

Jarosław POBEREŻNY¹, Elżbieta WSZELACZYŃSKA¹, Dorota WICHROWSKA¹, Ewa ŻARY-SIKORSKA¹, Tomasz KNAPOWSKI², Waclaw MOZOLEWSKI³, Tomasz ŻMIJEWSKI³, Janusz POMIANOWSKI⁴

e-mail: poberezny@utp.edu.pl

¹ Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz² Zakład Chemii Rolnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn³ Katedra Technologii i Chemii Mięsa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn⁴ Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

Właściwości skrobi decydujące o wartości technologicznej ziemniaka

Wstęp

Zawartość i jakość skrobi ziemniaka zależy głównie od uwarunkowań genetycznych, ale również wpływ ma agrotechnika [Nyriraneza i Snapp 2007, Wierzbička 2012]. Jakość skrobi obejmuje wiele cech: wielkość ziarenek skrobi, temperatura kleikowania, lepkość, stabilność krochmalu, jest zagadnieniem trudnym. W trakcie procesów przetwórczych, w których stosuje się wysokie oraz niskie temperatury mogą zachodzić niekorzystne, fizykochemiczne zmiany w jakości skrobi. Przyczyną niekorzystnych zmian w jakości skrobi może być również przechowywanie ziemniaka nawet do 9 miesięcy. Może to być również przyczyną niekorzystnych zmian w zakresie wartości technologicznej bulw – zmian jakościowych skrobi [Agblor i Scanlon 2002, Mareček i in. 2008, Pobereżny 2011, Wszelaczyńska i in. 2015].

Przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu uwarunkowań genetycznych oraz terminu oceny na wybrane parametry jakościowe skrobi oraz jakość frytek i chipsów.

Badania doświadczalne

Materiały. Przebadano skrobie ziemniaczane odmian ziemniaka od przetwórstwa: *Karlana*, *Kiebitz* i *Pirol* pochodzących od producenta sadzeniaków *Norika Polska Sp. z o.o.* z upraw 2009-2011. Ziemniaki sadzono na glebach wytworzonych z piasków gliniastych, o niewielkim zróżnicowaniu pod względem właściwości fizyko-chemicznych. Przedplonem ziemniaków były zboża. Stosowano obornik w ilości 25 t ha⁻¹. Nawozy mineralne stosowano wiosną uwzględniając potrzeby pokarmowe roślin: azot – 100 kg N ha⁻¹ w postaci mocznika (46 %), saletrzaku (27%) i *Polifoski 4* (4%N-12% P₂O₅-32% K₂O), fosfor – 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ (*Polifoska 4*), potas – 150 kg K₂O ha⁻¹ (*Polifoska 4*).

Bulwy ziemniaka (próby 10 kg) przechowywano przez 6 miesięcy w komorach ze stałą temperaturą +8 °C i wilgotnością względną powietrza 95 %.

Metodyka. Zakres badań analitycznych po zbiorze i po przechowywaniu dla skrobi wymytej za pomocą wody destylowanej, oczyszczonej i dosuszonej w temperaturze 40 °C do stałej wilgotności poniżej 20% obejmował oznaczenie: zawartości krochmalu ogólnego i kwasowości krochmalu wg [PN-84/A-74706, 1984], wielkość ziarenek skrobi [Meredith, 1984], zawartość amylozy wg [Hovenkamp-Hermelink i in., 1988], zawartość fosforu wg [Noda i in., 2004], stabilność krochmalu po rozmrożeniu (zawartość wody w krochmalu) wg [Eliasson i Kim, 1992],

barwę krochmalu (L) wg [Mabon, 1993], pełną temperaturę kleikowania wg [ICC Standards, 1999]. Ponadto określono: skłonność do ciemnienia bulw surowych wg [Dean i in., 1993] oraz ogólną jakość frytek i chipsów wg [Lisińska i in., 2002].

Wyniki badań i dyskusja

Skrobia jest jednym z najważniejszych składników w przypadku ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. Znaczenie ma nie tylko zawartość skrobi, ale również jej jakość, a na te cechy wpływ mają uwarunkowania genetyczne [Singh i in., 2003; Pobereżny, 2011, Wszelaczyńska i in., 2015]. Badane odmiany istotnie różniły się zawartością krochmalu ogólnego (Tab.1). Najwięcej krochmalu zawierała odmiana *Kiebitz*, a najmniej *Karlana*.

Skrobia to naturalny polisacharyd, który występuje w postaci gałeczek o dużym zróżnicowaniu kształtu i wielkości (5÷110 μm) i są to cechy odmianowe [Singh i in., 2003; Talja i in., 2008; Wszelaczyńska i in., 2015]. W doświadczeniu wielkość ziarenek skrobi zależała istotnie od odmiany jak i terminu oceny (Tab. 1). Z wielkością gałeczek skrobi ściśle związana jest barwa krochmalu oraz skłonność miąższu bulw surowych do ciemnienia, która wpływa na jakość produktów smażonych [Pobereżny, 2011; Wszelaczyńska i in., 2015]. Według tych autorów intensywniejszemu ciemnieniu enzymatycznemu i chemicznemu ulega miąższ bulw o dużym udziale ziarenek skrobi o największych rozmiarach oraz o najniższym współczynniku barwy krochmalu (L). Potwierdzają to wyliczone współczynniki korelacji, gdyż skłonność do ciemnienia miąższu surowego bulw zależała od barwy krochmalu ($r = -0,42$), a barwa krochmalu zależała również od ziarnistości ($r = 0,48$). Z badanych odmian najjaśniejszą barwę krochmalu miała odmiana *Pirol* (Tab. 1). Ze względu na swoje właściwości kleikowania, skrobia wykorzystywana jest w przemyśle spożywczym jako środek żelujący [Jiang i in., 2012]. Temperaturowy zakres procesu kleikowania, a także jego charakter zależy od rodzaju i wilgotności skrobi [Talja i in., 2008, Singh i in. 2003, Tsakama i in., 2011]. Dla jakości frytek i chipsów najkorzystniejszą kleikowania wykazywał krochmal odmiany *Karlana*. Na jakość uzyskanych frytek i chipsów wpływ ma również stabilność krochmalu a dokładniej ilość uzyskanej wody po rozmrożeniu [Amani i in. 2003, Pobereżny 2011, Wszelaczyńska i in. 2015]. Podwyższona zawartość wody może powodować mazistość frytek.

Badane odmiany wykazały lepszą stabilność krochmalu, gdyż zawierały

Tab. 1 Parametry jakościowe skrobi oraz wartość technologiczna bulw ziemniaka w zależności od uwarunkowań genetycznych i terminu badań (n=9, istotność różnic wg testu Tukey'a przy $p \leq 0,05$)

Cecha	Odmiana [B]	Termin badań [A]					
		Po zbiorze			Po przechowywaniu		
		<i>Karlana</i>	<i>Kiebitz</i>	<i>Pirol</i>	<i>Karlana</i>	<i>Kiebitz</i>	<i>Pirol</i>
		NIR $a = 0,05$					
1 - Krochmal ogółem, [%]	A – 0,08 B – 0,27 A/B – n.i. B/A – n.i.	90,5±0,84	94,8±0,40	93,6±0,61	90,2±0,88	94,5±0,41	92,4±0,53
2 - Kwasowość krochmalu, [ml NaOH·kg ⁻¹]	A – 0,02 B – 0,04 A/B – n.i. B/A – n.i.	25,7±0,25	22,4±0,15	22,8±0,20	25,3±0,31	23,4±0,14	24,1±0,18
3 - Ziarnistość skrobi (średnia ważona), [%]	A – 0,32 B – 0,31 A/B – n.i. B/A – n.i.	36,5±0,16	37,2±0,48	36,8±0,19	34,6±0,11	35,3±0,39	34,9±0,17
4 - Amyloza w skrobi, [%]	A – 0,06 B – 0,05 A/B – n.i. B/A – n.i.	21,4±0,33	23,5±0,31	22,7±0,32	21,2±0,36	23,3±0,46	22,4±0,22
5 - Fosfor w skrobi, [mg·kg ⁻¹]	A – 0,63 B – 2,28 A/B – n.i. B/A – n.i.	491±17,0	603±16,9	545±16,8	482±15,9	595±17,3	539±16,4
6 - Stabilność krochmalu po rozmrożeniu [%]	A – 0,28 B – 0,29 A/B – n.i. B/A – n.i.	36,7±2,15	31,1±1,44	34,9±1,78	38,3±2,23	32,6±1,53	35,7±1,92
7 - Temperatura kleikowania skrobi, [°K],	A – 0,18 B – 0,14 A/B – 0,21 B/A – 0,20	338,3±0,3	337,5±0,2	337,9±0,2	339,0±0,5	338,6±0,3	338,7±0,4
8 - Barwa krochmalu (L), [stopnie]	A – n.i. B – 0,69 A/B – n.i. B/A – n.i.	84,89±1,1	86,44±0,5	87,21±0,7	84,75±1,0	86,28±0,6	87,02±0,7
9 - Ciemnienie bulw sur. (UV ₄₇₅), [jedn. um.]	A – 0,008 B – 0,030 A/B – n.i. B/A – n.i.	0,336±0,1	0,332±0,1	0,269±0,1	0,384±0,1	0,372±0,2	0,337±0,2
10 - Jakość frytek, [pkt],	A – 0,13 B – 0,11 A/B – n.i. B/A – n.i.	4,6±0,09	4,7±0,14	4,7±0,13	4,3±0,15	4,5±0,12	4,4±0,14
11 - Jakość chipsów, [pkt]	A – 0,09 B – 0,16 A/B – n.i. B/A – n.i.	4,5±0,14	4,8±0,16	4,6±0,10	4,3±0,10	4,6±0,15	4,5±0,15

Tab. 2 Współczynniki zmienności CV [%] cech jakościowych skrobi i wartości technologicznej bulw ziemniaka.

Odmiana	Karlena		Kiebitz		Pirol	
	1	2	1	2	1	2
Termin badań ^{a)}						
Cecha: krochmal og.	0,93	0,98	0,43	0,44	0,66	0,76
kwasowość	10,93**	8,85	6,60	6,20	8,75	7,53
ziarnistość	0,44	0,32	1,30	1,39	0,52	1,20
amyloza	1,54	1,71	1,31	1,49	1,44	1,43
fosfor	3,46	3,31	2,81	2,90	3,08	3,304
stab. po rozmr.	5,86	5,83	4,65	4,68	5,26	5,41
temp. kleik.	0,08	0,14	0,07	0,09	0,06*	0,11
barwa krochm. (L)	1,23	1,18	0,61	0,71	0,83	0,78
ciemn. bulw sur.	4,39	6,63	9,53	9,17	9,72	5,58
jakość frytek	1,94	3,47	2,90	2,74	2,81	3,11
jakość chipsów	3,17	2,31	3,48	3,31	2,19	3,36

^{a)} Termin badań: 1 – po zbiorze; 2 – po przechowywaniu
* - zmienność najmniejsza; ** - zmienność największa

mniej wody po rozmrożeniu (31,1 - 38,3%) niż podają inni autorzy średnio 43% wody [Talja i in. 2008, Pobereżny 2011, Jiang i in. 2012, Zeng i in. 2014, Wszelaczyńska i in. 2015]. Różnice te mogą być spowodowane różną zawartością fosforu w skrobi i jest to zgodne z wynikami Tsakama i in. [2011] oraz Wszelaczyńska i in. [2015]. Potwierdzają to również wyliczona wysoce istotnie ujemne współczynniki korelacji między temperaturą kleikowania a zawartością fosforu w skrobi ziemniaczanej $r = -0,94$ (po zbiorze) i $r = -0,59$ (po przechowywaniu). Najlepszą stabilnością krochmalu dla produkcji frytek i chipsów wykazała się odmiana 'Kiebitz' (31,1%). Amyloza to składnik skrobi, a jej duży udział może wpływać na zmniejszenie zdolności skrobi do pęcznienia oraz obniżać jej hydrolizę, opóźniać jej kleikowanie co pogarsza jakość frytek [Talja i in. 2008, Tsakama i in. 2011]. Uzyskane istotnie dodatnie współczynniki korelacji między zawartością amylozy a ogólną jakością frytek i chipsów ($r = 0,65$ po zbiorze) oraz ($r = 0,50$ i $r = 0,64$ po przechowywaniu), świadczą o małej zawartości związków amylozo-lipidowych w badanej skrobi (Tab. 3). Zawartość amylozy w prowadzonych badaniach była na poziomie od 21,4 % dla odmiany *Karlena* do 23,5% dla odmiany *Kiebitz*. Jest to zgodne z wynikami uzyskanymi przez Zeng i in. [2014] oraz Wszelaczyńska i in. [2015]. Według autorów [Liu i Hana 2005, Alvesa i in. 2007] skrobia ziemniaczana zawiera dużo więcej amylozy od 26,6% do 30%. Natomiast Zhou i in. [2012] oraz Tsakama i in. [2011] podają dużo niższe wartości wynoszące odpowiednio 18,3 i 10,5%. Skrobia ziemniaczana w porównaniu do skrobi pochodzącej z innych gatunków roślin zawiera wysoką zawartość fosforu. Wszelaczyńska i in. [2015] oraz Tsakama i in. [2011] określili zawartość fosforu w skrobi ziemniaczanej na wyższym poziomie niż w badaniach własnych (Tab. 1) odpowiednio: 634 i 760 mg kg⁻¹. Parametrami krochmalu, które bezpośrednio są związane z kwasowością jest zawartość fosforu i amylozy w skrobi [Tang i Liu 2012]. Potwierdzają to wysoce istotne współczynniki korelacji zarówno po zbiorze jak i po przechowywaniu (Tab. 3). Najwyższą ocenę jakościową w badaniach własnych otrzymały frytki z odmian *Kiebitz* i *Pirol* a chipsy z odmiany *Kiebitz*. W badaniach własnych po przechowywaniu obniżeniu uległy wszystkie parametry jakościowe skrobi niezależnie od uwarunkowań genetycznych ziemniaka. Po długotrwałym okresie przechowywania obniżyła się w stopniu nieznacznym ocena jakościowa produktów uszlachetnionych.

Wyliczone współczynniki zmienności (Tab. 2) wskazują, że najbardziej stabilnymi cechami skrobi badanych odmian są temperatura kleikowania, ziarnistość i barwa krochmalu. Z badanych odmian najwyższą stabilność temperatury kleikowania i barwy miała odmiana *Kiebitz* a ziarnistości *Karlena*. Natomiast do najmniej stabilnych należy kwasowość i zawartość wody w krochmalu po rozmrożeniu. Odmiana *Karlena* wykazała się najmniejszą stabilnością wyżej wymienionych parametrów.

Wnioski

Na jakość skrobi i produktów uszlachetnionych wpływ mają uwarunkowania genetyczne ziemniaka, a więc dobór odmiany. Najlepszej jakości produkty uszlachetnione otrzymano z odmiany *Kiebitz*.

Jakość produktów uszlachetnionych zależy od jakości skrobi zawartej w bulwach.

Parametrami skrobi, które wykazały najmniejszą stabilność są kwasowość i zawartość wody po rozmrożeniu krochmalu.

Okres przechowywania wpływa na pogorszenie jakości frytek i chipsów niezależnie od odmiany.

Tab. 3 Istotne współczynniki korelacji między badanymi cechami, określone po zbiorze¹ i po przechowywaniu².

Cecha	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1*	-0,48 ¹ -0,64 ²	0,66 0,68	0,99 0,98	0,69 0,78	-0,94 -0,94	-0,93 -0,62	0,68 0,44		0,63 0,54	0,63 0,61
2		0,42	-0,49 -0,66	-0,49 -0,62	0,71 0,82	0,66 0,89	-0,54 -0,43		-0,72 -0,58	-0,49 ²
3			0,62 0,67	0,63 0,67	-0,65 -0,57	-0,61 0,48 ¹			0,47 ¹	0,42 ²
4				0,99 0,91	-0,94 -0,94	-0,95 -0,63	0,65 0,43		0,65 0,50	0,65 0,64
5					-0,95 -0,94	-0,94 -0,59	0,67 0,43		0,64 0,52	0,64 0,63
6						0,97 0,81	-0,73 -0,47	0,41 ²	-0,70 -0,63	-0,58 -0,59
7							-0,69 -0,43	0,45 ²	-0,68 -0,63	-0,57 -0,42
8								-0,42 -0,64	0,56	
9									-0,42 ²	
10										
11										

P_{0,01} r = 0,50; P_{0,05} r = 0,39 * kolejność cech jakościowych wg tab. 1

LITERATURA

- Agblor A., Scanlon M. G., 2002. Effect of storage period, cultivar and two growing locations on the processing quality of French fried potatoes. *Am. J. Potato Res.*, **79**, 167-172
- Alves D. V., Mali S., Beleia A., Grossmann E. M., 2007. Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. *J. Food Eng.*, **78**, 941-946. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.007
- Amani N'Guessan, G., Dufour D., Mestre C., Kamenan A., 2003. Resistance to technological stress of yam starch gels. Internet Paper for Food Safety and Quality Management. Food Africa, Internet Forum 31.03.-11.04. 2003: 1-12.
- Jiang Q., Gao W., Li X., Wang H., Xia Y., Xiao P., 2012. Comparison of starches separated from different Dioscorea bulbifera Linn. cultivars. *Starch-Stärke*, **64**, 531-537. DOI: 10.1002/star.201100202
- Liu Z., Han J., 2005. Film-forming characteristics of starches. *J. Food Sci.*, **70**, 31-36. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09034.x
- Mareček J., Fikselová M., Frančáková H., 2008. Nutritional and technological value of selected edible potatoes during storage. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, **530**, 293-299.
- Nyiraneza J., Snapp S., 2007. Integrated management of inorganic and organic nitrogen and efficiency in potato systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **71**, 1508-1515. DOI: 10.2136/sssaj2006.0261
- PN-84/A-74706, 1984. *Metody badań krochmali*
- Pobereżny J. 2011. Effect of physicochemical properties of starch on the tendency of potato flesh to darkening and the processed product quality. *Starch-Stärke*, **63**, 106-116. DOI 10.1002/star.201000069
- Singh N., Sing, J., Kaur L., Sodhi N. S., Gill B. S., 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources: A review. *Food Chem.*, **81**, 219-223. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00416-8
- Talja R. A., Peura M., Serimaa R., Jouppila K., 2008. Effect of amylose content on physical and mechanical properties of potato-starch-based edible films. *Biomacromol.*, **9**, 658-663. DOI: 10.1021/bm700654h
- Tang M., Liu Q., 2012. The acidity of caustic digested starch and its role in starch adsorption on mineral surfaces. *Intern. J. Mineral Process.*, **112-113**, 94-100. DOI: 10.1016/j.minpro.2012.06.001
- Tsakama M., Mwangwela A. M., Manani T. A., Mahungu N. M., 2011. Effect of heat moisture treatment on physicochemical and pasting properties of starch extracted from eleven sweet potato varieties. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.*, **1**, 254-260
- Wierzbička A., Mazurczyk W., Wroniak J., 2008. Effect of nitrogen and harvest date on the yield and selected properties quality early cultivars of potato tubers. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, **530**, 207-216
- Wszelaczyńska E., Pobereżny J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Żarski J., Pawełzik E., 2015. The effects of fertilizers, irrigation and storage on the properties of potato tubers and their constituent starches. *Starch-Stärke*, **67**, 478-492.
- Zeng F., Liu K., Liu H., 2014. Physicochemical properties of starch extracted from Colocasia esculenta (L.) Schott (Bun-long taro) grown in Hunan, China. *Starch/Stärke*, **66**, 142-148. DOI: 10.1002/star.201300039
- Zhou Z., Cao X., Zhou J. Y. H., 2013. Effect of resistant starch structure on short-chain fatty acids production by human gut microbiota fermentation in vitro. *Starch-Stärke*, **65**, 509-516. DOI: 10.1002/star.201200166