcium oxalate crystals in leaves of *Pancratium sickenbergeri*: constitutive or induced defence? *Functional Ecology*. 16, 99-105. DOI:10.1046/j.0269-8463.2001.00594.x
77. Savage G. P., Vanhanen L., Mason S. M., Ross A. B. 2000. Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some New Zealand foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 13, 201-206. DOI:10.1006/jfca.2000.0879
78. Savage G.P., Klunklin W. 2018. Oxalates are found in many different European and Asian food. Effects of cooking and processing. *Journal of Food Research*. 7, 76. DOI:10.5539/jfr.v7n3p76
79. Sawicka M., Latocha P., Łata B. 2023. Peel to flesh bioactive compounds ratio affect apple antioxidant potential and cultivar functional properties. *Agriculture*. 13(2), 478. DOI: 10.3390/agriculture13020478
80. Şeker Ş. S., Akbulut M. K., Şenel G. 2016. Calcium oxalate crystal (CaOx) composition at different growth stages of petiole in *Vitis vinifera* (Vitaceae). *Advanced Studies in Biology*. 8, 1-8. DOI:10.12988/asb.2016.51146
81. Sferrazzo G., Palmeri R., Restuccia C., Parafati L., Siracusa L., Spampinato M., Carota G., Distefano A., Di Rosa M, Tomasello B., Costantino A., Gulisano M., Li Volti G., Barbagallo I. 2022. *Mangifera indica* L. Leaves as a potential food source of phenolic compounds with biological activity. *Antioxidants*. 11, 1313. DOI: 10.3390/antiox11071313
82. Silva M.A., Costa C.P., Delerue-Matos C., Latocha P., Rodrigues F. 2021. Extraordinary composition of *Actinida arguta* by-products as skin ingredients: A new challenge for cosmetic and medical skincare industries. *Trends in Food Science & Technology*. 116, 842-853. DOI:10.1016/j.tifs.2021.08.031
83. Stasiak A., Latocha P., Bieniasz M. 2021. Effect of genetically diverse pollen on pollination, pollen tube overgrow, fruit set and morphology of kiwiberry (*Actinidia arguta*). *Agronomy*. 11, 1814. DOI:10.3390/agronomy11091814
84. Stefaniak J., Łata B. 2021. *Actinidia arguta* leaf as a donor of potentially healthful bioactive compounds: implications of cultivar, time of sampling and soil N level. *Molecules*. 26, 387. DOI: 10.3390/molecules26133871

85. Stefaniak J., Łata B. 2023. Growing season, cultivar, and nitrogen supply affect leaf and fruit micronutrient status of field-grown kiwiberry vines. *Plants*. 12, 138. DOI: 10.3390/plants12010138
86. Stefaniak J., Przybył J. L., 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
87. Strik C.B., Davis A. 2021. Growing kiwifruit. A guide to kiwiberries and fuzzy kiwifruit for Pacific Northwest producers. A Pacific Northwest Extension Publication Oregon State University
88. Strik C.B., Hummer E.K. 2006. 'Ananasnaya' hardy kiwifruit. *Journal of the American Pomological Society*. 60, 106-112.
89. Sun S., Qi X., Wang R., Lin M., Fang J. 2020. Evaluation of freezing tolerance in *Actinidia* germplasm based on relative electrolyte leakage. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. 61, 755-765. DOI:10.1007/s13580-020-00272-4
90. Szpadzik E., 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, 134. DOI:10.3390/agronomy11010134
91. Tan C., Wang Z., Feng X., Irfan M., Liu C. 2020. Identification of bioactive compounds and antioxidant activity in leaves and fruits of *Actinidia arguta* accessions from northeastern China. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 35, 593-607. DOI:10.20944/preprints202012.0453.v1
92. Tan C., Wang Z., Irfan M., Liu C. 2021. Analysis of flavonoids biosynthesis-related genes expression reveals the mechanism of difference of flavonoid content in different tissues of *Actinidia arguta*. *Brazilian Journal of Botany*. 44, 513-523. DOI:10.1007/s40415-021-00737-5
93. Teleszko M., Wojdyło A. 2015. Comparison of phenolic compounds and antioxidant potential between selected edible fruits and their leaves. *Journal of Functional Foods*. 14: 736-746. DOI:10.1016/j.jff.2015.02.041
94. Thakur A., Sharma V., Thakur A. 2019. An overview of anti-nutritional factors in food. *International Journal of Chemical Studies*. 7, 2472-2479.

95. Tilton V. R., Horner Jr, H. T. 1980. Calcium oxalate raphide crystals and crystalliferous idioblasts in the carpels of *Ornithogalum caudatum*. *Annals of Botany*. 46, 533-539. DOI:10.1093/oxfordjournals.aob.a085951
96. Tiyyayon C., Strik B. 2003. Flowering and fruiting morphology of hardy kiwifruit, *A. arguta*. *Acta Horticulturae*. 610, 171-176. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.610.23
97. Treutter D. 2010. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding – visions and constraints. *International Journal of Molecular Sciences*. 11, 807-857. DOI: 10.3390/ijms11030807
98. Tuazon-Nartea J., Savage G. 2013. Investigation of oxalate levels in sorrel plant parts and sorrel-based products. *Food and Nutrition Sciences*. 4, 838-843. DOI:10.4236/fns.2013.48109
99. Walker S., Prescott J. 2003. Psychophysical properties of mechanical oral irritation. *Journal of Sensory Studies*. 18, 325-345. DOI:10.1111/j.1745-459X.2003.tb00392.x
100. Wang Y., Zhao C-I., Li J-Y., Liang Y-J, Yang R-Q., Liu L-Y., Ma Z., Wu L. 2018. Evaluation of biochemical components and antioxidant capacity of different kiwifruit (*Actinidia* spp.) genotypes grown in China. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 32, 558-565. DOI:10.1080/13102818.2018.1443400
101. Wang Ch., Garcia-Caparros P., Li Z., Chen F. 2024. A comprehensive review on plant ascorbic acid. *Tropical Plants*. 3, e042. DOI: 10.48130/tp-0024-0042
102. Wen J., Wang Y., Cao W., He Y., Sun Y., Yuan P., Sun B., Yan Y., Qin H., Fan S., Lu W. 2023. Comprehensive evaluation of ten *Actinidia arguta* wines based on color, organic acids, volatile compounds and quantitative descriptive analysis. *Foods*. 12: 3345. DOI: 10.3390/foods12183345
103. Williams H. E., Wandzilak T. R. 1989. Oxalate synthesis, transport and the hyperoxaluric syndromes. *The Journal of Urology*. 141, 742-747. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)40999-2
104. Williams H.M., Boyd M.L., McNeilage E.A., MacRae A.R., Ferguson R.A., Beatson A.R., Martin J.P. 2003. Development and commercialization of ‘Baby Kiwi’ (*Actinidia arguta* Planch.). *Acta Horticulturae*. 610, 81-86. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.610.8
105. Wojdyło A., Nowicka P., Oszmiański J., Goolis 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

106. Zhang J. Y., Pan D. L., Jia Z. H., Wang T., Wang G., Guo Z. R. 2018. Chlorophyll, carotenoid and vitamin C metabolism regulation in *Actinidia chinensis* ‘Hongyang’ outer pericarp during fruit development. PLOS one. 13, 3. DOI: 10.1371/journal.pone.0194835
107. Zhang J., Tian J., Gao N., Gong E.S., Xin G., Liu Ch., Si X., Sun X., Li B. 2021. Assessment of the phytochemical profile and antioxidant activities of eight kiwi berry (*Actinidia arguta* (Siebold & Zuccarini) varieties in China. Food Science & Nutrition. 9, 5616-5625. DOI:10.1002/fsn3.2525
108. Zheng X., Gong M., Zhang Q., Tan H., Li L., Tang Y., Li Z., Peng M., Deng W. 2022. Metabolism and regulation of ascorbic acid in fruits. Plants. 11, 1602. DOI: 10.3390/plants11121602
109. Zuo L-L., Wang Z-Y., Fan Z-L., Tian S-Q., Liu J-R. 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