

ZMIANY WYBRANYCH CECH TECHNOLOGICZNYCH
15 ODMIAN ZIEMNIAKÓW W CZASIE PRZECHOWYWANIA*

*Magdalena Grudzińska, Zbigniew Czerko, Anna Wierzbicka,
Milena Pietraszko, Kazimiera Zgórska*

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Oddział w Jadwisinie
Jadwisin, ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock
e-mail: m.grudzinska@ihar.edu.pl

Streszczenie. Celem podjętych badań było określenie zmian niektórych cech technologicznych wybranych odmian ziemniaka z różnych grup wczesności w czasie długotrwałego przechowywania w temperaturze 5 i 8°C. Materiałem było 15 odmian ziemniaka z różnych grup wczesności. Badania prowadzono w sezonach przechowalniczych 2011-2013. Ziemniaki uprawiano na polu doświadczalnym IHAR-PIB, Oddział w Jadwisinie. Bulwy zbierano w pełnej dojrzałości fizjologicznej. Beipośrednio po zbiorze ziemniaki umieszczono w doświadczalnej przechowalni. Analizy wykonywano w trzech terminach: po zbiorze, po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 5 i 8°C, przy wilgotności względnej powietrza $95 \pm 2\%$. W bulwach ziemniaków oznaczano: zawartość suchej masy i skrobi oraz wykonywano ocenę ciemnienia enzymatycznego i chemicznego. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że temperatura i czas przechowywania 15 odmian nie miały istotnego wpływu na zmiany zawartości suchej masy w bulwach. Wszystkie badane odmiany bulw ziemniaka cechowały się małą lub bardzo małą skłonnością do ciemnienia bulw surowych i po ugotowaniu. Temperatura i czas przechowywania surowca nie miały istotnego wpływu na zmiany tych parametrów technologicznych.

Słowa kluczowe: ziemniak, przechowywanie, sucha masa, skrobia, ciemnienie enzymatyczne, ciemnienie nieenzymatyczne

*Temat powstał w ramach projektu Programu Wieloletniego – Ulepszenie Roślin dla Zróżnicowanych AgroEkosystemów, Wysokiej Jakości Żywności i Produkcji Roślinnej na Cele Nieżywnościowe. Zad. 5.2. Monitoring odmian ziemniaka pod względem utrzymania trwałości cech użytkowych i przechowalniczych. Finansowanego przez MRiRW.

WSTĘP

Na przestrzeni dwudziestu lat produkcja rolna ziemniaka w Polsce przeszła całkowitą transformację. Podobnie jak w krajach europejskich została uzależniona od odbiorcy, a jakość plonu została ściśle dostosowana do kierunku jego użytkowania. Powstało pojęcie „wartości technologicznej ziemniaka”, pod którym rozumiemy zestaw cech decydujących o przydatności surowca rolnego dla danego kierunku przetwarzania przemysłowego. Nazwa obejmuje zarówno cechy zewnętrzne bulw, takie jak: wielkość i kształt bulw, głębokość i ilość oczek, grubość i wady skórki, jak i wewnętrzne związane ze składem chemicznym i właściwościami mięszu (Lisińska 2006).

Nowo zarejestrowane odmiany odznaczają się odpowiednimi cechami morfologicznymi (kształt oraz jego regularność, głębokość oczek, wygląd skórki, wyrównanie). Cechy te w małym stopniu uzależnione są od warunków środowiska w czasie wegetacji. Dużo większym zmianom ulega skład chemiczny ziemniaków, który decyduje o jakości ziemniaka jadalnego przeznaczonego do przetworstwa spożywczego i do bezpośredniej konsumpcji.

Zmiany jakości surowca po długotrwałym przechowywaniu w znacznym stopniu wpływają na kompleksowy odbiór wrażeń sensorycznych, a w rezultacie na ocenę wszystkich wyróżników jakości. Z punktu widzenia konsumenta ważne jest, aby ziemniaki charakteryzowały się dobrym smakiem, zapachem, wyglądem po ugotowaniu oraz wysoką wartością odżywczą. Natomiast z punktu widzenia producenta istotne jest, aby dobrać odmiany, których parametry technologiczne nie będą ulegały istotnym zmianom podczas przechowywania ze względu na jakość wytworzonego z nich produktu. Do najważniejszych cech technologicznych ziemniaków należy zawartość suchej masy i skrobi oraz ciemnienie mięszu bulw surowych i po ugotowaniu, ponieważ to one nakreślają kierunek użytkowania przemysłowego surowca (Lisińska 2006, Zgórska i Grudzińska 2012).

Celem badań było określenie zmian wybranych cech technologicznych 15 odmian ziemniaków, pochodzących z różnych grup wczesności w czasie długotrwałego przechowywania.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach prowadzonych w sezonach przechowalniczych 2011-2012 oraz 2012-2013 uwzględniono 15 odmian bulw ziemniaka z różnych grup wczesności. Wykaz wszystkich badanych odmian przedstawiono w tabeli 1.

Ziemniaki uprawiano na polu doświadczalnym IHAR-PIB, Oddział w Jadwisinie. Stosowano nawóz zielony – gorczycę białą w ilości $35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ jako międzyplon wysiewany jesienią oraz nawożenie mineralne N – $94 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P_2O_5 – $88 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i K_2O – $135 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Bulwy zbierano w pełnej dojrzałości fizjologicznej.

Bezpośrednio po zbiorze (III dekada września) bulwy umieszczano w doświadczalnej przechowalni w następujących warunkach: w okresie przygotowawczym, przez pierwsze dwa tygodnie po zbiorze, utrzymywano temperaturę 15°C, przy wilgotności względnej powietrza 95 ±2%; w ciągu następujących dwóch tygodni temperaturę stopniowo obniżano do temperatury 8 i 5°C, zachowując taką samą wilgotność względną powietrza.

Tabela 1. Wykaz badanych odmian bulw ziemniaka

Table 1. List of investigated cultivars of potato tubers

| Odmiany / Cultivars | Rok rejestracji / Register year |
|---|---------------------------------|
| Bardzo wczesne i wczesne / Very early and early | |
| Carrera | 2006 |
| Ingrid, Etola | 2009 |
| Viviana, Michalina | 2010 |
| Gwiazda, Hubal | 2011 |
| Średnio wczesne / Medium early | |
| Sagitta, Jutrzenka | 2009 |
| Legenda, Stasia, Bursztyn, Gawin | 2010 |
| Średnio późne do późnych / Medium late to late | |
| Zenia, Gustaw | 2010 |

Analizy wykonywano w następujących terminach: po zbiorze, po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 5 i 8°C. Do badań pobierano ok. 5 kg próby ziemniaków z każdej odmiany i terminu przechowywania. W badanym materiale oznaczano: zawartość suchej masy – metodą suszarkową; zawartość skrobi (PN-EN ISO 10520:2002) oraz ciemnienie enzymatyczne surowej miazgi ziemniaczanej i ciemnienie bulw po ugotowaniu. Ciemnienie surowej miazgi ziemniaczanej wykonywano na 10 rozdrobnionych bulwach pobranych z każdej odmiany, terminu i temperatury przechowywania. Miazgę umieszczano na szalce Petriego. Po usunięciu pęcherzyków powietrza, wygładzeniu powierzchni oceniano barwę zaraz po rozdrobnieniu i po 60 minutach od momentu rozdrobnienia przy użyciu tablic barwy w skali 1-9 (9 – barwa jasna, 1 – barwa ciemna). Ocenę ciemnienia bulw po ugotowaniu przeprowadzano na 10 bulwach każdej odmiany, terminu i temperatury przechowywania. Bulwy myto, obierano a następnie gotowano od wrzącej wody przez około 15 minut ±2 minuty, stosując standardowe proporcje 0,5 kg ziemniaków i 0,7 dm³ wody bez dodatku soli. Po ugotowaniu bulwy układano na bibule. Ciemnienie bulw oceniano po 10 minutach oraz po 2 godzinach od ugotowania według dziewięciostopniowej odwróconej skali duńskiej (9 – brak ciemnienia, 1 – ciemnienie najsilniejsze).

Wpływ badanych czynników na analizowane cechy określono przy zastosowaniu n-czynnikowych analiz wariancji, stosując test F-Fishera Snedecora dla modelu stałego programem Statistica 10. Do testowania różnic między wartościami średnimi przy poziomie istotności $\alpha < 0,05$ wykorzystano test Tukeya.

Obserwacje meteorologiczne

Dane z okresu wegetacji, takie jak: temperatura powietrza i suma opadów pochodziły ze stacji meteorologicznej „Cambella” znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie pola. W tabeli 2 zamieszczono dane meteorologiczne: temperaturę powietrza oraz sumę opadów w okresie wegetacji, tj. od maja do września każdego roku badań.

Tabela 2. Temperatura i opady w okresie wegetacji w latach 2011, 2012

Table 2. Temperature and precipitation in vegetation period in years 2011, 2012

| Lata Years | Dekady Decades | Miesiące / Months | | | | | Średnia z temperatur powietrza / Mean air temperature (°C) |
|---|-------------------|-------------------|------------------|----------------|--------------------|-----------------------|--|
| | | Maj May | Czerwiec June | Lipiec July | Sierpień August | Wrzesień September | |
| Temperatura powietrza (°C) / Air temperature (°C) | | | | | | | |
| 2011 | 1 | 8,0 | 19,2 | 15,7 | 17,6 | 13,9 | 14,9 |
| | 2 | 14,6 | 16,4 | 18,9 | 17,5 | 14,6 | 16,4 |
| | 3 | 16,6 | 16,8 | 16,4 | 17,6 | 12,4 | 16,0 |
| | średnia / mean | 13,1 | 17,5 | 17,0 | 17,6 | 13,6 | |
| 2012 | 1 | 14,1 | 13,4 | 22,6 | 19,2 | 14,8 | 16,8 |
| | 2 | 11,7 | 16,8 | 15,9 | 15,9 | 13,7 | 14,8 |
| | 3 | 19,2 | 16,7 | 20,1 | 17,1 | 10,2 | 16,6 |
| | średnia / mean | 15,0 | 15,6 | 19,5 | 17,4 | 12,8 | |
| Opady / Precipitation (mm) | | | | | | | |
| 2011 | 1 | 17,2 | 20,4 | 85,0 | 28,5 | 18,0 | |
| | 2 | 10,1 | 18,1 | 65,5 | 10,2 | 0,00 | |
| | 3 | 5,8 | 6,3 | 127,6 | 18,5 | 0,5 | |
| | Σ | 33,1 | 44,8 | 278,1 | 57,2 | 18,5 | 431,7 |
| 2012 | 1 | 5,6 | 32,9 | 45,8 | 34,9 | 0 | |
| | 2 | 37,7 | 41,6 | 35,1 | 24,4 | 19,2 | |
| | 3 | 9,1 | 22,1 | 11,3 | 27,9 | 7,7 | |
| | Σ | 52,4 | 96,6 | 92,2 | 87,2 | 26,9 | 355,3 |

W okresie wegetacji (maj-wrzesień) warunki pogodowe w 2 badanych latach 2011 i 2012 różniły się między sobą wartością temperatury i ilością opadów. Średnia temperatura w okresie wegetacji w 2011 roku wynosiła 15,8°C, a w roku 2012 – 16,1°C. Bardzo wysokie średnie dekadowe temperatury (> 20°C) wystąpiły w 2012 roku w pierwszej i trzeciej dekadzie lipca.

Suma opadów w okresie wegetacji wynosiła 431,7 mm w roku 2011 i 355,3 mm w roku 2012. Opady w roku 2011 charakteryzowały się dużą zmiennością w poszczególnych miesiącach. Opad w trzeciej dekadzie lipca (127,6 mm) powodował czasowe zalewanie pola. Opady w poszczególnych miesiącach były bardziej równomiernie rozłożone w roku 2012 niż w roku 2011.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Podstawą uzyskania wysokiej jakości produktów z ziemniaka jest dobry surowiec. O przydatności surowca do przetwórstwa na poszczególne kierunki użytkowania decyduje zawartość suchej masy i skrobi. Bulwy ziemniaka przeznaczone do przetwórstwa na produkty smażone (frytki, chipsy) powinny zawierać około 20-25% suchej masy, 14-18% skrobi, na susze ziemniaczane około 21-22% suchej masy i 15-17% skrobi (Lisińska 2006, Zgórska i in. 2006, Grudzińska 2012).

Tabela 3. Zmiany zawartości suchej masy w wybranych odmianach ziemniaka po zbiorze oraz po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 5 i 8°C

Table 3. Changes in the content of dry matter in tubers of selected potato varieties after harvest and after 3 and 7 months of storage at 5 and 8°C

| Odmiana Cultivars | Po zbiorze After harvest | Po przechowywaniu (miesiące) After storage (months) | | | | Średnia z odmian Mean for cultivars |
|---|--------------------------------|--|------------|-----------------------|------------|--|
| | | 3 miesiące / 3 months | | 7 miesięcy / 7 months | | |
| | | 5°C | 8°C | 5°C | 8°C | |
| Bardzo wczesne i wczesne / Very early and early | | | | | | |
| Carrera | 15,54±0,79 | 15,18±0,50 | 15,42±0,40 | 15,00±0,01 | 19,13±6,50 | 16,05 ^a |
| Ingrid | 17,36±0,79 | 17,02±1,10 | 17,03±0,68 | 17,19±0,81 | 17,19±1,05 | 17,15 ^a |
| Etola | 19,55±0,84 | 19,03±0,81 | 19,45±1,00 | 19,58±1,66 | 17,74±2,04 | 19,07 ^{ab} |
| Viviana | 16,60±0,92 | 16,50±1,08 | 16,62±1,68 | 17,17±2,21 | 19,41±0,32 | 17,26 ^a |
| Michalina | 18,80±1,36 | 18,75±1,20 | 18,97±1,48 | 18,62±1,29 | 20,91±2,70 | 19,21 ^{ab} |
| Gwiazda | 18,40±0,64 | 18,22±0,54 | 18,27±1,18 | 17,64±0,16 | 21,91±4,53 | 18,81 ^a |
| Hubal | 21,77±0,37 | 22,11±0,86 | 21,91±0,56 | 22,30±0,08 | 20,86±0,89 | 21,80 ^b |
| Średnio wczesne / Medium early | | | | | | |
| Sagitta | 21,10±0,06 | 20,92±1,26 | 22,87±3,73 | 20,60±0,42 | 23,10±3,56 | 21,71 ^b |
| Jutrzienka | 21,75±0,84 | 21,37±0,75 | 21,37±0,80 | 20,86±0,35 | 24,00±0,56 | 21,87 ^b |
| Legenda | 23,50±0,02 | 23,31±0,72 | 22,77±2,31 | 24,34±1,87 | 23,10±6,08 | 23,40 ^{bc} |
| Stasia | 21,64±0,30 | 20,50±1,35 | 21,10±0,71 | 21,70±0,73 | 18,95±0,72 | 20,77 ^{ab} |
| Bursztyn | 24,00±0,35 | 24,18±0,31 | 23,41±1,23 | 24,10±1,07 | 23,10±3,92 | 23,75 ^c |
| Gawin | 24,12±0,21 | 23,33±1,28 | 24,02±0,26 | 24,42±0,68 | 24,70±5,93 | 23,11 ^{bc} |
| Średnio późne i późne / Medium late and late | | | | | | |
| Zenia | 19,46±0,98 | 19,14±0,06 | 19,58±0,17 | 19,25±1,12 | 19,21±0,85 | 19,32 ^{ab} |
| Gustaw | 24,52±0,14 | 24,54±0,03 | 24,38±5,62 | 24,65±0,07 | 25,02±2,94 | 23,82 ^c |
| Średnia / Mean for time of storage | 20,56±2,88 | 20,23±2,81 | | 20,66±2,79 | | |
| Średnia / Mean for temperature | | 20,27±2,91 | 20,20±2,95 | 20,44±3,10 | 20,88±3,45 | |

Objaśnienia / Explanatory notes: ± odchylenie standardowe / ± SD standard deviation; Wartości średnie w wierszach oznaczone indeksami (a, b, c) różnią się statystycznie przy $\alpha \leq 0,05$; / Mean values in columns denoted with letters (a, b, c) are statistically significant at $\alpha \leq 0.05$.

Pomimo tak szczegółowych wyznaczników chemicznych determinujących jakość surowca do przetwórstwa, składniki te ulegają zmianom pod wpływem takich

czynników jak: warunki klimatyczne w czasie wegetacji, temperatura oraz czas przechowywania (Puła i Skowera 2004, Asmamaw i Tekalign 2010, Murnice i in. 2011, Grudzińska i in. 2014).

W tabeli 3 przedstawiono zawartość suchej masy w bulwach badanych odmian ziemniaków w zależności od temperatury i czasu przechowywania. Zawartość suchej masy zależała od czynnika odmianowego, niezależnie od grupy wczesności odmian. Podobne wyniki przedstawili Blenkisop i in. 2002 oraz Zgórska i Grudzińska 2012, którzy wykazali, że zawartość suchej masy jest cechą odmianową niezależną od wczesności pod warunkiem, że zbiór odbywa się w pełnej dojrzałości technologicznej. Najwyższą zawartością suchej masy cechowały się bulwy ziemniaków odmiany Legenda, Bursztyn, Gawin i Gustaw (około 23%), natomiast najniższą ziemniaki odmiany Ingrid, Carrera i Viviana (16-17%).

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji nie wykazano istotnych interakcji pomiędzy odmianą a temperaturą i czasem przechowywania (tab. 4).

Tabela 4. Wyniki trójczynnikowej analizy wariancji dla zawartości suchej masy w wybranych odmianach ziemniaka po zbiorze oraz po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 5 i 8°C
Table 4. Results of three-way analysis of variance for dry matter content in tubers of selected potato varieties after harvest and after 3 and 7 months of storage at 5 and 8°C

| Źródła zmienności Sources of variation | Suma kwadratów Sum of Squares | Liczba stopni swobody Degrees of freedom | Średni kwadrat; Mean of squares | F | Poziom istotności Level of significance | Istotność; Significance |
|--|----------------------------------|---|------------------------------------|--------|--|----------------------------|
| Całkowity / Total | 1141,944 | 119 | 9,596 | | | |
| Odmiana / Cultivar (C) | 699,091 | 14 | 49,935 | 10,762 | 0,0001 | *** |
| Temperatura przechowywania / Temperature of storage (TS) | 1,040 | 1 | 1,040 | 0,224 | 0,6376 | n.i. |
| Czas przechowywania Time of storage (S) | 6,299 | 1 | 6,296 | 1,357 | 0,2487 | n.i. |
| C x TS | 62,888 | 14 | 4,492 | 0,968 | 0,4955 | n.i. |
| C x S | 34,558 | 14 | 2,468 | 0,532 | 0,9043 | n.i. |
| TS x S | 1,493 | 1 | 1,493 | 0,322 | 0,5726 | n.i. |
| C x TS x S | 58,183 | 14 | 4,156 | 0,896 | 0,5674 | n.i. |
| Błąd; Error | 278,395 | 60 | 4,640 | | | |

Objaśnienia / Explanatory notes: n.i. – nieistotne / not significant; ***bardzo wysoka istotność $\alpha \leq 0,001$ / very high significance $\alpha \leq 0,001$

Różnice w zawartości suchej masy w bulwach badanych odmian ziemniaków w czasie przechowywania w temperaturze 5 i 8°C nie przekroczyły 3%. Wyjątek stanowiły ziemniaki odmiany Carrera, w których zmiany zawartości suchej masy po długotrwałym przechowywaniu w temperaturze 8°C wynosiły 4%.

Tabela 5. Zawartość skrobi (%) w bulwach badanych odmian ziemniaka po zbiorze i w czasie przechowywania w sezonach przechowalniczych 2011/2012, 2012/2013**Table 5.** Content of starch in tubers of selected potato cultivars after harvest and during storage time in 2011/2012 and 2012/2013

| Odmiana Cultivar | Po zbiorze w sezonach After harvest in vegetation period | | Czas przechowywania; Time of storage | | | | Średnia z odmian Mean for cultivars |
|--|--|-----------|---|-----------|---|-----------|--|
| | | | Po 3 miesiącach w sezonach After 3 months of storage in season | | Po 7 miesiącach w sezonach After 7 months of storage in season | | |
| | 2011/2012 | 2012/2013 | 2011/2012 | 2012/2013 | 2011/2012 | 2012/2013 | |
| | Bardzo wczesne i wczesne / Very early and early | | | | | | |
| Carrera | 10,53 | 8,90 | 13,20 | 9,04 | 9,70 | 8,20 | 9,92 ^a |
| Ingrid | 7,01 | 8,40 | 10,64 | 8,45 | 8,90 | 8,70 | 8,70 ^a |
| Etola | 9,45 | 10,80 | 11,70 | 10,75 | 11,10 | 10,70 | 10,75 ^{ab} |
| Viviana | 9,72 | 8,90 | 11,23 | 7,80 | 10,50 | 8,50 | 9,44 ^a |
| Michalina | 7,83 | 12,70 | 9,72 | 12,00 | 8,60 | 11,90 | 10,45 ^{ab} |
| Gwiazda | 10,80 | 12,20 | 10,75 | 10,90 | 10,90 | 8,60 | 10,70 ^{ab} |
| Hubal | 14,31 | 12,80 | 15,50 | 13,40 | 14,30 | 13,20 | 13,90 ^{bc} |
| Średnio wczesne / Medium early | | | | | | | |
| Sagitta | 10,80 | 13,40 | 13,20 | 12,50 | 12,40 | 12,10 | 12,40 ^b |
| Jutrzenka | 13,50 | 14,25 | 14,30 | 12,60 | 11,60 | 14,10 | 13,40 ^{bc} |
| Legenda | 13,50 | 16,20 | 14,30 | 14,20 | 16,30 | 14,40 | 14,80 ^c |
| Stasia | 10,64 | 15,00 | 11,50 | 14,20 | 11,60 | 13,60 | 12,75 ^b |
| Bursztyn | 13,80 | 16,20 | 16,10 | 15,55 | 15,52 | 16,30 | 15,60 ^{cd} |
| Gawin | 15,93 | 16,20 | 17,55 | 15,70 | 13,80 | 16,60 | 16,00 ^d |
| Średnio późne do późnych / Medium late to late | | | | | | | |
| Zenia | 10,50 | 13,70 | 12,40 | 13,05 | 12,00 | 13,00 | 12,44 ^b |
| Gustaw | 14,05 | 17,30 | 14,20 | 15,05 | 12,50 | 14,00 | 14,50 ^c |
| Średnia z sezonów Mean for seasons | 11,50 | 13,13 | 13,10 | 12,34 | 12,00 | 12,26 | |
| Średnia z czasu przechowywania Mean for time of storage | | 12,31 | | 12,71 | | 12,12 | |

Objaśnienia / Explanatory notes: Wartości średnie w wierszach oznaczone indeksami (a, b, c) różnią się statystycznie przy $\alpha \leq 0,05$; / Mean values in columns denoted with letters (a, b, c) are statistically significant at $\alpha \leq 0,05$)

W czasie przechowywania głównymi czynnikami powodującymi zmiany zawartości suchej masy w bulwach są procesy fizjologiczne, takie jak transpiracja i oddychanie oraz warunki termiczno-wilgotnościowe w przechowalni w czasie przechowywania (Sowa-Niedziałkowska 2002, Thybo i in 2006, Grudzińska 2012). Wyżej wymienieni autorzy wykazali, że wraz ze wzrostem temperatury przechowywania wzrasta intensywność transpiracji, w wyniku czego wzrasta zawartość

suchej masy w bulwach. Takie prawidłowości obserwowano jedynie w bulwach ziemniaka odmiany Carrera. Kaaber i in. (2001) stosując niższą temperaturę przechowywania (4°C), obserwowali 1,5% przyrost zawartości suchej masy, natomiast w wyższej temperaturze (10°C) wzrost był dwukrotnie wyższy. W niniejszej pracy nie obserwowano takich zależności. Zawartość suchej masy w ziemniakach przechowywanych przez 3 miesiące w temperaturze 5 i 8°C była na tym samym poziomie, natomiast po długotrwałym przechowywaniu (7 miesięcy) różnice kształtowały się na poziomie 0,4% (różnice nieistotne).

W tabeli 5 przedstawiono zawartość skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaków po zbiorze oraz w czasie przechowywania w dwóch sezonach przechowalniczych. Po zbiorze najniższą zawartością skrobi niezależnie od lat uprawy cechowały się ziemniaki odmiany Carrera, Ingrid i Viviana (odpowiednio średnio: 9,7, 7,7 i 9,3%), natomiast najwyższą bulwy odmiany Gustaw i Gawin (około 15-16%). Na zawartość skrobi w badanych odmianach ziemniaków decydujący wpływ miał czynnik odmianowy.

Tabela 6. Wyniki trójczynnikowej analizy wariancji dla zawartości skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaka po zbiorze i w czasie przechowywania w sezonach przechowalniczych 2011/2012, 2012/2013

Table 6. The results of three-way analysis of variance for starch content in cultivars potato tubers during storage time in 2011/2012 and 2012/2013

| Źródła zmienności Sources of variation | Suma kwadratów Sum of Squares | Liczba stopni swobody Degrees of freedom | Średni kwadrat Mean of squares | F | Poziom istotności Level of significance | Istotność Significance |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|--------|--|---------------------------|
| Całkowity / Total | 814,015 | 119 | 6,840 | | | |
| Odmiana / Cultivar (C) | 489,512 | 14 | 34,965 | 20,095 | 0,0001 | *** |
| Czas przechowywania; Time of Storage (TS) | 22,386 | 1 | 22,386 | 12,865 | 0,0012 | *** |
| Lata badań Years of research (Y) | 8,401 | 1 | 8,401 | 4,828 | 0,0319 | ** |
| (C) x (TS) | 24,309 | 14 | 1,736 | 0,998 | 0,4671 | n.i. |
| (C) x (Y) | 105,574 | 14 | 7,541 | 4,334 | 0,0001 | *** |
| (TS) x (Y) | 19,368 | 1 | 19,368 | 11,131 | 0,0015 | *** |
| (C) x (TS) x (Y) | 40,063 | 14 | 2,862 | 1,645 | 0,0931 | n.i. |
| Błąd / Error | 104,402 | 60 | 1,740 | | | |

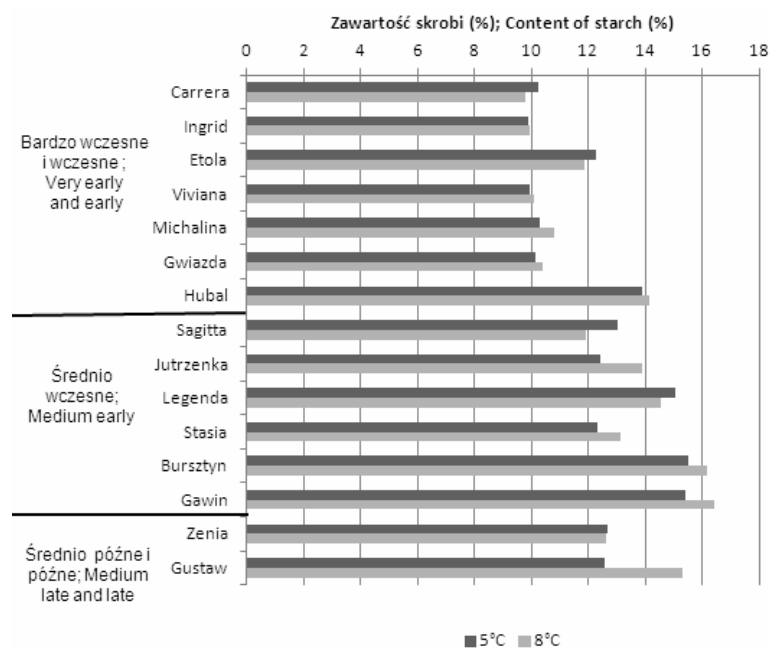
Objaśnienia / Explanatory notes: n.i. – nieistotne / not significant; *** bardzo wysoka istotność / very high significance; **wysoka istotność / high significance; *istotny / significant

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotną interakcję pomiędzy poszczególnymi sezonami wegetacyjnymi po zbiorze, a czasem przechowywania w zawartości skrobi w bulwach poszczególnych odmian (tab. 6). W sezonie 2011-2012 ziemniaki większości odmian charakteryzowały się wyższą zawartością skrobi, niż w sezonie 2012-2013 (o około 2-3%). Istotne różnice w zawartości

skrobi w badanych odmianach ziemniaków pomiędzy sezonami wegetacyjnymi obserwowano w odmianach Michalina (4,9%) oraz Stasia (4,3%) (tab. 5).

Asmamaw i Tekalign 2010, Grudzińska 2012, Zarzecka i in. 2014 oraz Kołodziejczyk 2014 podkreślają znaczącą rolę warunków pogodowych w czasie wegetacji roślin na zawartość skrobi w bulwach. Wyżej wymienieni autorzy wykazali, że wyższą zawartość tego węglowodanu mają ziemniaki uprawiane w latach z wysoką średnią temperaturą powietrza oraz umiarkowaną ilością opadów w okresie lipiec-sierpień. Stwierdzenie to jest zgodne z przedstawionymi wynikami, gdzie wyższą zawartością skrobi cechowały się bulwy większości odmian uprawianych w pierwszym sezonie wegetacji (2012 rok), który odznaczał się wysokimi temperaturami powietrza w lipcu i sierpniu oraz umiarkowanymi opadami.

Różnice w zawartości skrobi pomiędzy 3 a 7 miesiącem przechowywania w sezonie 2011-2012 wynosiły 1,1%. Zmiany zawartości węglowodanu w bulwach ziemniaków w czasie przechowywania związane są z intensywnością oddychania (Biemelt i in. 2000). Według Frydeckiej-Mazurczyk (1982) wydzielanie 1 mg CO₂ powoduje rozpad 0,614 mg skrobi do cukrów prostych (Sowokinos 2001).



Rys. 1. Zawartość skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5 i 8°C (średnia z dwóch lat badań; dwóch terminów przechowywania)

Fig. 1. Content of starch in tubers of selected potato cultivars stored at 5 and 8°C (average of two years and two times of storage)

Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (2000) zaobserwowały, że odmiany o wyższej zawartości polisacharydu i dłuższym okresie wegetacji wykazują większe jej straty w czasie przechowywania. Odmienne wyniki uzyskano w niniejszej pracy. Wykazano, że bulwy ziemniaków odmian Carrera, Ingrid, które należą do odmian o krótszym okresie wegetacji (odmiany bardzo wczesne i wczesne), cechowały się wyższymi stratami skrobi w czasie przechowywania od pozostałych odmian (straty po 3 miesiącach przechowywania 2,7 i 3,7%).

Na rysunku 1 przedstawiono średnią zawartość skrobi w 15 odmianach bulw ziemniaka przechowywanego w temperaturze 5 i 8°C. Temperatura przechowywania nie miała istotnego wpływu na zawartość skrobi w badanych bulwach ziemniaków (tab. 7). Jednak obserwowano zwiększenie ilości skrobi w bulwach odmian Gustaw i Jutrzenka przechowywanych w 8°C o 2,7 i 1,5%. Podobną zależność otrzymali Gąsiorowska i Makarewicz (2004), którzy wykazali, że przechowywanie bulw w wyższej temperaturze powoduje zwiększenie zawartości skrobi w bulwach o około 0,5%.

Tabela 7. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji dla zawartości skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5 i 8°C (rys. 1)

Table 7. Results of three-way analysis of variance for starch content in tubers of selected potato cultivars during storage at 5 and 8°C (see Fig. 1)

| Źródła zmienności Sources of variation | Suma kwadratów Sum of squares | Liczba stopni swobody Degrees of freedom | Średni kwadrat Mean of squares | F | Poziom istotności Level of significance | Istotność Significance |
|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|--------|--|---------------------------|
| Całkowity / Total | 814,262 | 119 | 6,843 | | | |
| Odmiana / Cultivar (C) | 486,841 | 14 | 34,774 | 10,470 | 0,0001 | *** |
| Temperatura przechowywania Temperature of Storage (TS) | 3,861 | 1 | 3,861 | 1,163 | 0,2838 | n.i. |
| (C) x (TS) | 24,642 | 14 | 1,760 | 0,530 | 0,9093 | n.i. |
| Błąd / Error | 298,917 | 90 | 3,321 | | | |

Objaśnienia / Explanatory notes: n.i. – nieistotne / not significant; *** bardzo wysoka istotność / very high significance

Kolejnym badanym parametrem determinującym przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa (na susze, frytki, sałatki) jest ciemnienie miąższu bulw po ugotowaniu i ciemnienie miąższu bulw surowych. W tabeli 8 przedstawiono ciemnienie miąższu bulw surowych i po ugotowaniu po zbiorze oraz po przechowywaniu w temperaturze 5 i 8°C. Ocenę intensywności ciemnienia enzymatycznego przeprowadzono po godzinie od czasu uzyskania miąższu ziemniaczanej. Po zbiorze większość bulw badanych odmian cechowała się małą lub bardzo małą podatnością na ciemnienie miąższu bulw surowych. Bulwy odmian Ingrid, Hubal i Gawin

wykazały intensywniejsze ciemnienie enzymatyczne i uzyskały ocenę odpowiednio: Hubal 3,0, Ingrid i Gawin – 3,5 (graniczna ocena dla ziemniaków jadalnych ≥ 5). Ciemnienie enzymatyczne bulw ziemniaka zależy przede wszystkim od czynnika odmianowego (Grudzińska i Zgórska 2006, Keutgen i in. 2014), a następnie od zawartości związków fenolowych oraz aktywności enzymu, który jest katalizatorem tej reakcji (Sappers i Miller 1993, Kaaber i in. 2002, Kumar i Ezekiel 2009). Po 3 miesiącach przechowywania w niższej temperaturze (5°C) obserwowano, że jedynie bulwy odmiany Michalina ulegały intensywnemu ciemnieniu enzymatycznemu w porównaniu z surowcem po zbiorze. Intensywność ciemnienia bulw pozostałych odmian nie zwiększyła się, niezależnie od temperatury przechowywania.

Tabela 8. Ciemnienie miąższu bulw surowych i po ugotowaniu po zbiorze oraz po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 5 i 8°C (średnia z sezonów przechowalniczych)

Table 8. Darkening of raw and cooked tubers after harvest and after 3 and 7 months of storage at 5 and 8°C

| Odmiana Cultivar | Ciemnienie bulw surowych po 1 godz. Raw tubers after 1 h | | | | | Ciemnienie bulw ugotowanych po 2 godz. Cooked tubers after 2 h | | | | |
|---|---|---|-----|---|-----|---|---|------|---|------|
| | Po zbiorze After harvest | Po 3 miesiącach przechowywania After 3 months of storage at: | | Po 7 miesiącach przechowywania After 7 months of storage at: | | Po zbiorze After harvest | Po 3 miesiącach przechowywania After 3 months of storage at: | | Po 7 miesiącach przechowywania After 7 months of storage at: | |
| | | 5°C | 8°C | 5°C | 8°C | | 5°C | 8°C | 5°C | 8°C |
| Bardzo wczesne i wczesne / Very early and early | | | | | | | | | | |
| Carrera | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 3,0 | 5,0 | 7,5 | 7,8 | 7,9 | 7,7 | 7,9 |
| Ingrid | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 8,0 | 7,5 | 7,4 | 8,5 | 8,2 |
| Etola | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 5,0 | 4,0 | 7,7 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,7 |
| Viviana | 4,5 | 3,5 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 7,5 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 7,9 |
| Michalina | 6,0 | 3,5 | 5,0 | 5,0 | 3,5 | 7,6 | 7,6 | 7,7 | 8,0 | 7,4 |
| Gwiazda | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 5,5 | 4,0 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,4 | 7,4 |
| Hubal | 3,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 4,0 | 7,5 | 7,4 | 7,6 | 7,5 | 7,7 |
| Średnio wczesne / Medium early | | | | | | | | | | |
| Sagitta | 6,5 | 6,5 | 6,0 | 5,5 | 6,0 | 8,4 | 7,3 | 7,7 | 7,8 | 7,7 |
| Jutrzenka | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 3,5 | 4,5 | 7,3 | 7,8 | 7,8 | 7,6 | 7,6 |
| Legenda | 5,5 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 7,6 | 7,1 | 7,6 | 7,7 | 7,1 |
| Stasia | 4,5 | 3,5 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 7,6 | 7,8 | 7,9 | 8,2 | 7,7 |
| Bursztyn | 5,5 | 4,5 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 7,1 | 6,9 | 7,1 | 7,2 | 7,0 |
| Gawin | 3,5 | 5,0 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 7,0 | 7,0 | 7,7 | 7,6 | 7,3 |
| Średnio późne do późnych / Medium late to late | | | | | | | | | | |
| Zenia | 4,5 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 3,5 | 8,1 | 7,5 | 7,2 | 7,6 | 7,1 |
| Gustaw | 5,0 | 4,5 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 6,7 | 7,1 | 6,7 | 6,8 | 6,5 |
| Średnia / Average | 4,7 | 4,4 | 4,6 | 4,3 | 4,3 | 7,56 | 7,50 | 7,62 | 7,72 | 7,50 |
| Średnia Average | | 4,5 | | 4,3 | | | 7,5 | | 7,6 | |

Analiza wariancji nie wykazała istotnego wpływu temperatury oraz czasu przechowywania na zmianę ciemnienia enzymatycznego i chemicznego w bulwach badanych odmian (tab. 9). Jedynie czynnik odmianowy istotnie różnicował ciemnienie bulw.

Tabela 9. Wyniki trójczynnikowej analizy wariancji dla ciemnienia miąższu bulw surowych i po ugotowaniu po zbiorze oraz po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 5 i 8°C

Table 9. Results of three-way analysis of variance for darkening of raw and cooked tubers after harvest and after 3 and 7 months of storage at 5 and 8°C

| Źródła zmienności Sources of variation | Suma kwadratów Sum of squares | Liczba stopni swobody Degrees of freedom | Średni kwadrat Mean of squares | F | Poziom istotności Level of significance | Istotność Significance |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|-------|--|---------------------------|
| Ciemnienie bulw surowych / Darkening of raw tubers | | | | | | |
| Całkowity / Total | 163,325 | 119 | 1,372 | | | |
| Odmiana / Cultivar (C) | 48,200 | 14 | 3,442 | 2,445 | 0,0086 | ** |
| Czas przechowywania Time of Storage (TS) | 0,000 | 1 | 0,008 | 0,006 | 0,9389 | n.i. |
| Temperatura przechowywania Temperature of storage (S) | 0,408 | 1 | 0,408 | 0,290 | 0,5923 | n.i. |
| (C) x (TS) | 6,867 | 14 | 0,490 | 0,348 | 0,9837 | n.i. |
| (C) x (S) | 9,467 | 14 | 0,676 | 0,480 | 0,9351 | n.i. |
| (TS) x (S) | 0,408 | 1 | 0,408 | 0,290 | 0,5923 | n.i. |
| (C) x (TS) x (S) | 13,467 | 14 | 0,962 | 0,683 | 0,7816 | n.i. |
| Błąd / Error | 84,500 | 60 | 1,408 | | | |
| Ciemnienie bulw ugotowanych / Darkening of cooked tubers | | | | | | |
| Całkowity / Total | 28,932 | 119 | 0,243 | | | |
| Odmiana / Cultivar (C) | 12,912 | 14 | 0,922 | 4,981 | 0,0001 | *** |
| Czas przechowywania Time of Storage (TS) | 0,133 | 1 | 0,133 | 0,720 | 0,3995 | n.i. |
| Temperatura przechowywania Temperature of storage (S) | 0,056 | 1 | 0,056 | 0,304 | 0,5833 | n.i. |
| (C) x (TS) | 0,922 | 14 | 0,066 | 0,356 | 0,9821 | n.i. |
| (C) x (S) | 1,889 | 14 | 0,135 | 0,729 | 0,7376 | n.i. |
| (TS) x (S) | 0,645 | 1 | 0,645 | 3,485 | 0,0668 | n.i. |
| (C) x (TS) x (S) | 1,265 | 14 | 0,090 | 0,488 | 0,9309 | n.i. |
| Błąd / Error | 11,110 | 60 | 0,185 | | | |

Objaśnienia / Explanatory notes: n.i. – nieistotne / not significant; **wysoka istotność / high significance; *** bardzo wysoka istotność / very high significance

Bezpośrednio po zbiorze bulwy odmian: Ingrid, Sagitta i Zenia cechowały się bardzo małym ciemnieniem chemicznym (oceny 8,0-8,4). Pozostałe odmiany wykazywały małą skłonność do ciemnienia (oceny od 7,9 do 6,5).

PODSUMOWANIE

W niniejszych badaniach stwierdzono, że temperatura i czas przechowywania ziemniaków nie miały istotnego wpływu na zmiany zawartości suchej masy w bulwach. Zróżnicowane warunki klimatyczne podczas wegetacji roślin wpłynęły istotnie na zawartość skrobi w bulwach badanych odmian (różnice do 4,5%). Wszystkie ziemniaki badanych odmian cechowały się małą lub bardzo małą skłonnością do ciemnienia surowej miazgi ziemniaczanej i bulw po ugotowaniu. Temperatura i czas przechowywania surowca nie miały istotnego wpływu na zmiany tych parametrów technologicznych

PIŚMIENNICTWO

- Asmamaw Y., Tekalign T., 2010. Specific Gravity, DryMatter Concentration, pH, and Crisp-making Potential of Ethiopian Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars as Influenced by Growing Environment and Length of Storage Under Ambient Conditions. *Potato Res.*, 53, 93-109.
- Biemelt, Hajirezaei M., Hentschel E., Sonnewald U., 2000. Comparative analysis of abscisic acid content and starch degradation during storage of tubers harvested from different potato varieties, *Potato Res.*, 43, 371-382.
- Blenkissop R.W., Copp L.J., Yada R.Y., Marangoni A.G., 2002. Changes in composition parameters of tubers of potato during low-temperature storage and their relationship processing quality. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 4545-4553.
- Frydecka-Mazurczyk A., 1982. Oddychanie bulw ziemniaka w czasie wzrostu i przechowywania. *Ziemniak*, 125-135.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., 2004. Wpływ terminu sprzętu ziemniaka i warunków przechowywania na skład chemiczny bulw. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 500, 455-464.
- Grudzińska M., 2012. Wpływ warunków atmosferycznych i przechowalniczych na cechy technologiczne ziemniaka w produkcji frytek i chipsów, *Biul. Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 265, 137-148.
- Grudzińska M., Zgórska K., Czerko Z., 2014. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka, *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 577, 43-52.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2006. Ciemnienie enzymatyczne miazgi bulw ziemniaka w zależności od odmiany. *Zesz. Post. Nauk Rol.*, 511, 579-584.
- Kaaber L., Brathen E., Martinsen B.K., Shomer I., 2001. The effect of storage conditions on chemical content of raw potatoes and texture of cooked potatoes. *Potato Res.*, 44, 153-163.
- Kaaber L., Brathen E., Martinsen B.K., Shomer I., 2002. Browning inhibition and textural changes of pre-peeled potatoes. *Lebensmittelwiss. Technol.*, 35, 326-331.
- Keutgen A., Pobereżny J., Wszelaczyńska E., Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., 2014. Wpływ przechowywania na procesy ciemnienia bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) i ich właściwości prozdrowotne. *Inż. Ap. Chem.*, 53, 86-88.
- Kołodziejczyk M., 2014. Wpływ warunków opadowo-termicznych na skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego., *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia*, Vol. LXIX (3) sectio E 1-10.
- Kumar D., Ezekiel R., 2009. Changes in glycoalkaloids and phenolic contents in potato tubers stored under different conditions, *J. of Food Sci. and Technology*, 46(5), 480-483.

- Lisińska G., 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaków, Mat. Konf., IV Konferencja Naukowa, 08-11 maja Szklarska Poręba 2006, „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”, 61-68.
- Murnice I., Karklina D., Galoburda R., Santare D., Skrabule I., Costa H.S., 2011. Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato varieties depending on traditional cooking methods. *J. of Food Composition and Analysis*, 24, 699-710.
- PN-EN ISO 10520:2002. Skrobia naturalna – Oznaczanie zawartości skrobi – Metoda polarymetryczna Ewersa.
- Pała J., Skowera B., 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Mila uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. *Acta Agroph.*, 3(2), 359-366.
- Sappers G., Miller R.L., 1993. Control of enzymatic browning in pre-peeled potatoes by surface digestion. *J. of Food Sci.*, 58, 1076-1078.
- Sowa-Niedziałkowska G., 2002. Wpływ naturalnych sposobów ograniczających intensywność przemian ilościowych w bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489, 355-363.
- Sowokinos J.R., 2001. Biochemical and molecular control of cold induced sweetening in potatoes, *Am. J. of Potato Res.*, 78, 221-236.
- Thybo A.K., Christansen J., Kaack K., Petersen M.A., 2006. Effect of cultivars, wound healing and storage on sensory quality and chemical components in pre-peeled potatoes. *Lebensmittelwiss Technol.*, 39, 166-176.
- Zarzecka K., Gugała M., Dołęga H., Zadrożniak B., 2014. Modyfikacja składu chemicznego bulw ziemniaka pod wpływem insektycydów. *Fragm. Agron.* 31, 129-137.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M., 2006. Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka, *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.*, 511, 567-578.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A., 2000. Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa, *Biul. Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 213, 239-248.
- Zgórska K., Grudzińska M., 2012. Zmiany wybranych cech jakości bulw ziemniaka w czasie przechowywania, *Acta Agroph.*, 19(1), 203-214.

CHANGES OF TECHNOLOGICAL FEATURES OF TUBERS OF 15 POTATO VARIETIES DURING STORAGE

*Magdalena Grudzińska, Zbigniew Czerko, Anna Wierzbicka,
Milena Pietraszko, Kazimiera Zgórska*

Department of Potato Storage and Processing
Plant Breeding and Acclimatization Institute, Research Division Jadwisin

Abstract. The aim of this study was to determine changes in some of the technological features of potato tubers of different earliness groups during long-term storage at 5 and 8°C. Material for the study was tubers of 15 varieties of potato from different groups of earliness. The study was conducted in 2011-2013 storage seasons. The material was grown on the field of IHAR-NRI Jadwisin. Tubers were harvested at full physiological maturity. After harvest the potatoes were placed

in the experimental storage facility. Analyses were performed in three terms after harvesting and after 3 and 7 months of storage at 5 and 8°C, relative humidity 90-95%. The following parameters were determined for the potato tubers: content of dry matter and starch, enzymatic browning and darkening of potato tubers after cooking. On the basis of the study it was showed that the effect of temperature and storage time of 15 varieties of potatoes on changes in dry matter content in tubers was not significant. In the experiment significant differences (5%) were observed in 2 varieties of potato tubers in the content of starch in two seasons storage. All of the investigated cultivars were characterised by very low and low after-cooking darkening, both after harvest and storage. The influence of storage temperature and storage time was not significant.

Key words: potato, storage, dry matter, starch, enzymatic browning, non-enzymatic darkening