

KSZTAŁTOWANIE ZAWARTOŚCI SKROBI I SUCHEJ MASY W BULWACH ZIEMNIAKA O KOLOROWYM MIĄŻSZU

KRYSZYNA ZARZECKA¹, MAREK GUGAŁA¹, AGNIESZKA GINTER¹, WALDEMAR DURAKIEWICZ²

¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Uniwersytet w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce,

² Podlaska Wytwórnia Wódek „Polmos” S.A., ul. Kolejowa 10, 08-110 Siedlce

Synopsis. Celem badań jest porównanie zawartości podstawowych składników bulwy ziemniaka jadalnego, tj. skrobi i suchej masy w siedmiu odmianach o kolorowym miąższu i w jednej o jasnym miąższu. Materiał do badań stanowiły bulwy ziemniaka pochodzące z doświadczenia polowego jednoczynnikowego przeprowadzonego w latach 2021–2023 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej należącej do Uniwersytetu w Siedlcach. Uprawianymi odmianami były: Eurostar (jasno żółta), Rote Emma and Herbie 26 (miąższ czerwony), Provita, Salad Blue, Blaue Annelise, Vitelotte and Bora Valley (miąższ fioletowy). Największą średnią zawartość skrobi i suchej masy zgromadziły bulwy odmiany Eurostar o jasno żółtym miąższu, a z odmian kolorowych odmiana Blaue Annelise, a najmniejszą oznaczono w odmianie Rote Emma o miąższu czerwonym. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka była silnie skorelowana z zawartością suchej masy w odmianach uprawianych w doświadczeniu.

Słowa kluczowe: *Solanum tuberosum*, odmiana, skład chemiczny, plon skrobi, plon suchej masy

WSTĘP

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) po pszenicy, ryżu i kukurydzy, zajmuje czwarte miejsce w wyżywieniu ludności świata, zapewniając bezpieczeństwo żywnościowe [Gutiérrez-Quequezana i in. 2020, King i Slavin 2013]. Jest to szczególnie ważne dla krajów rozwijających się, skąd pochodzi ponad połowa światowej produkcji ziemniaków. Ponadto, w dobie szybkiego wzrostu liczby ludności, kurczenia się gruntów rolnych i skutków zmian klimatycznych, kwestia bezpieczeństwa żywnościowego staje się coraz ważniejsza [Mijena i in. 2022]. Ziemniak jest uprawiany w ponad 160 krajach, w regionach ciepłych i chłodnych o niskich temperaturach, na nizinach i obszarach górskich, a także na większych wysokościach w tropikach [Saar-Reismaa i in. 2022]. Stanowi on pełnowartościowy pokarm oraz popularny surowiec skrobiowy dla przemysłu. Bulwy są bogatym źródłem wysokowartościowego białka, węglowodanów, licznych witamin, składników mineralnych i prozdrowotnych [Beals 2019]. Przeciętny zakres składu chemicznego bulw ziemniaka jadalnego przedstawia się następująco: sucha masa 12–22%, skrobia 9–18%, cukry ogółem 0,1–0,7%, białko ogólne 1,5–2,3%, błonnik 2,0–2,3%, tłuszcz 0,1–0,9%, potas 200–900 mg·100 g⁻¹, fosfor 19–150 mg·100 g⁻¹, mikroelementy, witamina C 10–30 mg·100 g⁻¹ świeżej masy, witaminy z grupy B, glikoalkaloidy 2–12 mg·100 g⁻¹ świeżej masy) [Leszczyński 2012, Beals 2019, Mystkowska i Zarzecka 2023, Zarzecka i in. 2023]. Ziemniak jest produktem węglowodanowym, główny składnik jego suchej masy stanowi skrobia, która pod wpływem enzymów trawiennych (amylaz) rozkładana jest w przewodzie pokarmowym do glukozy, wchłanianej w dwunastnicy i jelicie cienkim. Glukoza jest podstawową substancją energetyczną niezbędną do życia [Umadevi i in. 2013].

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* krystyna.zarzecka@uws.edu.pl

W Europie Środkowej uprawia się głównie ziemniak o jasnym miąższu z przeznaczeniem do konsumpcji bezpośredniej, do produkcji wyrobów smażonych, suszonych, potrawowych oraz produkcji skrobi. Natomiast bulwy ziemniaka o miąższu różowym, czerwonym i fioletowym cieszą się szczególnym zainteresowaniem, gdyż charakteryzują się bardziej atrakcyjną barwą i walorami smakowo-zapachowymi stanowiąc kulinarną atrakcję [Krystyjan i in. 2022, Tkaczyńska i Rytel 2022]. Ostatnio są coraz częściej uprawiane i spożywane we wszystkich krajach europejskich, w tym w Polsce [Tkaczyńska i Rytel 2022, Nagy i in. 2023]. W 2021 roku w Polsce zarejestrowano pierwszą odmianę o fioletowej barwie Provita [Tkaczyńska i Rytel 2022]. Kolorowe ziemniaki, oprócz atrakcyjnej barwy w porównaniu do bulw o tradycyjnym kremowym, jasno-żółtym lub żółtym miąższu, zawierają 2-3 razy więcej związków biologicznie aktywnych, a szczególnie bogate są w kwasy fenolowe i antocyjany [Bech 2020]. W związku z nowymi trendami i ze zmieniającymi się wymaganiami konsumentów w wielu krajach wprowadzane są ostatnio na rynek produkty z ziemniaków o czerwonym i fioletowym miąższu. Choć wciąż cieszą się mniejszą popularnością niż te produkowane z tradycyjnych, jasnych odmian, coraz większa liczba świadomych konsumentów decyduje się na produkty zdrowe, atrakcyjne pod względem wyglądu, kształtu, koloru i smaku [Rytel i in. 2021]. Odmiany ziemniaka o miąższu jasno-żółtym i żółtym zawierają karotenoidy [Murniece i in. 2013, Mystkowska i in. 2023]. Ziemniaki o kolorowym miąższu uzyskują kolor dzięki różnym pigmentom, które są przeciwutleniaczami. Stąd różne związki bioaktywne obecne w bulwach o kolorowym miąższu działają prozdrowotnie: przeciwzapalnie, przeciwwirusowo, przeciwzakrzepowo, przeciwalergicznie i przeciwnowotworowo [Saar-Reismaa i in. 2020, Krystyjan i in. 2022]. Obecnie najczęściej spożywaną przekąską na całym świecie są chipsy ziemniaczane. Kolorowe chipsy ziemniaczane i inne przekąski przygotowane z odmian ziemniaka o czerwonym i fioletowym miąższu są nowatorską alternatywą dla tradycyjnych chipsów ziemniaczanych ze względu na wyższą zawartość związków fenolowych, które mogą sprawić, że będą one zdrowsze w porównaniu z tradycyjnymi chipsami [Rytel i in. 2021, Bravo i in. 2023]. Ziemniaki o fioletowym miąższu dają możliwość ubarwienia menu i wzbogacenia diety człowieka w dodatkowe składniki odżywcze [Saar-Reismaa i in. 2020, Zarzecka i in. 2023]. W hipotezie badawczej założono, że odmiany o kolorowym miąższu będą odznaczały się zbliżoną zawartością suchej masy i skrobi w odniesieniu do odmian tradycyjnych. Celem badań jest porównanie zawartości podstawowych składników bulwy ziemniaka jadalnego, tj. skrobi i suchej masy w odmianach o kolorowym miąższu.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były bulwy ziemniaka jadalnego, które pochodziły z doświadczenia polowego realizowanego w latach 2021–2023. Doświadczenie przeprowadzono w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach (52°03' N, 22°33' E) należącej do Uniwersytetu w Siedlcach. Założono je metodą bloków losowych w trzech powtórzeniach. Badania zlokalizowano na glebie sklasyfikowanej według World Reference Base for Soil Resources [WRB 2014] jako Haplic Luvisol (LV-ha), o odczynie kwaśnym i lekko kwaśnym (pH w 1 N KCl 5,00–5,62). Zawartość przyswajalnych form makroskładników w poziomie gleby 0–30 cm w mg·kg⁻¹ była następująca: fosforu średnia do wysokiej (66,0–72,0), potasu średnia (123–159) i magnezu średnia (46,0–64,0).

Doświadczenie było jednoczynnikowe, z ośmioma jadalnymi odmianami ziemniaka o różnym kolorze miąższu (tab. 1). Wielkość pojedynczego poletka do sadzenia i zbioru wynosiła 12,96 m² (4,8×2,70 m). W każdym roku badań parametry agrochemiczne gleby pozostawały prawie niezmienione dlatego dawki nawozowe były jednakowe. Nawożenie naturalne w formie obornika, fosfor (superfosfat potrójny) i potas (sól potasowa) stosowano jesienią, a azot (sale-

tra amonowa) wiosną przed sadzeniem (tab. 2). Ziemiaki uprawiano po pszenżycie ozimym. Materiał sadzeniakowy pochodził z Podlaskiej Wytwórni Wódek „Polmos” S.A. Siedlce, a który wcześniej otrzymano drogą *in vitro* w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy. Bulwy ziemniaka sadzono ręcznie, w trzeciej dekadzie kwietnia w rozstawie 67,5 x 40 cm, a zbierano w drugiej dekadzie września. W okresie wegetacji roślin zastosowano trzy zabiegi przeciwko zarazie ziemniaka i trzy przeciwko stonczce ziemniaczanej (tab. 2). Wszystkie środki ochrony roślin stosowano zgodnie z zaleceniami Instytutu Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy.

Tabela 1. Charakterystyka odmian ziemniaka

Table 1. Characteristics of potato cultivars

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country of origin	Dojrzałość Maturity	Kolor skórki Skin color	Kolor miąższu Flesh color
Eurostar	Holandia/Netherlands	Średnio późna Medium late	Jasno żółty Light yellow	Jasno żółty Light yellow
Provita	Polska/Poland	Wczesna Early	Fioletowy Purple	Fioletowy Purple
Rote Emma Emmalie	Niemcy/Germany	Wczesna Early	Czerwony Red	Czerwony Red
Salad Blue	Zjednoczone Królestwo/ United Kingdom	Średnio wczesna Medium early	Ciemno niebieski Dark blue	Fioletowy Purple
Blaue Annelise	Niemcy/Germany	Średnio wczesna Medium early	Fioletowy Purple	Fioletowy Purple
Vitelotte	Peru-Francja/ Peru-France	Średnio późna Medium late	Fioletowo niebieski Purple blue	Fioletowy Purple
Herbie 26	Republika Czeska/ Czech Republic	Średnio późna Medium late	Czerwony Red	Czerwony Red
Bora Valley	Korea/Korea	Średnio późna Medium late	Fioletowy Purple	Ciemno fioletowy Dark purple

Tabela 2. Nawożenie i środki ochrony roślin stosowane w doświadczeniu

Table 2. Fertilization and plant protection used in the experiment

Zabiegi/Treatments	Fertilizers and plant protection products
Nawożenie/ Fertilization	Obornik/Manure - 25 t·ha ⁻¹ , N 100 kg·ha ⁻¹ , P 44,0 kg·ha ⁻¹ , K 124,5 kg·ha ⁻¹
Niszczanie chwastów/ Weed control	Herbicyd/Herbicide - Bandur 600 SC (aclonifene 600 g·dm ³)
Zwalczanie stonki ziemniaczanej/ Colorado potato beetle control	Insektycydy/insecticides: Decis Mega 50 EW (deltamethrin 60 g·dm ³), Coragen 200 SC (chlorantraniliprole 200 g·dm ³), Mospilan 20 SP (acetamipryd (200 g·dm ³))
Zwalczanie zarazy ziemniaka/Late blight control	Fungicydy/fungicides: Infinito 687.5 SC (propamocarb hydrochloride 625 g·dm ³ + fluopicolide 62,5 g·dm ³), Cabrio Duo 112 EC (dimetomorph 72 g·dm ³ + pyraclostrobine 40 g·dm ³) + Carial Star 500 SC (mandiopropramide 250 g·dm ³ + difenoconazole 250 g·dm ³)

Podczas zbioru z każdego poletka pobrano próby bulw z 10 roślin ziemniaka. Próby te doładnie odzwierciedlały wielkość i jakość plonu w prowadzonym doświadczeniu. W pobranych próbach badanych odmian ziemniaka, zaraz po zbiorze, oznaczono zawartość skrobi i suchej masy. Zawartość skrobi oznaczono metodą hydrostatyczną na wadze elektronicznej Reimanna WPT 3CA (Radom, Polska). Suchą masę bulw w świeżych próbach oznaczano metodą dwustopniowego suszenia w temperaturze początkowej 60°C, a następnie w 105°C do uzyskania stałej masy zgodnie z polską normą [Polska Norma 2001]. Wszystkie analizy przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Plon skrobi i plon suchej masy obliczono jako iloczyn procentowej zawartości wymienionych składników i plonu bulw. Plon ziemniaka stanowiły bulwy zebrane z każdego poletka łącznie z masą pobranych wcześniej prób, następnie plon przeliczono na powierzchnię 1 hektara.

Wyniki uzyskane z doświadczenia opracowano statystycznie posługując się analizą wariancji. Istotność różnic między obiektami weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Zależność pomiędzy analizowanymi cechami określono za pomocą wskaźnika korelacji [Trętowski i Wójcik 1991].

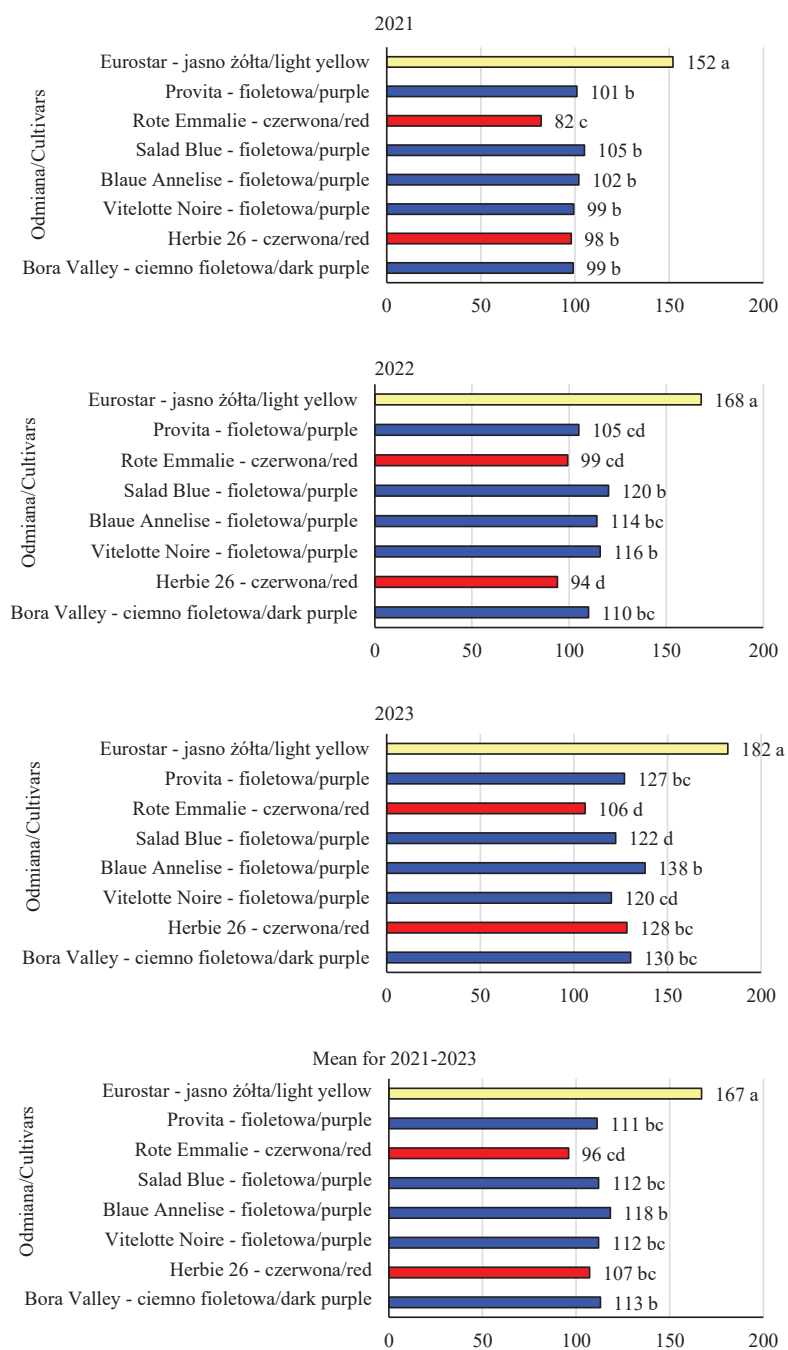
Warunki pogodowe w sezonach wegetacyjnych ziemniaka (lata 2021–2023) przedstawiono za pomocą wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa w tabeli 3 [Skowera i in. 2014]. Lata, w których prowadzono badania znacząco różniły się warunkami termicznymi oraz ilością i rozkładem opadów, co znajduje odzwierciedlenie w wartościach wskaźników Sielianinova. W trzyletnim cyklu badań okresy wegetacji ziemniaka 2021 i 2022 sklasyfikowano jako optymalne, natomiast rok 2023 był bardzo suchy. W 2023 roku wszystkie miesiące, z wyjątkiem maja, odznaczały się małymi opadami, były skrajnie suche, bardzo suche i suche, co nie sprzyjało plonowaniu roślin.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka

Zawartość skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka należą do najważniejszych cech technologicznych [Naumann i in. 2019, Zarzecka i in. 2021]. Decydują one o przydatności bulw do bezpośredniego spożycia, do przetwórstwa spożywczego na frytki, chipsy, susze i przemysłu skrobiowego. Cechy te kształtują wartość odżywczą ziemniaków, a także ich smak i konsystencję [Wójcik-Stopczyńska i Baczyńska 2014]. W przetwórstwie spożywczym zawartość skrobi jest jedną z najważniejszych cech, gdyż decyduje ona o konsystencji i teksturze produktu finalnego [Felczak 2021]. Również zawartość suchej masy w bulwach jest ważną cechą determinującą jakość i plon produktów smażonych i suszonych. Zwiększona zawartość suchej masy skutkuje większą wydajnością przetworzonych produktów, mniejszą absorpcją oleju, mniejszym zużyciem energii i nadaje produktowi chrupiącą konsystencję [Leonel i in. 2017]. Zawartość skrobi i suchej masy w zarejestrowanych w Polsce odmianach ziemniaka jadalnego wynoszą odpowiednio: 98–183 g·kg⁻¹ i 153–256 g·kg⁻¹ [Nowacki 2021].

W prowadzonych badaniach średnia zawartość skrobi wynosiła 117 g·kg⁻¹, natomiast w zależności od uprawianej odmiany i warunków pogodowych w latach badań wahała się od 82,0 do 182 g·kg⁻¹ (rys. 1, tab. 3 i 4). Odmiany uprawiane w doświadczeniu różniły się istotnie zawartością skrobi w poszczególnych okresach wegetacji. Najwięcej skrobi we wszystkich latach badań gromadziła średnio późna odmiana Eurostar o jasno żółtym miąższu, natomiast najmniej wczesna odmiana Rote Emma o miąższu czerwonym oraz odmiana średnio późna Herbie 26 o miąższu czerwonym w latach 2021 i 2022. Odmiany o fioletowym miąższu zawierały więcej skrobi niż bulwy o miąższu czerwonym, a mniej niż tradycyjna odmiana Eurostar. Również Nemš i in. [2015] wykazali, że odmiany Herbie 26 i Rote Emma gromadziły istotnie mniej skro-



Rys. 1. Zawartość skrobi (g·kg⁻¹) w bulwach ziemniaka. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0.05$

Fig. 1. Starch content (g·kg⁻¹) in potato tubers. Means marked with the same letters do not differ significantly at the level $p \leq 0.05$

Tabela 3. Wartość wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa (K) w okresie wegetacyjnym (Stacja Meteorologiczna Zawady)

Table 3. The value of Sielianinov hydrothermal index (K) in the growing season (Zawady Meteorological Station)

Lata Years	Miesiące/Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2021	2,1 (w)	0,8 (s)	0,6 (bs)	0,7 (bs)	1,9 (dw)	1,1 (ds)	1,2 (o)
2022	3,0 (bw)	0,8 (s)	0,4 (ss)	1,7 (dw)	0,6 (bs)	1,8 (dw)	1,4 (o)
2023	0,5 (bs)	1,2 (ds)	1,0 (s)	0,5 (bs)	0,4 (ss)	0,3 (ss)	0,7 (bs)

$K = P / 0.1 \Sigma t$ [Skowera i in. 2014]

gdzie: P – suma miesięcznych opadów w mm, Σt – miesięczna suma temperatury powietrza $> 0^{\circ}\text{C}$

Przedziały wartości tego współczynnika sklasyfikowano w następujący sposób:

Wartość $K \leq 0,40$ – skrajnie suchy (ss), $0,41-0,70$ – bardzo suchy (bs), $0,71-1,00$ – suchy (s), $1,01-1,30$ – dość suchy (ds), $1,31-1,60$ – optymalny (o), $1,61-2,00$ – dość wilgotny (dw), $2,01-2,50$ – wilgotny (w), $2,51-3,0$ – bardzo wilgotny (bw), $> 3,00$ – skrajnie wilgotny (sw)

where: P - the sum of the monthly rainfalls in mm, Σt - monthly total air temperature $> 0^{\circ}\text{C}$

Ranges of values of this coefficient were classified as follows:

$K \leq 0.4$ - extremely dry (ed), $0.4 < K \leq 0.7$ - very dry (vd), $0.7 < K \leq 1.0$ - dry (d), $1.0 < K \leq 1.3$ - relatively dry (rd), $1.3 < K \leq 1.6$ - optimal (o), $1.6 < K \leq 2.0$ - relatively humid (rh), $2.0 < K \leq 2.5$ - humid (h), $2.5 < K \leq 3.0$ - very humid (vh), $K > 3.0$ extremely humid (eh)

Tabela 4. Wpływ lat badań na zawartość skrobi i suchej masy

Table 4. Effect of years study on the starch and dry matter

Lata/Years	Skrobia/Starch $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	Sucha masa/Dry matter $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
2021	105,3 c	194,0 c
2022	116,0 b	203,8 b
2023	130,8 a	227,6 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0,05$

Means marked with the same letters do not differ significantly at the level $p \leq 0.05$

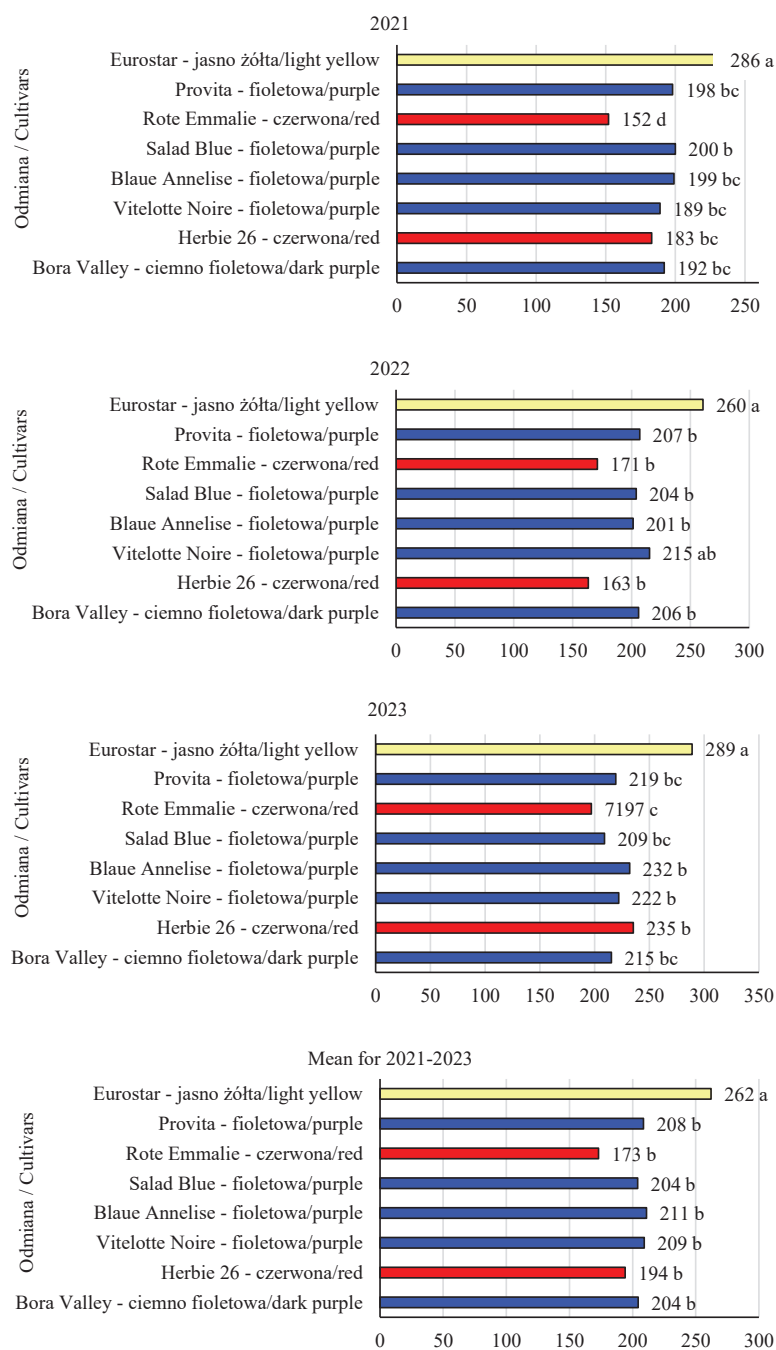
bi niż odmiany fioletowe Blue Congo i Blaue Annelise. Podobne spostrzeżenia odnotowali inni autorzy [Vaitkevičienė i in. 2016]. Wielu autorów podkreśla, że cechy genetyczne odmiany determinują akumulację skrobi [Leonel i in. 2017, Zarzecka i in. 2021]. Prowadzone badania wykazały istotny wpływ warunków atmosferycznych panujących w latach badań na omawianą cechę (tab. 4). Najwięcej skrobi wszystkie odmiany zgromadziły w roku 2023, który był najcieplejszy i bardzo suchy, a najmniej w 2021 roku – optymalny, ale w którym miesiąc sierpień decydujący o nagromadzeniu suchej masy i skrobi, był dość wilgotny (rys. 1, tab. 3). Wpływ warunków pogodowych na zawartość skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka odnotowali inni autorzy [Leonel i in. 2017, Escuredo i in. 2018, Zarzecka i in. 2021]. Zarzecka i in. [2021], Mystkowska [2019], Trzczyński [2016] stwierdzili, że zawartość skrobi zależała od odmiany i warunków pogodowych oraz wystąpiła wzajemna interakcja tych czynników. Gumul i in. [2021] stwierdzili, że praktycznie nie ma informacji na temat skrobi z ziemniaków kolorowych uprawianych w Europie Środkowej, stąd wyróżnia się skrobię z ziemniaków odmian jasnych i kolorowych. Wymienieni autorzy wykazali, że odmiany kolorowe mają skrobię z większymi granulami niż jasne, zawierają one więcej fosforu oraz, że skrobia z ziemniaków o miąższu czerwonym i fioleto-

wym ma większą rozpuszczalność i zdolność wiązania wody w porównaniu z miąższem jasnym. Krystyan i in. [2022] piszą, że może warto zastanowić się, czy ziemniaki kolorowe nie mogłyby stanowić alternatywy do pozyskiwania z nich skrobi w naszej strefie klimatycznej, gdyż odmiany o czerwonym i fioletowym miąższu są bardziej odporne na choroby i szkodniki niż ziemniaki o miąższu jasnym. Jednocześnie odmiany te można by było zalecać w uprawie ekologicznej Zhao i in. [2017] analizując skład chemiczny czterdziestu sześciu odmian ziemniaka wykazali, że zawartość suchej masy kształtowała się w granicach 154–296 g·kg⁻¹ i była dodatnio skorelowana z zawartością skrobi. Oznacza to, że im wyższa zawartość suchej masy w ziemniaku, tym wyższa zawartość skrobi. Również inni autorzy [Wójcik-Stopczyńska i Baczyńska 2014, Bombik i in. 2019] potwierdzili pozytywną korelację pomiędzy skrobią i suchą masą bulw. W przeprowadzonych badaniach obliczone współczynniki korelacji liniowej wykazały także, że zawartość skrobi w bulwach ziemniaka była silnie skorelowana z zawartością suchej masy w odmianach uprawianych w doświadczeniu, a wskaźniki (r) wahały się od +0,94 do +0,99 (tab. 5). Zawartość suchej masy, będąca jednym z głównych wskaźników jakości bulw ziemniaka, zależy od: cech genetycznych danej odmiany, warunków meteorologicznych, technologii uprawy, dojrzałości bulw [Vaitkevičienė i in. 2016, Leonel i in. 2017, Mystkowska 2019]. Przeprowadzone badania wykazały, że na zawartość omawianego składnika istotny wpływ miały cechy genetyczne uprawianych odmian (rys. 2). Najmniej suchej masy w latach 2021 i 2022 gromadziły odmiany Rote Emma i Herbie 26 (odmiany o miąższu czerwonym), a w roku 2023 odmiana Rote Emma i Salad Blue (miąższ fioletowy). Analizując średnie wartości z trzech lat badań wykazano, że odmiany kolorowe kumulowały istotnie mniej suchej masy niż odmiana Eurostar o jasno żółtym miąższu. Spośród badanych odmian kolorowych największą zawartość tego składnika oznaczono w odmianach Blaue Annelise i Vitelotte. Również Vaitkevičienė i in. [2016] istotnie największą zawartość suchej masy (270 g·kg⁻¹) stwierdzili w bulwach fioletowej odmiany Vitelotte, natomiast istotnie najmniejszą (189 g·kg⁻¹) w bulwach odmiany Red Emmalie o miąższu czerwonym. Udowodniony statystycznie wpływ odmiany na gromadzenie suchej masy wykazało wielu badaczy [Rytel i in. 2019, Silveira i in. 2020, Zarzecka i in. 2021]. Warunki pogodowe panujące w latach badań istotnie oddziaływały na omawianą cechę (tab. 4, rys. 2). Najwięcej suchej masy kumulowały wszystkie odmiany w bardzo suchym 2023 roku, a najmniej w 2021 roku, w którym współczynnik hydrotermiczny Sielianinova wynosił 1,2. Wpływ warunków pogodowych podkreślają inni badacze [Trawczyński 2016, Escuredo i in. 2018, Mystkowska 2019]. Obliczenia statystyczne wykazały istotność interakcji lat z odmianami ziemniaka na zawartość suchej masy w bulwach

Tabela 5. Istotne wartości współczynników korelacji liniowej pomiędzy suchą masą i skrobią bulw ziemniaka (średnia z 3 lat 2021–2023)

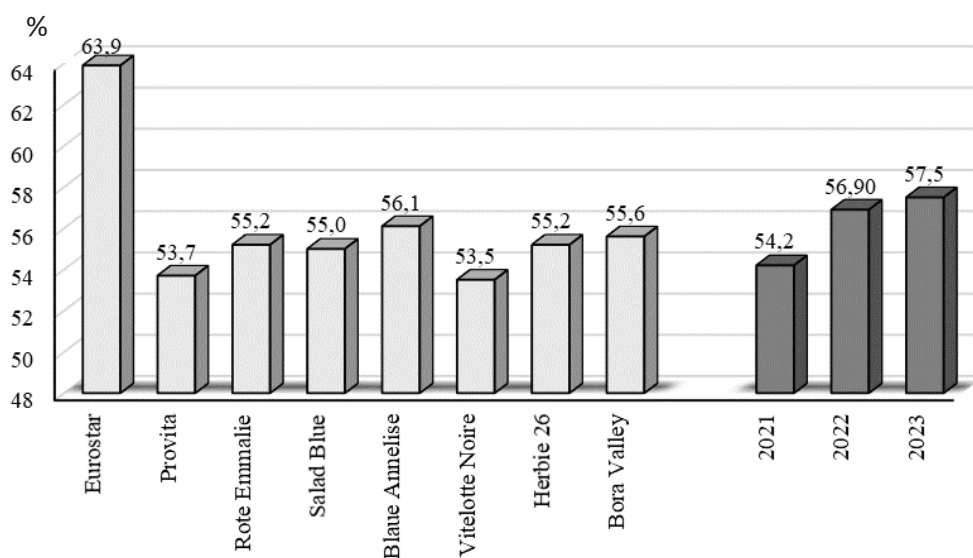
Table 5. Significant values of linear correlation coefficients between the dry matter and the starch of potato tubers (mean for the 3 years 2021–2023)

Wyszczególnienie/Specification	Odmiana/Cultivar	Skrobia/Starch (g·kg ⁻¹)
Sucha masa Dry matter (g·kg ⁻¹)	Eurostar	+0,95
	Provita	+0,95
	Rote Emmalie	+0,95
	Salad Blue	+0,95
	Blaue Anneliese	+0,96
	Vitelotte Noire	+0,99
	Herbie 26	+0,98
	Bora Valley	+0,96



Rys. 2. Zawartość suchej masy (g·kg⁻¹) w bulwach ziemniaka. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0.05$
 Fig. 2. Dry matter (g·kg⁻¹) in potato tubers. Means marked with the same letters do not differ significantly at the level $p \leq 0.05$

ziemniaka. Oznacza to, że zmiany tego składnika spowodowane warunkami pogodowymi w latach prowadzenia badań nie u wszystkich odmian były jednakowe. Interakcję lat z odmianami obserwowali także inni autorzy [Trawczyński 2016, Mystkowska 2019]. Donner i in. [2009] uprawiając ziemniaki w warunkach konwencjonalnych i ekologicznych stwierdzili, że całkowita zawartość skrobi w suchej masie wahała się od 69,3 do 74,1%, a w badaniach Zarzeckiej i in. [2021] w zależności od odmiany, metod aplikacji herbicydów i biostymulatorów oraz lat badań w zakresie 59,1–63,3%. W prowadzonych badaniach procentowy udział skrobi w suchej masie bulw kształtował się od 53,5 do 63,9 w zależności od odmiany i lat badań (rys. 3).



Rys. 3. Procentowy udział zawartości skrobi w suchej masie bulw
Fig. 3. Percentage of starch content in the tubers dry matter

Plony skrobi i suchej masy bulw

Plony skrobi i suchej masy bulw stanowią iloczyn dwóch składowych, tj. plonu ogólnego bulw i procentowej zawartości skrobi oraz ogólnego plonu bulw i procentowej zawartości suchej masy w danej odmianie. Abebe i in. [2012] wykazali, że plon skrobi był dodatnio skorelowany z zawartością skrobi i zawartością suchej masy w bulwach. W przeprowadzonych badaniach o wielkości plonów składników odżywczych bulw ziemniaka, czyli skrobi i suchej masy, decydowały cechy genetyczne odmian i warunki pogodowe w latach prowadzenia eksperymentu (tab. 6 i 7). Największe plony suchej masy i skrobi wydała odmiana Eurostar o jasno żółtym miąższu, a z odmian kolorowych odmiany o fioletowym miąższu Provita i Bora Valley. Natomiast najmniejsze plony tych składników uzyskano w uprawie odmian Vitelotte i Herbie 26. Wpływ cech odmianowych i warunków pogodowych na plony podstawowych składników bulwy ziemniaka potwierdziły wyniki innych autorów [Mystkowska 2019, Zarzecka i in. 2022]. Warunki pogodowe oraz interakcja odmian z latami badań istotnie oddziaływały na plony skrobi i suchej masy. Największe plony tych składników uzyskano w roku 2021 charakteryzującym się korzystnymi

Tabela 6. Plon skrobi bulw ziemniaka w latach badań, t·ha⁻¹Table 6. Yield of starch of potato tubers in study years, t·ha⁻¹

Odmiana/Cultivar	Lata/Years			Średnio/Mean
	2021	2022	2023	
Eurostar	7,63 A	6,26 A	4,68 A	6,19 a
Provita	3,93 B	3,35 B	2,06 B	3,11 b
Rote Emma	3,57 B	3,31 B	1,59 C	2,82 b
Salad Blue	2,71 BC	3,12 B	2,44 B	2,76 b
Blau Annelise	2,30 C	2,77 B	3,13 B	2,73 b
Vitelotte	2,46 C	2,93 B	1,79 B	2,39 b
Herbie 26	2,00 C	2,69 B	2,97 B	2,55 b
Bora Valey	3,94 B	3,12 B	1,79 B	2,95 b
Średnio/Mean	3,57 a	3,44 a	2,54 b	3,18

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0,05$. Średnie w kolumnach oznaczonych dużymi literami odnoszą się do interakcji pomiędzy odmianami i latami. Średnie w ostatniej kolumnie i średnie w ostatnim wierszu (napisane małymi literami) dotyczą odmian i lat

Means marked with the same letters do not differ significantly at the level $p \leq 0.05$. Means in columns marked with capital letters refer to interactions between the cultivars and years. Means in the last column and means in the last row (followed lowercase) are for cultivars and years

Tabela 7. Plon suchej masy bulw ziemniaka w latach badań, t·ha⁻¹Table 7. Yield of dry matter of potato tubers in study years, t·ha⁻¹

Odmiana/Cultivar	Lata/Years			Średnio/Mean
	2021	2022	2023	
Eurostar	11,82 A	9,72 A	7,39 A	9,64 a
Provita	7,67 B	6,62 B	3,55 BC	5,95 ab
Rote Emma	6,57 BC	5,72 B	2,95 C	5,08 ab
Salad Blue	5,17 C	5,29 B	4,52 B	4,99 ab
Blau Annelise	4,50 C	4,87 B	5,24 AB	4,87 ab
Vitelotte	4,70 C	5,51 B	3,39 C	4,53 b
Herbie 26	3,71 D	4,63 B	5,45 AB	4,60 b
Bora Valey	7,57 B	5,82 B	2,92 C	5,45 ab
Średnio/Mean	6,46 a	6,03 a	4,43 b	5,64

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0,05$. Średnie w kolumnach oznaczonych dużymi literami odnoszą się do interakcji pomiędzy odmianami i latami. Średnie w ostatniej kolumnie i średnie w ostatnim wierszu (napisane małymi literami) dotyczą odmian i lat

Means marked with the same letters do not differ significantly at the level $p \leq 0.05$. Means in columns marked with capital letters refer to interactions between the cultivars and years. Means in the last column and means in the last row (followed lowercase) are for cultivars and years

w warunkami meteorologicznymi w okresie wegetacji ziemniaka, nieznacznie mniejsze w 2022 roku, natomiast istotnie mniejsze w bardzo suchym 2023 roku. Zaobserwowano także różną reakcję uprawianych odmian w poszczególnych latach prowadzenia eksperymentu, co wykazali także inni badacze [Mystkowska 2019, Zarzecka i in. 2021].

WNIOSKI

1. Zawartość skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka oraz plony tych składników zależały istotnie od uprawianych odmian oraz warunków wilgotnościowo-termicznych panujących podczas wegetacji.
2. Średnio najwięcej skrobi i suchej masy zgromadziły bulwy odmiany Eurostar o jasno żółtym miąższu, a z odmian kolorowych odmiany Blaue Annelise, a najmniej odmiany Rote Emma o miąższu czerwonym.
3. Najwięcej wymienionych składników kumulowały odmiany w roku bardzo suchym, natomiast największe plony skrobi i suchej masy wydały odmiany Eurostar i Provita, a najbardziej sprzyjającym sezonem był rok 2021, optymalny pod względem warunków hydrotermicznych.
4. Obecnie w wielu krajach wprowadza się na rynek ziemniaki i ich przetwory o czerwonym i fioletowym miąższu, gdyż wzrasta zainteresowanie konsumentów produktami zdrowymi i atrakcyjnymi pod względem wyglądu, koloru i smaku.

Badania i praca wykonane w ramach projekt nr 162/23/B Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz z dofinansowania ze środków europejskich w ramach Projektu: „Prace badawczo-rozwojowe nad innowacyjną metodą wytwarzania nowej kategorii alkoholu z ziemniaków spożywczych z częściowym wykorzystaniem technologii stosowanej w produkcji whisky i koniaku ” realizowanej przez Podlaską Wytwórnę Wódek „POLMOS” SA. Instytucja Pośrednicząca Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Działanie 1.1. „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałanie 1.1.1. „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.



PIŚMIENNICTWO

- Abebe T., Wongchaochant S. Taychasinpitak T., Leelapo O. 2012. Dry matter content, starch content and starch yield variability and stability of potato varieties in Amhara Region of Ethiopia. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 46(5): 671–683.
- Beals K.A. 2019. Potatoes, nutrition and health. *Am. J. Potato Res.* 96: 102–110. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09705-4>.
- Bech A. 2020. Hodowla oraz właściwości prozdrowotne ziemniaków o fioletowej barwie miąższu. *Biul. IHAR* 290(1): 11–14.
- Bombik A., Rymuza K., Olszewski T. 2019. Variation and correlation of starch potato utility features and tuber quality traits. *Acta Agrophys.* 26(3): 29–42. DOI: 10.31545/aagr/114397.
- Bravo C., Peña F., Nahuelcura J. Vidal C., González F., Jiménez-Aspee F., Bustamante L. Contreras B., Ruiz A. 2023. Stability of phenolic compounds, antioxidant activity and color parameters in colored-flesh potato chips. *Molecules* 28, 6047. <https://doi.org/10.3390/molecules28166047>.
- Donner E.A., Liu Q., Arsenault W.J., Ivany J.A., Wood P.J. 2009. Physicochemical and nutritional properties of starch and dry matter from organically and conventionally grown potatoes. *Food 3 (Special Issue 1)*: 31–38. Global Science Books.

- Escuredo O., Seijo-Rodríguez A., Rodríguez-Flores M.S., Míguez M., Seijo M.C. 2018. Influence of weather conditions on the physicochemical characteristics of potato tubers. *Plant Soil Environ.* 64: 317–323. <https://doi.org/10.17221/144/2018-PSE>.
- Felczak A. 2021. Wymagania jakościowe stawiane ziemniakom przeznaczonym do produkcji frytek. *Ziemniak Polski* 1: 41–48.
- Gumul D., Areczuk A., Berski W., Juszczak L., Khachatryan G. 2021. Selected physicochemical properties of starch isolated from coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.) as compared to starch from yellow flesh potatoes. *Starch – Starke* 71(3–4). <https://doi.org/10.1002/star.202100158>.
- Gutiérrez-Quequezana L., Vuorinen A.L., Kallio H., Yang B. 2020. Impact of cultivar, growth temperature and developmental stage on phenolic compounds and ascorbic acid in purple and yellow potato tubers. *Food Chem.* 326, 126966.
- King J.C., Slavin J.L. 2013. White potatoes, human health and dietary guidance. *Adv. Nutr.* 4: 393–401.
- Krystyan M., Gumul D., Areczuk A., Khachatryan G. 2022. Comparison of physico-chemical parameters and rheological properties of starch isolated from coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and yellow potatoes. *Food Hydrocolloids* 131, 107829. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107829>.
- Leonel M., Carmo E.L., Fernandes A.M., Soratto R.P., Eburneo J.M., Garcia E.L., Santos T.P.R. 2017. Chemical composition of potato tubers: the effect of cultivars and growth condition. *J. Food Sci. Technol.* 54(8): 2372–2378. DOI 10.1007/s13197-017-2677-6.
- Leszczyński W. 2012. Żywieniowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przegląd literatury). *Biul. IHAR* 266: 5–20. DOI: 10.37317/biul-2012-0001
- Mijena G.M., Gedebo A., Beshir H.M., Haile A., 2022. Ensuring food security of smallholder farmers through improving productivity and nutrition of potato. *J. Agric. Food Res.* 10, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100400>.
- Murniece I., Kruma Z., Skrabule I., Vaivode A. 2013. Carotenoids and phenols of organically and conventionally cultivated potato varieties. *Int. J. Chem. Eng. Appl.* 4: 342–348. <https://doi.org/10.7763/IJ-CEA.2013.V4.322>.
- Mystkowska I. 2019. The effect of the use of biostimulators on dry matter and starch content of tuber potatoes. *Fragm. Agron.* 36(1): 45–53. <https://doi.org/10.26374/fa.2019.36>.
- Mystkowska I., Zarzecka K. 2023. Właściwości odżywcze ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). *Herbalism* 1(9): 146–153.
- Mystkowska I., Zarzecka K., Gugala M., Ginter A. 2023. Changes in the content of carotenoids in edible potato cultivated with the application of biostimulants and herbicide. *J. Plant Prot. Res.* 63(2): 263–270. <https://doi.org/10.24425/jppr.2023.14575>.
- Nagy A.M., Oros P., Cătană C., Antofie M.M., Sand C.S. 2023. In vitro cultivation of purple-fleshed potato varieties: Insights into their growth and development. *Horticulturae* 9, 425. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040425>.
- Naumann M., Koch M., Thiel H., Gransee A., Pawelzik E. 2019. The importance of nutrient management for potato production Part II: Plant nutrition and tuber Quality. *Potato Res.* <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09430-3>.
- Nemś A., Miedzianka J., Pęksa A., Kita A. 2015. Zawartość związków prozdrowotnych w ziemniakach odmian o różnej barwie miąższu. *Bromat. Chem. Toksykol.* 48(3): 473–478.
- Nowacki W. 2021. Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka. *Wyd. IHAR-PIB, Jadwisin, XXIV*: 1–44.
- Polska Norma PN-EN 12145: 2001P. Soki owocowe i warzywne – Oznaczanie całkowitej suchej substancji – Metoda gravimetryczna oznaczania ubytku masy w wyniku suszenia. Warszawa.
- Rytel E., Nemś A., Pęksa A., Kita A., Miedzianka J., Tajner-Czopek A., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Hamouz K. 2019. Discolouration of raw and cooked coloured fleshed potatoes differing in anthocyanins and polyphenols content. *Int. J. Food Sci. Technol.* 54: 92–101. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13909>.
- Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Tkaczyńska A., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A. 2021. The influence of the production process on the anthocyanin content and composition in dried potato cubes, chips, and french fries made from red-fleshed potatoes. *Appl. Sci.* 11, 1104. <https://doi.org/10.3390/app11031104>.

- Saar-Reismaa P., Kotkas K., Rosenberg V., Kulp M., Kuhtinskaja M., Vaher M., 2020. Analysis of total phenols, sugars, and mineral elements in colored tubers of *Solanum tuberosum* L. Foods. 9, 1862. <https://doi.org/10.3390/foods9121862>.
- Silveira A.C., Orena S., Medel-Maraboli M., Escalona V.H. 2020. Determination of some functional and sensory attributes and suitability of colored- and noncolored-flesh potatoes for different cooking methods. Food Sci. Technol. 40 (suppl. 2): 1–10. <https://doi.org/10.1590/fst.24119>.
- Skowera B., Jędrzczyk E.S., Kopcińska J., Ambroszczyk A.M., Kołton A. 2014. The effects of hydrothermal conditions during vegetation period on fruit quality of processing tomatoes. Pol. J. Environ. Stud. 23: 195–202.
- Tkaczyńska A., Rytel E. 2022. Wpływ odmiany ziemniaków o czerwonym i fioletowym mięszu na ciemnienie enzymatyczne bulw oraz właściwości przeciwutleniające. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 29, 4(133): 85–99. <https://doi.org/10.15193/zntj/2022/133/431>.
- Trawczyński C. 2016. Wpływ odmiany i warunków pogodowych okresu wegetacji na zawartość wybranych składników odżywczych i antyżywniowych w bulwach ziemniaka. Acta Agrophys. 23(1): 119–128.
- Trętowski J., Wójcik R. 1991. Metodyka doświadczeń rolniczych. Wyd. WSRP, Siedlce: 31–334.
- Umadevi M., Sampath Kumar P.K., Bhowmik D., Duraivel. S. 2013. Health benefits and cons of *Solanum tuberosum*. J. Med. Plants Stud. 1: 16–25.
- Vaitkevičienė N., Jariene E., Danilcenko H., Sawicka B. 2016. Effect of biodynamic preparations on the content of some mineral elements and starch in tubers of three coloured potato cultivars. J. Elem. 21(3): 927–935. <https://doi.org/10.5601/jelem.2015.20.3.988>.
- Wójcik-Stopczyńska B., Baczyńska A. 2014. Zmiany zawartości niektórych składników bulw ziemniaka podczas przechowywania w szafie chłodniczej. Ziemniak Polski 1: 33–38.
- WRB. 2014. World reference database for soil resources. In World Soil Resources Reports; FAO: Rome, Italy, 106, 192.
- Zarzecka K., Ginter A, Gugąła M., Mystkowska I., Rymuza K. 2023. Potato with colored flesh valuable and attractive to the consumer. J. Ecol. Engin. 24(6): 166–172. <https://doi.org/10.12911/22998993/162775>.
- Zarzecka K., Gugąła M., Mystkowska I., Sikorska A. 2021. Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants. Plant Soil Environ. 67: 202–207. <https://doi.org/10.17221/622/2020-PSE>.
- Zarzecka K., Gugąła M., Mystkowska I., Sikorska A. 2022. Yield-forming effects of herbicide and biostimulants application in potato cultivation. J. Ecol. Engin. 23(3): 137–144. <https://doi.org/10.12911/22998993/145460>.
- Zhao Y.Ch., Xu D., Jin C.Y., Zeng F.K., Liu G. 2017. Detection and correlation analysis of dry matter, starch and reducing sugar content in potato tubers Chinese. Modern Food Sci. Technol. 10: 288–293. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.10.040>.

K. ZARZECKA, M. GUGAŁA, A. GINTER, W. DURAKIEWICZ

FORMATION OF STARCH AND DRY MATTER CONTENT IN TUBERS POTATO WITH COLORED FLESH

Summary

The study aimed at comparing of basic components of table potato tubers, that is starch and dry matter of seven cultivars with coloured flesh and one cultivar characterised by light flesh. The study material consisted of potato tubers obtained in a one-factor field experiment carried out at the Agricultural Experiment Station in Zawady owned by the University of Siedlce in 2021–2023. The following cultivars were tested: Eurostar (light yellow flesh), Rote Emmalie and Herbie 26 (red flesh), Provita, Salad Blue, Blaue Annelise, Vitelotte Noire and Bora Valley (purple and blue flesh). The highest average starch and dry matter contents were determined in the tubers of cv. Eurostar with light yellow flesh and cv. Blaue Annelise with coloured

flesh, them being the lowest in red flesh tubers of cv. Rote Emma. The starch content in potato tubers was strongly correlated with the dry matter content in the cultivars grown in the experiment.

Key words: *Solanum tuberosum* L., cultivar, chemical composition, yield of starch, yield of dry matter

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print* – 24.06.2024

Do cytowania – *For citation*:

Zarzecka K., Gugąła M., Ginter A., Durakiewicz W. 2024. Kształtowanie zawartości skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka o kolorowym miąższu. *Fragm. Agron.* 41(1): 32–45.