

MAGDALENA GRUDZIŃSKA, KAZIMIERA ZGÓRSKA

## WPŁYW ZAWARTOŚCI CUKRÓW W BULWACH ZIEMNIAKA NA BARWĘ CZIPSÓW

### Streszczenie

Celem podjętych badań było określenie zależności między zawartością cukrów w bulwach ziemniaka a barwą wykonanych z nich chipsów.

Materiał badawczy stanowiło 11 odmian bulw ziemniaka. Badania prowadzono w latach 2003 – 2007.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne korelacje między barwą chipsów a zawartością cukrów redukujących ( $r = -0,87$ ) oraz sacharozy ( $r = -0,60$ ). Wraz ze wzrostem zawartości sacharozy w bulwach wzrasta w nich zawartość cukrów redukujących ( $r = 0,86$ ). Wykazano również istotne zależności pomiędzy zawartością skrobi w bulwach ziemniaka a zawartością cukrów redukujących ( $r = -0,74$ ) i sacharozy ( $r = 0,64$ ). Współczynniki korelacji zależały istotnie od odmiany. Najwyższymi współczynnikami korelacji pomiędzy barwą chipsów a zawartością cukrów redukujących w bulwach charakteryzowały się odmiany Victoria i Nora. Natomiast w przypadku odmian Gracja, Augusta, Kuklik, Cekin i Raja najsilniejsze zależności, wyrażone wysokimi wartościami współczynników korelacji, wystąpiły pomiędzy barwą chipsów a zawartością sacharozy w bulwach.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, odmiana, barwa chipsów, cukry redukujące, sacharoza, skrobia

### Wprowadzenie

Barwa produktów smażonych jest jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących ich jakość. Bezpośredni wpływ na barwę ma zawartość cukrów redukujących (glukoza i fruktoza). Zawartość tych związków w bulwach zależy od cech genetycznych odmiany, warunków wzrostu roślin, temperatury w czasie zbioru i przechowywania.

Przechowywanie bulw ziemniaka w niskiej temperaturze (4 °C) powoduje ograniczenie procesów oddychania, transpiracji i kielkowania (ubytki naturalne), natomiast wpływa na akumulację cukrów redukujących i sacharozy w bulwach [2, 18, 20, 27]. Wyższa temperatura przechowywania (8 - 10 °C) ogranicza akumulację cukrów redu-

kujących w bulwach, ale pogarszają się inne cechy jakości bulw związane z utratą turgoru, kiełkowaniem, stratami skrobi [4, 18, 20, 26].

Ziemniaki przeznaczone do produkcji czipsów nie powinny zawierać więcej niż 0,15 % cukrów redukujących w świeżej masie bulw [13, 18, 24, 26]. Podczas smażenia cukry redukujące wchodzą w reakcje z wolnymi aminokwasami (reakcja Maillarda), w wyniku której tworzą się związki o brunatnym zabarwieniu i powstają szkodliwe dla zdrowia akryloamidy [15]. Ciemne produkty są gorzkie, a ich barwa jest niepożądana, co dyskwalifikuje odmianę w przetwórstwie.

W praktyce, ziemniaki przeznaczone do produkcji czipsów przechowywane są w temperaturze 8 °C. W celu ograniczenia niekorzystnych zmian w bulwach, stosowane są inhibitory wzrostu kiełków. Stosowanie tych środków w przechowalnictwie ziemniaków jadalnych w większości krajów europejskich jest niedozwolone, a w przechowalniach ziemniaków przeznaczonych na przetwory spożywcze ograniczone [18, 19]. W związku z tym od kilkunastu lat prowadzone są prace związane z hodowlą odmian o małej zawartości cukrów redukujących w bulwach przechowywanych w temperaturze 4 °C (typ „cold storage”).

Określenie zależności między składnikami bulw wpływającymi na barwę produktów smażonych w zależności od odmiany i temperatury przechowywania surowca może umożliwić prognozowanie jakości produktu finalnego.

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy zawartością cukrów redukujących i sacharozy w bulwach ziemniaka przechowywanych w różnej temperaturze a barwą uzyskanych z nich czipsów.

### **Materiał i metody badań**

Materiałem do badań były bulwy 11 odmian ziemniaka: odmiana bardzo wczesna Velox, odmiany wczesne – Gracja, Augusta, Kuklik, Nora, odmiany średnio wczesne – Victoria, Redstar, Piroł, Tajfun, Raja, Cekin. Ziemniaki przechowywano w doświadczalnej przechowalni Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, w temp. 4 i 8 °C przy wilgotności względnej powietrza 90-95 %. Do badań pobierano ok. 5 kg próby ziemniaków z każdej odmiany, bezpośrednio po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturach 4 i 8 °C.

W bulwach ziemniaka oznaczano zawartość: skrobi metoda Ewersa [1], cukrów redukujących metodą dinitrofenolową [23], a sacharozy metodą antronową [23].

Do sporządzenia czipsów pobierano po 10 bulw z każdej odmiany bezpośrednio po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temp. 4 i 8 °C. Bulwy myto, obierano ręcznie, krojono mechanicznie w plastry o grubości 1,7 mm, osuszano na bibule i smażyono w głębokim oleju w temp. 180 °C przez 3 min do wilgotności około 2 %.

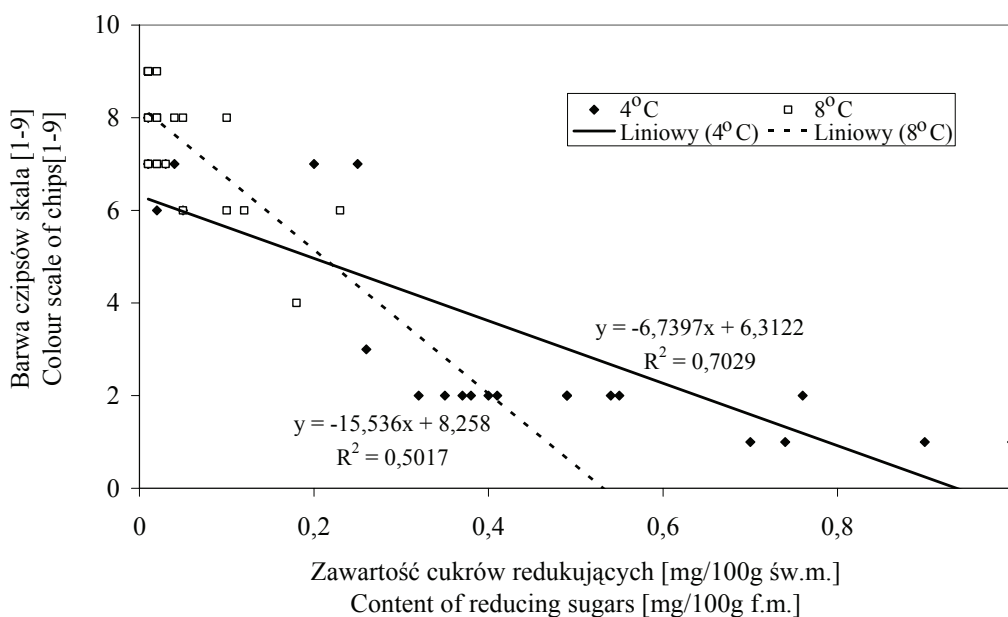
Barwę czipsów oznaczano metodą subiektywną za pomocą tablic barwnych w skali od 1 do 9 (9 – czipsy jasne, 1 – czipsy ciemne, 6,5 – wartość graniczna) opra-

cowanych przez Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce w Wageningen (Holandia) na zlecenie European Association for Potato Research.

Obliczenia statystyczne wykonywano w programie ANW, opracowanym przez ART w Bydgoszczy. Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy określano przy zastosowaniu analizy wariancji w regresji dla modelu liniowego. Do obliczenia istotnej różnicy zastosowano test Fishera–Snedecora. Wykonano również dwuczynnikową analizę wariancji. Do obliczenia najmniejszej istotnej różnicy zastosowano test t-Studenta na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$

### Wyniki badań i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono zależności pomiędzy barwą czipsów a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka przechowywanych w temperaturze 4 i 8 °C.

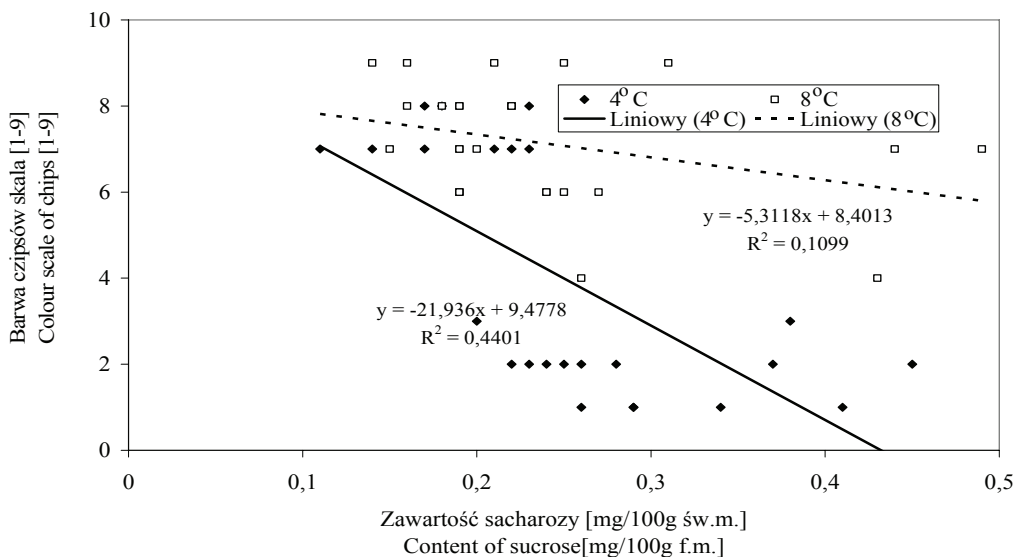


Rys. 1. Zależność pomiędzy barwą czipsów a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka przechowywanych przez 7 miesięcy ( $n = 88$ ) w temperaturze 4 i 8 °C.

Fig. 1. Correlation between the colour of chips and the content of reducing sugars in potato tubers stored for 7 months ( $n = 88$ ) at temperatures of 4 and 8 °C.

Im wyższa była zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka, tym ciemniejszą barwą charakteryzowały się chipsy. Współczynnik korelacji pomiędzy badanymi cechami był wyższy po przechowywaniu bulw w temperaturze 4 °C. Według wielu autorów [2, 3, 6, 7, 8, 9, 17, 19, 20] proces tworzenia cukrów redukujących

w bulwach przechowywanych w niskiej temperaturze przebiega znacznie intensywniej niż podczas przechowywania w temp. 8 °C. Podobnie Sinha i wsp. [19] uzyskali bardzo wysoką korelację między barwą czipsów a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka przechowywanych w niskiej temperaturze ( $r = -0,84$ ).



Rys. 2. Zależność pomiędzy barwą czipsów a zawartością sacharozy w bulwach ziemniaka przechowywanych przez 7 miesięcy ( $n = 88$ ) w temperaturze 4 i 8 °C.

Fig. 2. Correlation between the colour of chips and the content of sucrose in potato tubers stored for 7 months ( $n = 88$ ) at temperatures of 4 and 8 °C.

Na rys. 2. przedstawiono zależność pomiędzy barwą czipsów a zawartością sacharozy w bulwach ziemniaka przechowywanych przez 7 miesięcy w temp. 4 i 8 °C. Wykazano istotną zależność pomiędzy barwą produktu smażonego a zawartością sacharozy w bulwach przechowywanych w temp. 4 °C ( $R^2 = 0,42$ ). Natomiast po przechowaniu bulw w 8 °C zależność ta okazała się statystycznie nieistotna.

Nelson i wsp. [16] dowiedli, że współczynniki korelacji pomiędzy barwą produktów smażonych, a zawartością cukrów redukujących i sacharozy w bulwach uzależnione są od czynnika odmianowego. Podobne zależności obserwował Mazza [14]. W przeprowadzonym doświadczeniu również stwierdzono wpływ odmiany ziemniaka na barwę uzyskanych z nich czipsów (tab. 1.). Najwyższymi współczynnikami korelacji pomiędzy barwą czipsów a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka charakteryzowały się odmiany Victoria i Nora ( $r = -0,91, -0,92$ ). Współczynniki korelacji były nieistotne w przypadku odmiany Gracja, Redstar oraz Cekin. Z kolei, współczynniki korelacji pomiędzy barwą czipsów a zawartością sacharozy w 11 analizowa-

nych odmianach mieściły się w granicach od - 0,09 do - 0,70 (tab. 1). Najwyższym współczynnikiem korelacji cechowały się chipsy otrzymane z bulw ziemniaka odmian: Gracja ( $r = - 0,70$ ), Augusta ( $r = - 0,68$ ), Kuklik ( $r = - 0,67$ ), Cekin ( $r = - 0,66$ ) oraz Raja ( $r = - 0,61$ ).

Tabela 1

Współczynniki korelacji pomiędzy barwą chipsów a zawartością cukrów redukujących i sacharozy w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany (po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8 °C x 4 lata).

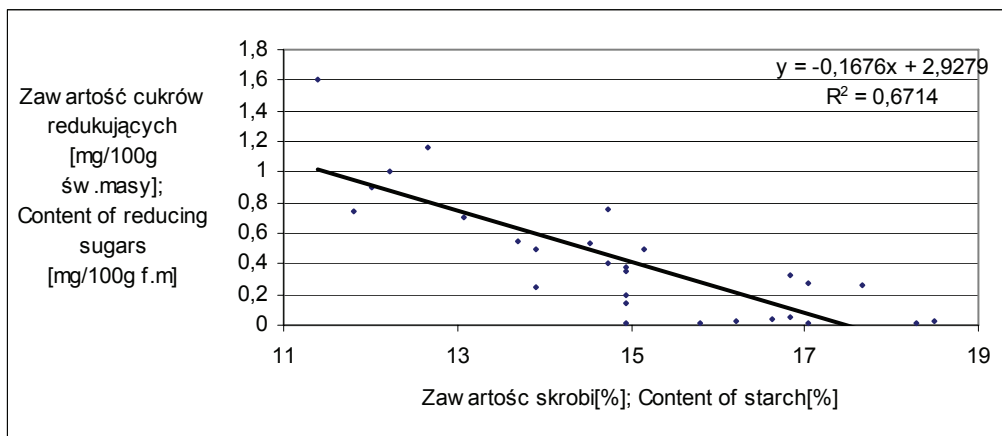
Coefficients of correlation between the colour of chips and the content of reducing sugars and sucrose in potato tubers depending on the cultivar (after harvesting and 7 months after the storage at 4 and 8 °C x 4 years).

Odmiana ziemniaka Cultivars	Barwa chipsów / Chips colour	
	Cukry redukujące Reducing sugars	Sacharoza Sucrose
Gracja	-0,13 <sup>n.i</sup>	-0,70*
Victoria	-0,91*	0,33 <sup>n.i</sup>
Redstar	0,35 <sup>n.i</sup>	0,51*
Augusta	-0,62*	-0,68*
Kuklik	-0,87*	-0,67*
Pirol	-0,86*	-0,09 <sup>n.i</sup>
Velox	-0,87*	0,15 <sup>n.i</sup>
Nora	-0,92*	-0,53*
Tajfun	-0,82*	-0,33 <sup>n.i</sup>
Raja	-0,71*	-0,61*
Cekin	-0,48 <sup>n.i</sup>	-0,66*

\*- współczynnik korelacji statystycznie istotny / statistically significant correlation coefficient;

<sup>n.i.</sup>- współczynnik korelacji statystycznie nieistotny / statistically insignificant correlation coefficient;

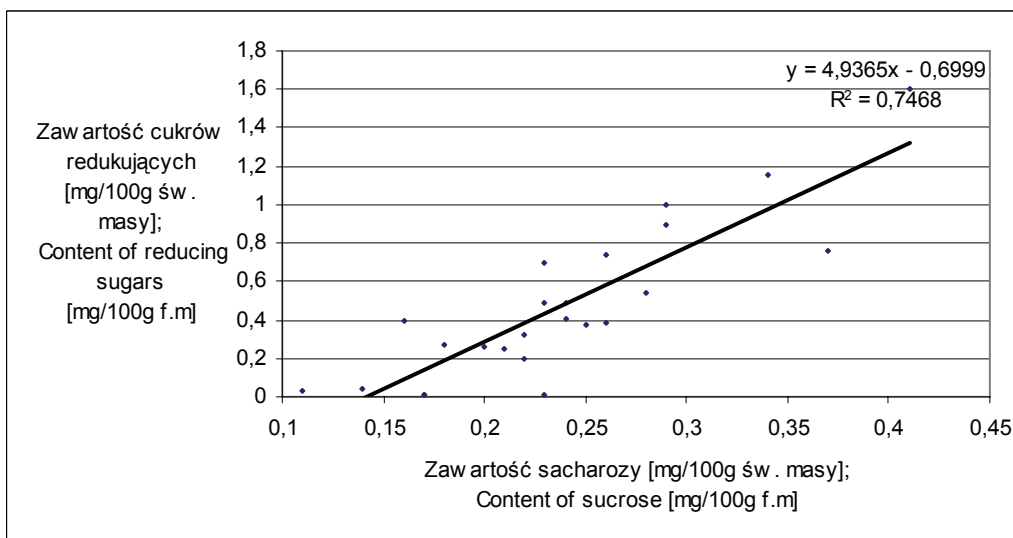
Na rys. 3. przedstawiono zależność pomiędzy zawartością skrobi a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8 °C. Współczynnik korelacji pomiędzy badanymi cechami był wysoce istotny ( $r = - 0,81$ ). Wraz z obniżaniem się zawartości skrobi w bulwach ziemniaka wzrasta zawartość cukrów redukujących. Zmiany te są wynikiem przemian skrobi do cukrów prostych (glukoza + fruktoza). Sowokinos [20], Lisińska [12], Leszczyński [11], Zgórska i Frydecka-Mazurczyk [26] dodają, że rozkład ten (skrobia jako substrat w reakcji oddychania) następuje najpierw do sacharozy, a następnie cząsteczka sacharozy ulega rozpadowi do glukozy i fruktozy. Katalizatorem tej reakcji jest enzym inwertaza [4, 17, 21].



Rys. 3. Zależność pomiędzy zawartością skrobi a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka (po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4° i 8°C x 4 lata).

Fig. 3. Correlation between the content of starch and the content of reducing sugars in potato tubers (after harvesting and 7 months after the storage at 4 and 8 °C x 4 years).

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano, że im wyższa była zawartość sacharozy w bulwach tym wyższa była zawartość cukrów redukujących ( $r = 0,86$ ,  $R^2 = 0,74$ ) (rys. 4).



Rys. 4. Zależność pomiędzy zawartością sacharozy a zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka (po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8 °C x 4 lata).

Fig. 4. Correlation between the content of sucrose and the content of reducing sugars in potato tubers (after harvesting and 7 months after the storage at 4 and 8 °C x 4 years).

## Wnioski

1. Stwierdzono istotne korelacje między barwą czipsów a zawartością w bulwach cukrów redukujących ( $r = -0,87$ ) oraz sacharozy ( $r = -0,60$ ). Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami były istotnie wyższe po przechowywaniu surowca w temperaturze 4 °C.
2. Wykazano istotne zależności pomiędzy zawartością skrobi w bulwach ziemniaka a zawartością cukrów redukujących ( $r = -0,81$ ) oraz między zawartością cukrów redukujących a zawartością sacharozy ( $r = 0,86$ ).
3. Współczynniki korelacji zależały istotnie od odmiany ziemniaka. Najwyższymi współczynnikami korelacji pomiędzy barwą czipsów a zawartością cukrów redukujących w bulwach charakteryzowały się odmiany Victoria i Nora, natomiast w przypadku odmian Gracja, Augusta, Kuklik oraz Cekin silne zależności (wysokie wartości współczynników korelacji) wystąpiły pomiędzy barwą czipsów a zawartością sacharozy.

*Praca była prezentowana podczas XIII Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28 - 29 maja 2008 r.*

## Literatura

- [1] Adler G: Kartoffeln und Kartoffelnerzeugnisse, Paul, PAREY, Berlin 1971, p. 13.
- [2] Brown J., Mackay G.R., Bain H., Griffith D.W., Allison M.J.: The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum L.*, after storage at low temperatures. 2. Sugar concentration. *Potato Res.*, 1990, **33**, 219-227.
- [3] Cottrell J.E., Duffus C.M., Paterson L., Mackay G.R., Allison M.J., Bain H.: The effect of storage temperature on reducing sugar concentration and the activities of three amylolytic enzymes in tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum L.* *Potato Res.*, 1993, **36**, 107-117.
- [4] Copp L.J., Blenkinsop R.W., Yada R.Y., Marangoni A.G.: The relationship between respiration and chip color during long – term storage of potato tubers. *Am. J. Potato Res.*, 2000, **77**, 279-287.
- [5] Dale M.F.B., Mackay G.: Inheritance of table and processing quality. In: Bradshar J.E., Mackay G.R (eds) *Potato genetics*. CAB International Wallingford, UK 1994, pp. 285-315.
- [6] Deiting U., Zrenner R., Stitt M.: Similar temperature requirement for sugar accumulation and for the induction of new forms of sucrose phosphate synthase and amylase in cold – stored potato tubers. *Plant, Cell Env.*, 1998, **21(2)**, 127-138 (abs.).
- [7] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K: Wpływ jesiennego przechłodzenia bulw ziemniaka na zawartość glukozy, fruktozy i sacharozy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2002, **481**, 141-146.
- [8] Gichohi E.G., Pritchard M.K.: Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars, and fry color of Shepody potatoes. *Am. Potato J.*, 1995, **72**, 737-747.
- [9] Grassert V., Vogel J., Bartel W.: Einfluss der Sorte und einiger Umweltfaktoren auf die Neigung von Kartoffelknollen zur Zuckerbildung während einer mehrmonatigen Lagerung bei 4°C, *Potato Res.*, 1984, **27**, 365-372.
- [10] Kramhöller B., Pischetsrieder M., Severin T.: Maillard reactions of dextrins and starch. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung*, 1993, **197**, 227-229.

- [11] Leszczyński W.: Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **4** (25), Supl. 5-27.
- [12] Lisińska G.: Ziemniak jako surowiec dla przemysłu spożywczego. *Post. Nauk Rol.*, 1994, **1**, 31-40.
- [13] Lisińska G.: Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaków. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 2006. **511**, 81-94.
- [14] Mazza G.: Correlations between quality parameters of potatoes during growth and long – term storage. *Am. Potato J.*, 1983, **60**, 145-159.
- [15] Mottram D. S. Wedzicha B. L. Dodson A. T.: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 2002. **419**, 448-449.
- [16] Nelson D.C., Sowokinos J.R. :Yield and relationships among tuber size, sucrose and chip color in six potato cultivars on various harvest dates. *Am. Potato J.*, 1983, **60**, 949-958.
- [17] Nourian F., Ramaswamy H.S., Kushalappa A.C: Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm. – Wiss. U. – Technol.*, 2003, **36**, 49-65.
- [18] Putz B. : Reduzierende Zucker in Kartoffeln, *Kartoffelbau*, 2004, **5**, 188-192.
- [19] Sinha N.K., Cash J.N., Chase R.W.: Differences in sugars, chip color, specific gravity and yield of selected potato cultivars grown in Michigan. *Am. Potato J.*, 1992, **69**, 385-389.
- [20] Sowokinos J.R., Orr P.H., Knoper J.A., Varns J.: Influence of potato storage and handling stress on sugars, chip quality and integrity of the starch (amyloplast) membrane. *Am. Potato J.*, 1987, **64**, 213-225.
- [21] Sowokinos J.R.: Biochemical and molecular control of cold induced sweetening in potatoes. *Am. J. Potato Res.*, 2001, **78**, 221 –236.
- [22] Storey R.M.J., Davies H.V.: Tuber quality. In: P.M Harris (ed.). *The potato crop*. Chapman & Hall, London UK 1992, pp. 507 –569.
- [23] Talburt W.F., Smith O.: *Potato processing*. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut USA, 1967, **22–23**, 262 – 339.
- [24] Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk: Normy i wymagania jakościowe ziemniaków jadalnych oraz do przetwórstwa spożywczego. *Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych - pod red. J. Chotkowskiego*, Warszawa 2002, *Wieś Jutra*, 183 -192.
- [25] Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.: Zmiany zawartości cukrów redukujących i sacharozy podczas przechowywania bulw w zróżnicowanych temperaturach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 1999. **469**, 165 - 172.
- [26] Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.: Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. *Biuletyn IHAR* ,2000. **213**, 239-248.
- [27] Zgórska K., Czerko Z.: Rekondycjonowanie bulw przechowywanych w niskiej temperaturze – metoda ograniczająca zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 2006. **511**, 547-556.

## EFFECT OF SUGAR CONTENT IN POTATO TUBERS ON COLOUR OF CHIPS

### S u m m a r y

The objective of the investigations was to determine the correlation between the content of sugars in potato tubers and the colour of chips made thereof.

Eleven (11) potato cultivars and their tubers constituted the investigation material. The investigations were performed in the years from 2003 to 2007.



Based on the results of the investigations accomplished, significant correlations between the colour of potato chips and the content of reducing sugars ( $r = -0.87$ ) and sucrose ( $r = -0.60$ ) were reported. The higher the content of sucrose, the higher the content of the reducing sugars ( $r = 0.86$ ). Moreover, essential correlations were found between the content of starch in potato tubers and the content of reducing sugars ( $r = -0.74$ ) and the content of sucrose ( $r = 0.60$ ). The correlation coefficients significantly depended on the potato cultivar. The highest coefficients of the correlation between the colour of chips and the content of reducing sugars in the tubers were reported for the Victoria and Nora cultivars. However, in the case of the Gracja, Augusta, Kuklik, Cekin, and Raja cultivars, the most significant correlations, manifested in high correlation coefficients, occurred between the colour of potato chips and the content of sucrose in the tubers.

**Key words:** potato, cultivar, colour of chips, reducing sugars, sucrose, starch 