

BARBARA SAWICKA¹, PIOTR BARBAŚ²

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

²Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Jadwisinie

ZALEŻNOŚĆ JAKOŚCI FRYTEK OD SKŁADU CHEMICZNEGO BULW ZIEMIKA W EKOLOGICZNYM I INTEGROWANYM SYSTEMIE UPRAWY

Streszczenie. Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2000-2002 w polowej stacji doświadczalnej w Osinach. Czynnikiem eksperymentu były systemy uprawy roślin: integrowany i ekologiczny oraz odmiany ziemniaka: ‘Baszta’, ‘Ania’, ‘Salto’, ‘Wolfram’ i ‘Wawrzyn’. W próbach bulw pobranych podczas zbiorów oceniano skład chemiczny (sucha masa, skrobia, suma cukrów, cukry redukujące, białko ogółem i białko właściwe, azotany, witamina C), a we frytkach – cechy sensoryczne (zabarwienie, smak, konsystencja), zawartość tłuszczu i wilgotność. Jakość frytek pochodzących z bulw ziemniaka uprawianych w systemie ekologicznym była lepsza niż frytek z bulw uprawianych w systemie integrowanym. Ekologiczny system uprawy przyczynił się do poprawy jakości frytek poprzez lepsze ich wybarwienie i konsystencję. Na smak, konsystencję, barwę i wilgotność frytek istotny wpływ wywierał skład chemiczny bulw.

Słowa kluczowe: ziemniak, odmiany, systemy produkcji, skład chemiczny bulw, jakość frytek

Wstęp

Wymagania jakościowe w stosunku do ziemniaka przeznaczonego na przetwórstwo spożywcze, a zwłaszcza na frytki, ciągle wzrastają, toteż znajomość przyczyn zmian składu chemicznego bulw, który jest głównym czynnikiem decydującym o ich jakości, jest bardzo ważna. W zakresie normalizacji surowca do produkcji frytek nie ma dobrych rozwiązań. Norma PN-R-74462:1996 „Ziemniaki do przetwórstwa spożywczego” została wycofana 10 sierpnia 2007 roku i nie ma informacji dotyczącej jej zastąpienia czy też wznowienia. W związku z tym różne zakłady przetwórstwa ziemniaczanego tworzą

swoje normy wewnątrzzakładowe. Zdaniem ZGÓRSKIEJ i FRYDECKIEJ-MAZURCZYK (2000, 2002), ZGÓRSKIEJ (2002), MOZOLEWSKIEGO (2005) oraz LISIŃSKIEJ (2006) optymalna zawartość suchej masy powinna być na poziomie 22-23%, zawartość skrobi – w granicach 15-17%, a cukrów redukujących – powinna wynosić do 0,25% świeżej masy bulw (dopuszczalny poziom – 0,5%). Bulwy o większej zawartości suchej substancji oddają mniej wody podczas smażenia, co prowadzi do zwiększenia wydajności produkcji, toteż wartość tej cechy nie powinna być mniejsza niż 20%. Jedynie w celu wydłużenia lub przyspieszenia produkcji minimalna zawartość suchej masy w bulwach odmian wczesnych ziemniaka przeznaczonych do produkcji frytek nie powinna być mniejsza niż 18%, a skrobi – niż 12%, zawartość zaś cukrów redukujących powinna się mieścić w ramach obowiązującej normy (ZGÓRSKA i FRYDECKA-MAZURCZYK 2002). W opinii LISIŃSKIEJ (2006) frytki wyprodukowane z bulw o większej zawartości suchej masy charakteryzują się większą chrupkością i jaśniejszą barwą. Zdaniem TAJNER-CZOPEK i IN. (2008) zawartość skrobi w bulwach ziemniaka przeznaczonych na frytki powinna się zawierać w granicach od 14 do 18%. Zbyt duża zawartość tego składnika w bulwach prowadzi do niekorzystnych zmian barwnych oraz „zgąbczenia” frytek podczas dosmażania, zbyt mała zaś powoduje, że bulwy bardziej chłoną tłuszcz podczas smażenia. Z zawartością cukrów redukujących wiąże się barwa frytek oraz zawartość w nich akryloamidu. Związek ten wytwarza się poprzez reakcję asparaginy z cukrami redukującymi. Akryloamid powstaje w temperaturze wyższej niż 120°C, a jego ilość zależy od: temperatury końcowej obróbki cieplnej i czasu jej trwania, ilości asparaginy oraz zawartości cukrów redukujących w bulwach (SZCZERBINA 2005, FISELIER i IN. 2006, MESTDAGH i IN. 2008, TAJNER-CZOPEK i IN. 2008, PALAZOĞLU i IN. 2010). W ciągu ostatnich lat zwiększyło się w Polsce spożycie produktów typu „fast food”, bogatych w tłuszcze, do których należą frytki. Mając na uwadze problem zdrowotny, jakim jest nadwaga i otyłość, należy poszukiwać możliwości ograniczenia zawartości tłuszczu w smażonych produktach, w tym we frytkach. Systemy uprawy ziemniaka mogą modyfikować zarówno skład chemiczny bulw, jak i jakość produktów z nich otrzymywanych, brak jest jednak doniesień naukowych informujących, czy i w jakim stopniu te systemy, a zwłaszcza ekologiczny, modyfikują cechy jakościowe bulw ziemniaka, decydujące o ich wartości przetwórczej. Celem niniejszej pracy jest próba określenia związków pomiędzy wybranymi cechami składu chemicznego bulw a niektórymi cechami jakościowymi frytek z bulw ziemniaka pochodzących z dwu systemów uprawy.

Material i metody

Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2000-2002 w polowej stacji doświadczalnej w Osinach, na glebie wytworzonej z piasków gliniastych mocnych, kompleksu żytniego bardzo dobrego, o odczynie lekko kwaśnym (pH 5,5 w KCl). Czynnikiem eksperymentu były systemy uprawy roślin: integrowany i ekologiczny oraz pięć odmian ziemniaka: ‘Baszta’ – średniowczesna, średniopóźna: ‘Ania’, ‘Salto’ i ‘Wolfram’ oraz późna – ‘Wawrzyn’. Sadzeniaki badanych odmian były w klasie C/A. W każdym z systemów stosowano różne zmianowania oraz technologie produkcji. W systemie integrowanym (ziemniak ⇒ jęczmień jary ⇒ bobik ⇒ pszenica ozima + poplon z gorczyca białej) wnoszono nawożenie fosforowo-potasowe równowa-

żące pobranie w ilości: 110 kg N, 60 kg P, 60 kg K. Kompost w dawce 35 t·ha⁻¹ stosowano tylko raz w rotacji zmianowania – pod ziemniak. W systemie ekologicznym (ziemniak ⇒ jęczmień jary ⇒ koniczyna z trawami użytkowana dwa lata ⇒ pszenica ozima + poplon z gorzycy białej i wyki jarej) nie stosowano nawozów mineralnych, a z pestycydów jedynie preparat Novodor oraz Permasect przeciwko stonce ziemniaczanej. Zbioru bulw dokonano w okresie dojrzałości technicznej, i wtedy też pobrano próby bulw do analiz laboratoryjnych.

Do analiz chemicznych pobrano po 50 bulw z każdej kombinacji doświadczenia polowego, w trzech powtórzeniach. Analizy chemiczne, w materiale świeżym wykonano bezpośrednio po zbiorach. Suchą masę bulw oznaczono metodą suszenia przez wysuszenie w temperaturze 105°C (PN/90-A-75101/03), skrobię – polarymetrycznie, według Ewersa-Grosswelda w Polamacie typu S, białko ogółem – metodą Kiejdahla w automatycznym aparacie Kjehl-Tec, białko właściwe – jako nierozpuszczalne – w 10-procentowym kwasie trichlorooctowym (OFFICIAL METHODS... 2005), azotany – według PN-EN 12014-7:2001. Sumę cukrów i cukry redukujące oznaczono według Hagedorna-Jensena w modyfikacji Brzeskiego i Kaniugi (KREŁOWSKA-KUŁAS 1993), witaminę C – spektrofotometrycznie, metodą ksylenową (ISO/6557/2:1984).

Do oceny jakości frytek pobrano spod 10% roślin każdej kombinacji doświadczenia polowego po 20 bulw ziemniaka o przekroju powyżej 55 mm i długości około 7 cm, niezazielenionych i nieuszkodzonych. Frytki uzyskano przez krojenie bulw w malaksrze. Przekrój frytek wynosił 5 mm. Po wypłukaniu w zimnej wodzie krawędź poddawano procesowi blanszowania w wodzie o temperaturze 75-85°C przez 5 min. Po osuszeniu na bibule frytki smażyono we frytkownicy elektrycznej typu LFE BN. Frytkownica spełniała wymagania Dyrektywy 2006/95/WE odnoszącej się do sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia (DYREKTYWA 2006/95/WE... 2006) i była wyposażona w bezpiecznik termiczny zabezpieczający ją przed przegrzaniem się. Do smażenia użyto frytury w płynie, wyprodukowanej na bazie oleju rzepakowego. Wsad do jednego cyklu smażenia wynosił 100 g frytek na 3 l frytury. Frytki smażyono jednostopniowo, w temperaturze 165°C przez 10 min. Temperaturę procesu smażenia kontrolowano z użyciem rejestratora temperatury Termometr CIE 307, wyposażonego w termoparę typu K. Badania frytek wykonano w 10 powtórzeniach. Każda próba frytek była poddana ocenie bezpośrednio po usmażeniu. Pomiar właściwości fizyczno-chemicznych przeprowadzono w następujący sposób: pomiar wilgotności wykonano zgodnie z Polską Normą PN/90-A-75101/03 (1990). Zawartość tłuszczu we frytkach oznaczono metodą ekstrakcyjno-wagową za pomocą aparatu Soxhleta. W ocenie organoleptycznej wykorzystano metodę punktowania według ISO 4121:2003, która polega na wyrażaniu natężenia odbieranego wrażenia w postaci punktów na skali. Duża liczba punktów odpowiada dużej intensywności cechy sensorycznej. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano skalę 5-punktową. Oceniano barwę, smak, zapach, mączystość wnętrza, konsystencję i oleistość. Ocenę przeprowadzono w grupie 10 osób (ISO 8589:2007).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, korelacji prostej i regresji wielomianowej. Zastosowano krokową, postępującą konstrukcję modelu regresji. Polegała ona na tym, że w pierwszym kroku wybierano do modelu tę zmienną objaśniającą, która była najsilniej skorelowana ze zmienną objaśnianą, i wyznaczano model o istotnych parametrach. W drugim kroku wybierano kolejną zmienną objaśnia-

jąca, której wartości były najsilniej skorelowane z resztami kroku pierwszego, a rozszerzony model charakteryzował się istotnością wszystkich parametrów. Model dopasowywano do danych empirycznych poprzez weryfikację hipotezy o istotności współczynnika determinacji. Procedurę kończono, gdy brakowało zmiennych objaśniających lub dołączenie nowej zmiennej do równania prowadziło do utraty waloru istotności przez parametry lub współczynnik determinacji. Istotność źródeł zmienności testowano testem F Fischera-Snedecora, a oceny istotności różnic pomiędzy porównywanymi średnimi dokonano za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya. Parametry funkcji określano metodą najmniejszych kwadratów, a istotność weryfikowano testem t Studenta. W opracowaniu statystycznym za zmienne zależne (y) przyjęto: y_1 – barwę frytek, y_2 – ich konsystencję, y_3 – wilgotność frytek, y_4 – zawartość tłuszczu we frytkach, a za zmienne niezależne – cechy bulw ziemniaka: x_1 – zawartość suchej masy, x_2 – zawartość skrobi, x_3 – zawartość sumy cukrów, x_4 – zawartość cukrów redukujących, x_5 – zawartość białka ogółem, x_6 – zawartość białka właściwego, x_7 – zawartość azotanów, x_8 – zawartość witaminy C, x_9 – odporność na *Phytophthora infestans*. Na podstawie współczynników korelacji prostej wytypowano zmienne do regresji wielomianowej. Zamieszczone w tabelach regresje obliczono według wzoru: $y = a + b_j x_j$, gdzie y oznacza zmienną zależną, a – wyraz wolny, b – wartość współczynnika regresji, x – zmienną niezależną. Częstkowe współczynniki regresji (b_j) wskazują, o ile zmieniają się cechy frytek, jeśli dany czynnik zmienia się o jednostkę. Zmienność analizowanych wyników charakteryzowano za pomocą: średniej arytmetycznej, odchylenia standardowego i współczynnika zmienności obliczonego według wzoru:

$$V = \frac{s}{x} \cdot 100\%$$

gdzie s – odchylenie standardowe, x – średnia arytmetyczna (tab. 3). Warunki meteorologiczne od czerwca do sierpnia, kiedy przebieg pogody był najbardziej decydujący dla jakości plonu, przedstawiono w tabeli 1. Korzystniejszy dla gromadzenia składników odżywczych w bulwach ziemniaka okazał się rok 2001, natomiast najmniej korzystny – rok 2000, co wynikało z wartości współczynników hydrotermicznych Sielianiowa w czasie wegetacji.

Tabela 1. Wartości współczynników Sielianiowa (k) według stacji meteorologicznej IUNG – PIB w Puławach

Table 1. Selyaninov's coefficient values (k) according to meteorological station IUNG – PIB in Puławy

Rok	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Średnio
2000	1,3	1,2	0,6	3,2	1,1	2,1	0,2	1,4
2001	2,8	0,2	1,0	1,8	1,3	3,3	0,9	1,6
2002	0,5	0,2	1,6	1,2	0,4	0,9	4,1	1,3

$k \leq 0,50$ – silna posucha, $0,50 \leq k \leq 0,69$ – posucha, $0,70 \leq k \leq 0,99$ – słaba posucha, $k \geq 1$ – brak posuchy (BAC i IN. 1993).

Wyniki

Wyższą ocenę punktową pod względem barwy, konsystencji oraz smaku uzyskiwały frytki otrzymane z bulw pochodzących z ekologicznego systemu gospodarowania. Wilgotność frytek nie zależała istotnie od systemu uprawy (tab. 2).

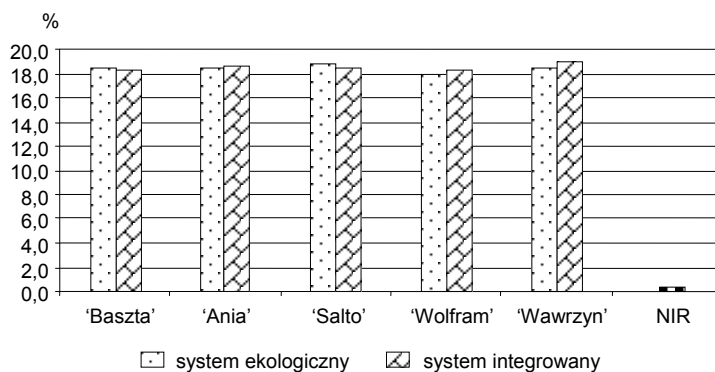
Tabela 2. Wpływ czynników eksperymentu na jakość frytek (średnia z lat 2000-2002)
Table 2. The influence of experimental factors on French fries quality (mean for years 2000-2002)

Czynniki eksperymentu		Barwa (skala 9-stopniowa)	Konsystencja (skala 5-stopniowa)	Smak (skala 5-stopniowa)	Wilgotność (%)
Systemy uprawy	ekologiczny	4,0	4,0	3,8	14,39
	integrowany	3,5	3,4	3,3	14,09
	NIR _{0,05}	0,2	0,3	0,2	n
Odmiany	'Baszta'	4,1	4,1	4,1	12,66
	'Ania'	4,0	4,4	4,0	13,05
	'Salto'	4,3	3,8	3,7	13,84
	'Wolfram'	3,7	3,8	3,9	14,78
	'Wawrzyn'	2,7	2,4	2,2	16,87
	NIR _{0,05}	0,5	0,8	0,5	1,78
Średnio		3,8	3,7	3,6	14,24

n – różnice nieistotne przy $\alpha \leq 0,05$.

Cechy genetyczne badanych odmian wykazały największy wpływ na wyróżniki jakości frytek. Najjaśniejszą barwą odznaczały się frytki z bulw odmiany 'Salto', najciemniejszą zaś – z bulw odmiany 'Wawrzyn', przy czym odmiany 'Salto', 'Ania' i 'Baszta' okazały się homologiczne pod względem tej cechy. W wyniku analizy smaku frytek najlepszą ocenę uzyskała odmiana 'Baszta'. Najlepszą konsystencją odznaczały się frytki z bulw odmiany 'Ania'. Homologiczne pod względem wartości tych cech okazały się odmiany: 'Baszta' i 'Ania'. Frytki otrzymane z bulw odmiany 'Wawrzyn' cechowały się najgorszą oceną smaku oraz powierzchnią mało chrupką, o miąższu ziarnistym lub mazistym, a także największą wilgotnością. Najmniejszą wartością tej cechy odznaczały się frytki otrzymane z bulw odmiany 'Baszta', a jednorodne pod względem tej cechy były frytki z odmian: 'Ania' i 'Salto' oraz 'Wolfram' i 'Salto' (tab. 2).

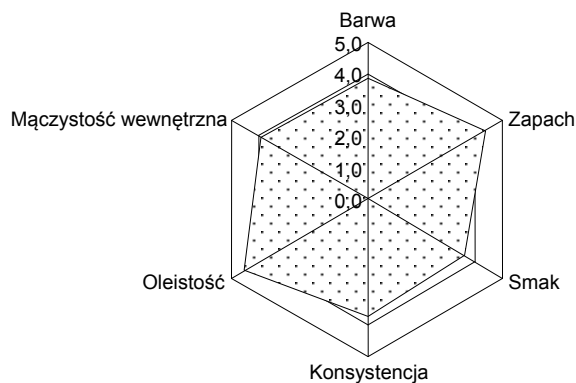
Frytki pochłaniały zróżnicowaną ilość tłuszczu podczas smażenia, w zależności od odmiany i systemu uprawy (rys. 1). Produkt uzyskany z odmian: 'Wolfram', 'Ania' i 'Wawrzyn', uprawianych w systemie integrowanym pochłaniał więcej tłuszczu niż produkt z odmian uprawianych w systemie ekologicznym. W przypadku odmian 'Baszta' i 'Salto' zawartość tłuszczu we frytkach nie zależała istotnie od systemu uprawy, chociaż obserwowano tendencję do zwiększenia chłonności tłuszczu przez frytki otrzymane z bulw pochodzących z uprawy ekologicznej.



Rys. 1. Wpływ odmian i systemów uprawy na zawartość tłuszczu we frytkach

Fig. 1. Influence of cultivars and cultivation systems on fat content in French fries

Wyniki oceny organoleptycznej frytek, niezależnie od systemu uprawy, wykazały, że produkt otrzymany z bulw ziemniaka cechował się pożądanym zapachem, mączystością wnętrza i oleistością, natomiast barwa, konsystencja i smak były mało pożądane (rys. 2).



Rys. 2. Wyniki oceny organoleptycznej produktu uzyskanego z bulw ziemniaka

Fig. 2. Results of organoleptic evaluation of the product obtained from potato tubers

Charakterystyka zmiennych zależnych wykazała generalnie większą stabilność cech frytek pochodzących z ekologicznego niż z integrowanego systemu gospodarowania (tab. 3). Najbardziej stabilną cechą okazała się zawartość tłuszczu w tym produkcie, ze współczynnikami $V = 2,66$ i $V = 3,01\%$ odpowiednio dla ekologicznego i integrowanego systemu uprawy. Cechą najbardziej zmienną była wilgotność frytek, ze współczynnikami zmienności $V = 40,33\%$ dla ekologicznego oraz $V = 34,01\%$ dla integrowanego systemu uprawy.

Tabela 3. Statystyczna charakterystyka zmiennych zależnych i niezależnych
 Table 3. Statistical characteristics of dependent and independent variables

System uprawy	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności (%)
1	2	3	4
Zmienne zależne (cechy frytek)			
Barwa			
Ekologiczny	3,98	0,69	17,33
Integrowany	3,52	0,74	21,02
Konsystencja			
Ekologiczny	3,98	0,99	26,19
Integrowany	3,42	1,07	32,13
Smak			
Ekologiczny	3,84	0,67	17,44
Integrowany	3,32	0,99	29,81
Wilgotność			
Ekologiczny	4,39	0,80	40,33
Integrowany	4,09	0,79	34,01
Zawartość tłuszczu			
Ekologiczny	18,42	0,67	2,66
Integrowany	18,56	0,56	3,01
Zmienne niezależne (cechy bulw ziemniaka)			
Sucha masa			
Ekologiczny	23,28	2,83	12,15
Integrowany	24,49	3,10	12,65
Skrobia			
Ekologiczny	15,04	2,56	17,02
Integrowany	15,53	2,72	17,51
Suma cukrów			
Ekologiczny	0,46	0,009	2,07
Integrowany	0,46	0,006	1,30
Cukry redukujące			
Ekologiczny	0,15	0,006	4,00
Integrowany	0,15	0,005	3,33
Białko ogółem			
Ekologiczny	2,24	0,38	17,25
Integrowany	2,33	0,33	14,16

Tabela 3 – cd. / Table 3 – cont.

1	2	3	4
Białko właściwe			
Ekologiczny	5,78	0,85	14,70
Integrowany	5,76	0,62	10,76
Azotany			
Ekologiczny	44,40	23,96	53,96
Integrowany	47,40	27,43	57,86
Witamina C			
Ekologiczny	20,31	7,47	36,77
Integrowany	20,68	7,33	35,44
Odporność na zarazę ziemniaka			
Ekologiczny	5,40	0,49	9,17
Integrowany	5,40	0,49	9,17

Zawartość poszczególnych składników w bulwach ziemniaka była na ogół większa w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji, z wyjątkiem zawartości cukrów rozpuszczalnych i redukujących oraz białka właściwego: zawartości te kształtowały się na zbliżonym poziomie w obydwu systemach. Najbardziej stabilną cechą składu chemicznego bulw była zawartość cukrów ogółem, najbardziej zmienną zaś – zawartość azotanów (tab. 3).

W warunkach prowadzonych badań ocena sensoryczna frytek była związana w różnym stopniu ze składem chemicznym bulw, cechami genetycznymi odmian, mierzonymi ich odpornością na *Phytophthora infestans*, oraz systemem uprawy (tab. 4).

Barwa frytek w systemie ekologicznym w istotnym stopniu zależała od zawartości: skrobi, sumy cukrów, cukrów redukujących, azotanów i witaminy C. Wzrost zawartości tych składników chemicznych w surowcu, w granicach odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, wpłynął na zmianę barwy produktu o wartości zamieszczone w tabeli 4. Oszacowany model objaśnił prawie 85% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,848$). W systemie integrowanym o barwie frytek decydowała odporność odmian na *Phytophthora infestans*, zawartość skrobi oraz cukrów redukujących i białka właściwego. Zmniejszenie odporności badanych odmian na zarazę o 1° oraz wzrost zawartości białka i cukrów redukujących w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej przy założeniu, że pozostałe czynniki uwzględnione w modelu funkcji są na średnim poziomie, wpłynęło na obniżenie oceny zabarwienia ocenianego produktu o wartości zamieszczone w tabeli 4. Wypracowany model regresji objaśnia prawie 84% zmienności zmiennych zależnych.

Smak, będący jedną z najważniejszych cech w ocenie organoleptycznej frytek, w ekologicznym systemie uprawy okazał się istotnie związany z zawartością: skrobi, cukrów rozpuszczalnych i redukujących oraz białka właściwego i witaminy C. Wzrost zawartości tych składników, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, powodował zmianę tej cechy o wartości zamieszczone w tabeli 4. Oszacowany

Tabela 4. Wartości cząstkowych współczynników regresji cech frytek przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$ w stosunku do zmiany wartości zmiennych niezależnych o jednostkęTable 4. The values of partial regression coefficients of French fries features at the level of significance $\alpha \leq 0.05$ in relation to change of value of independent variables by unit

Cecha frytek	System uprawy	Wyraz wolny	Zmienne niezależne									Współczynnik determinacji (%)
			sucha masa	skrobia	suma cukrów	cukry redukujące	białko ogółem	białko właściwe	azotany	witamina C	odporność na zarazę ziemniaka	
Barwa	E	-3,254		0,108	23,419	54,748				0,013	0,068	84,81
	I	5,916		0,166		-37,650		-0,434			-0,456	83,88
Konsystencja	E	-8,290		0,136	47,911					0,013	0,096	82,42
	I	10,581		0,207			-1,084				-1,467	82,20
Smak	E	-9,761		0,105	54,75	47,911			0,469		0,037	74,72
	I	13,400			-37,65	-0,134					-1,139	77,42
Wilgotność	E	16,61								-0,151	0,220	79,57
	I	8,727	1,173	-1,123			-7,482	2,007				91,08
Zawartość tłuszczu	E	18,991						-0,885	0,246			59,14
	I	14,286			5,913						0,278	25,64

E – system ekologiczny, I – system integrowany.

model objaśnia prawie 75% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,75$). W systemie integrowanym smak frytek był uzależniony od odporności odmian na *Phytophthora infestans*, oraz od zawartości cukrów rozpuszczalnych i cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. Zmniejszenie odporności odmian na ten patogen, a także wzrost koncentracji cukrów rozpuszczalnych i redukujących w bulwach, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, wywoływały pogorszenie tej cechy o wartości wskazane w tabeli 4. Przedstawiony model objaśnia prawie 77,4% zmienności zmiennych zależnych.

Konsystencja frytek w obu technologiach uprawy była związana przede wszystkim z zawartością skrobi w surowcu. Zwiększenie akumulacji tego składnika w bulwach w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej o jednostkę przyczyniło się do uzyskania lepszej konsystencji miąższu frytek, większej ich chrupkości i zmniejszenia mazistości. W przypadku bulw uprawianych w systemie ekologicznym o wartości tej cechy decydowały również: suma cukrów, zawartość azotanów i witaminy C. Wzrost koncentracji tych składników o jednostkę, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, przyczynił się do zwiększenia oceny tej cechy o wartości zamieszczone w tabeli 4. Model ten objaśnia około 82% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,824$). W integrowanym systemie uprawy do pogorszenia konsystencji frytek przyczyniły się: słaba odporność odmian na *Phytophthora infestans* oraz zwiększenie zawartości białka ogółem, w zakresie odchylenia standardo-

wego od średniej arytmetycznej. Oszacowany model objaśnia ponad 82% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,822$).

Wilgotność frytek w systemie ekologicznym była modyfikowana przez zawartość azotanów i witaminy C w bulwach. Wzrost poziomu azotanów w surowcu, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, zwiększał, wzrost koncentracji witaminy C zaś zmniejszał wilgotność frytek. Wypracowany model objaśnia prawie 80% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,796$). W systemie integrowanym o wartości tej cechy decydowały: zawartość suchej masy, skrobi, białka ogółem i białka właściwego, przy czym wzrost zawartości suchej masy i białka właściwego, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, przyczynił się do wzrostu uwilgotnienia, zwiększenie zaś koncentracji skrobi i białka ogółem spowodowało zmniejszenie uwilgotnienia o wartości zamieszczone w tabeli 4. Oszacowany model objaśnia ponad 91% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,911$).

Chłonność tłuszczu była cechą najbardziej stabilną, ale jednocześnie jej czynniki sprawcze były najmniej przewidywalne. W systemie ekologicznym o wartości tej cechy decydowała zawartość białka ogółem i białka właściwego. Zwiększenie zawartości białka właściwego o jednostkę, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, przyczyniło się do zwiększenia chłonności tłuszczu o wartość zamieszczoną w tabeli 4. Odwrotny efekt wywołał wzrost zawartości białka ogółem. Wypracowany model objaśnia prawie 60% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,591$). W integrowanym systemie uprawy, z chemiczną ochroną i stosowaniem nawożenia mineralnego, zawartość tłuszczu we frytkach była związana z odpornością odmian na *Phytophthora infestans* i z zawartością cukrów rozpuszczalnych. Wzrost odporności na *Phytophthora infestans* o 1°, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, spowodował zwiększenie chłonności tłuszczu o wartość zamieszczoną w tabeli 4. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku sumy cukrów. Wyznaczony model objaśnia zaledwie 25,6% zmienności zmiennych zależnych (współczynnik $R^2 = 0,256$), przy czym należy dodać, że zbiór zmiennych objaśniających (bez stałej) był łącznie istotny ($< 0,05$).

Dyskusja

Smak i zapach frytek stanowią, zdaniem TALBURTA i SMITHA (1975), 35% w ogólnej ocenie ich jakości. W opinii HUNTERA i HAROLDA (1987) odczuwany smak pokarmów zależy nie tylko od receptorów smakowych, lecz także węchowych. Z przeprowadzonej analizy regresji wielomianowej wynika, że w obu technologiach uprawy o wartości tej cechy decydowały zawartość cukrów rozpuszczalnych i cukrów redukujących a w systemie ekologicznej uprawy również zawartość białka właściwego i witaminy C. Większa niż optymalna zawartość cukrów redukujących wywołuje, według ZGÓRSKIEJ (2004), brązowienie frytek w czasie smażenia i pogarsza ich smak (gorzki, przypalony). Mogą również powstawać heterocykliczne aminy aromatyczne, którym przypisuje się działanie mutagenne i rakotwórcze. Zdaniem SAWICKIEJ i MIKOS-BIELAK (2001), TAJNER-CZOPEK i IN. (2008) oraz PALAZOĞLU i IN. (2010) to tłuszcz smaźalniczy kształtuje przede wszystkim smak i zapach gotowych wyrobów, wpływa również na ich wygląd. Zbyt duża zawartość tłuszczu we frytkach podraża koszty ich produkcji oraz sprawia, że

są oleiste w smaku, natomiast zbyt mała, powoduje, że nie mają one odpowiedniego smaku i zapachu charakterystycznego dla produktów smażonych.

Konsystencja jest jedną z ważniejszych cech frytek, która stanowi wyróżnik wywierający znaczny wpływ na akceptację przez konsumenta i decyzję o spożyciu (TAJNER-CZOPEK 2000, TAJNER-CZOPEK i IN. 2008). Zewnętrzna część frytek powinna być delikatna i chrupka, bez odczucia gumowatości czy twardości, część wewnętrzna zaś – mączysta, nieoddzielająca się od skórki (LISIŃSKA i LESZCZYŃSKI 1989, TAJNER-CZOPEK i IN. 2008). Bulwy ziemniaka różniące się wielkością komórek, grubością ścian komórkowych lub ich składem mają zróżnicowane cechy kulinarne i frytki z nich wyprodukowane różnią się konsystencją (TAJNER-CZOPEK i IN. 1999, MOZOLEWSKI 2005). Prawidłowa konsystencja może być efektem właściwie dobranych parametrów technologicznych procesu produkcyjnego, ale przede wszystkim zależy od właściwości i jakości surowca. Te ostatnie uwarunkowane są genetycznie (cecha odmianowa), ale również duże znaczenie w kształtowaniu cech jakościowych ziemniaka odgrywają czynniki środowiskowe, uprawowe oraz warunki przechowywania (ZGÓRSKA i FRYDECKA-MAZURCZYK 2002, ZGÓRSKA 2004, MOZOLEWSKI 2005). Opinie te potwierdzają przeprowadzone badania. O konsystencji uzyskanych frytek decydowały nie tylko cechy odmianowe, lecz także warunki uprawy. Lepszą konsystencję miały frytki z odmian z uprawy ekologicznej niż integrowanej. Brak stosowania nawożenia mineralnego oraz pestycydów i herbicydów sprzyjał lepszej ocenie uzyskanego produktu. LESZCZYŃSKI i LISIŃSKA (1985) wykazali dodatnią korelację konsystencji produktów smażonych z zawartością skrobi w bulwach. Frytki sporządzone z bulw o większej zawartości tego składnika, w ich opinii, są chrupkie, delikatne, a ponadto zawierają mało tłuszczu i nie posiadają konsystencji mazistej. Jednak mała koncentracja skrobi w bulwach powoduje pogorszenie wartości odżywczej produktów smażonych. Badania własne potwierdzają tę opinię. Pozwoliły ponadto stwierdzić, iż w uprawie ekologicznej o konsystencji frytek decydują także: cukry rozpuszczalne, azotany i witamina C, w integrowanym systemie uprawy zaś – odporność odmian na *Phytophthora infestans* i zawartość białka ogólnego. TAJNER-CZOPEK i IN. (1999) dowiedli, iż odpowiednią konsystencją odznaczają się frytki z bulw charakteryzujących się nie tylko wymaganą zawartością suchej masy, skrobi i cukrów redukujących, lecz także stosunkowo dużą zawartością błonnika pokarmowego (JARVIS i DUNCAN 1992, ANDERSSON i IN. 1994). Zdaniem TAJNER-CZOPEK i IN. (2008) konsystencja frytek zależy również od temperatury ich smażenia. Frytki smażone w oleju o temperaturze 130°C i 150°C charakteryzują się zbyt miękką konsystencją, natomiast smażone w temperaturze 190°C są zbyt twarde. Prawidłową konsystencją odznaczają się frytki smażone dwustopniowo w oleju o temperaturze 175°C przez 8 min.

Ważnym miernikiem oceny jakości frytek jest ich barwa. Wrażenia barwne, jak podają HUNTER i HAROLD (1987), są wynikiem równoczesnego działania na oko bardzo wielu bodźców i tylko wrażenie jasności barwy można powiązać funkcją z parametrem fizycznym natężenia światła. Z przeprowadzonej analizy regresji wynika, że barwa usmażonych frytek w dużym stopniu zależała od zawartości cukrów redukujących w bulwach. Im było ich więcej, tym ciemniejszy był kolor smażonych produktów. Ten ciemny kolor sprawia, że smak staje się gorzki, co jest niedopuszczalne w produkcji frytek. Istnienie takich zależności potwierdzają PIASECKI i IN. (1996), ZGÓRSKA i FRYDECKA-MAZURCZYK (2000) oraz SAWICKA i MIKOS-BIELAK (2001). Na barwę frytek

mają również wpływ temperatura oraz czas przechowywania bulw. Jest to związane ze wzrostem zawartości cukrów redukujących w bulwach (ZGÓRSKA i FRYDECKA-MAZURCZYK 2002, PIŃSKA i IN. 2005). W opinii SOWOKINOSA i IN. (2000) dobrym wskaźnikiem prognozowania przydatności bulw do przetwórstwa spożywczego, może być poziom sacharozy w bulwach podczas przechowywania, tzw. SR (ang. *sucrose rate*). Jeśli po zbiorze zawartość sacharozy wynosi $2,8 \text{ mg g}^{-1}$ świeżej masy, to bulwy można przechowywać nawet do 10 miesięcy w wysokiej temperaturze – około 10°C , a i tak koncentracja sacharozy będzie na odpowiednim poziomie. Bulwy o większej zawartości sacharozy należy, w opinii tych autorów, szybko po zbiorze przetworzyć. Stan równowagi: cukry redukujące \Rightarrow sacharoza \Rightarrow skrobia, zmienia się, zdaniem MELLEMY (2003), w okresie wegetacji. SOMOROWSKA (1971) udowodniła, że największa ilość cukrów redukujących jest w pierwszym okresie wzrostu bulw (przed kwitnieniem), a następnie raptownie spada. Sacharoza z kolei wykazuje wysoki poziom w bulwach najmłodszych, osiąga maksimum w pełni kwitnienia roślin, a następnie łagodnie maleje. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka, zdaniem ROTKIEWICZA i IN. (1991), jest uzależniona od ich ciężaru właściwego. Bulwy o większym ciężarze właściwym zawierają zwykle mniej cukrów rozpuszczalnych, w tym również redukujących. ZGÓRSKA i FRYDECKA-MAZURCZYK (2000) podają, że w latach ciepłych, o równomiernie rozłożonych opadach, zawartość cukrów jest mniejsza niż w latach o niższej temperaturze i nadmiernych opadach, zwłaszcza w końcowym okresie wegetacji, a za krytyczną uważają temperaturę $4,5^{\circ}\text{C}$, która powoduje kilkukrotny wzrost zawartości cukrów. Duża zawartość cukrów redukujących wpływa na pogorszenie walorów smakowych i barwy produktów smażonych (gorzki lub słodki smak, brązowy kolor). Z przeprowadzonej analizy wynika, iż zawartość cukrów kształtowała się na podobnym poziomie w ekologicznym i integrowanym systemie uprawy ziemniaka. Ilość tego składnika była uzależniona najprawdopodobniej od warunków klimatycznych panujących w okresie wegetacji oraz cech odmianowych ziemniaka. Potwierdziły to również badania SAWICKIEJ i MIKOS-BIELAK (2001). Wzrost temperatury powietrza w okresie maj-czerwiec o $13,5\text{--}15,3^{\circ}\text{C}$ wpływa, w ich opinii, ujemnie na gromadzenie cukrów rozpuszczalnych w bulwach ziemniaka, a podwyższenie temperatury w okresie lipiec-sierpień – na wzrost ich zawartości w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych oraz na spadek zawartości cukrów ogółem w bulwach odmian późnych. Zdaniem TAJNER-CZOPEK i IN. (1999) uzyskanie produktów z ziemniaka smażonych w temperaturze ponad 120°C jest prawie niemożliwe bez obecności cukrów redukujących (glukozy i fruktozy). Według SZCZEBINY (2005) oraz MESTDAGHA i IN. (2008) ich większa koncentracja w surowcu wpływa na zbyt silne brązowienie produktów smażonych (wzrost intensywności przebiegu reakcji Maillarda) oraz pogorszenie smaku i zapachu, a także na powstawanie szkodliwych dla zdrowia heterocyklicznych amin aromatycznych (HAA), zwanych akryloamidami. Obecnie poszukuje się technik produkcji frytek smażonych w temperaturze poniżej 175°C , co pozwoliłoby na ograniczenie powstawania akryloamidów. Wadą tego rozwiązania jest jednak znacznie dłuższy okres smażenia (PALAZOĞLU i GÖKMEN 2008, TAJNER-CZOPEK i IN. 2008).

Innym ważnym aspektem produkcji frytek jest jednolitość barwy. Nierównomiernie rozłożona barwa sprawia, że frytki mogą być brązowe na jednym końcu. Powodem tego zjawiska jest starzenie się bulw po długim okresie przechowywania, a także wtórny wzrost bulw. Zdaniem HAVERKORTA i IN. (2002) pewne odmiany są podatne na tzw.

cukrowe końce w wyniku fizjologicznego starzenia się. W skrajnych przypadkach wtórnego wzrostu skrobia zostaje wydzielona z bulwy pierwotnej. Wydzielanie to rozpoczyna się w części stolonowej bulw ziemniaka i może doprowadzić do ich szklistości. O tym zjawisku mówi się wówczas, gdy tkanka ponownie wyrosniętej bulwy lub koniec podłużnej bulwy ma po przekrojeniu wodnisto-przezroczysty wygląd. Tkanka taka może mieć nawet strukturę gąbczastą. ELDREGE i IN. (1996) donoszą, że procesy wzrostu ziemniaka w nawadnianych regionach USA, na północny wschód od Pacyfiku, czasami prowadzą do niepożądanego, dużej koncentracji cukrów redukujących w części stolonowej bulw, zależnie od temperatury, pogody i stresu wodnego podczas rozwoju. Takie bulwy zwykle dają frytki z ciemniejącym końcem. Spadek potencjału wodnego gleby towarzyszy progresywnemu ciemnieniu barwy frytek ocenianych bezpośrednio po zbiorze i w sześć tygodni później. Istotne ciemnienie końcówek frytek jest odzwierciedleniem obserwowanej podczas zbioru zróżnicowanej pojemności wodnej gleby. SCANLON i IN. (1999) wykazali, iż różne rozmieszczenie cukrów redukujących w bulwach ziemniaka jest również przyczyną nierównomiernej barwy produktów smażonych. Ich zdaniem zawartość cukrów redukujących najczęściej zmniejsza się od części stolonowej do wierzchołkowej. Nieodpowiednie zabarwienie frytek jest wynikiem kondensacji cukrów redukujących ze związkami zawierającymi wolne grupy aminowe (reakcja Maillarda) oraz karmelizacji cukrów. PRITCHARD i ADAM (1994) dowiedli, że kolor frytek uzyskanych z bulw przechowywanych w 8°C jest bardziej związany z zawartością glukozy (dla odmiany 'Russet Burbank' $R^2 = 0,65$, a dla odmiany 'Shepody' $R^2 = 0,62$) niż z zawartością fruktozy, całkowitych cukrów redukujących czy sumą cukrów. Zawartość glukozy ponad $1,6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ we frytkach z odmiany 'Russet Burbank' i ponad $1,2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ we frytkach z odmiany 'Shepody' jest odpowiednio premiovana cenowo przez producenta. W opinii HAVERKORTA i IN. (2002) w warunkach przedłużającego się dnia, w zakresie 12-18 h, kolor frytek ulega stopniowemu pociemnieniu. Oznacza to, że dłuższe dni wpływają na wzrost zawartości cukrów redukujących. Te same odmiany uprawiane w warunkach dnia krótkiego osiągają lepszą jakość dla przetwórstwa niż uprawiane w warunkach dnia długiego. SAWICKA i MIKOS-BIELAK (2001) wykazały, iż regulator wzrostu Mival, stosowany w uprawie ziemniaka, przyczynia się do polepszenia smaku i zapachu frytek w latach charakteryzujących się ciepłym i suchym przebiegiem okresu wegetacji ziemniaka. Z kolei MOZOLEWSKI (2005) uważa, że czynnikiem poprawiającym jakość frytek jest nawadnianie plantacji ziemniaka. ROGOZIŃSKA i RZEKANOWSKI (1993) stwierdzili, iż deszczowanie prowadzi do zmniejszenia zawartości skrobi i witaminy C w ziemniakach, ale nie oddziałuje na zawartość suchej masy.

Wilgotność jest niekorzystną cechą frytek, zmniejsza bowiem ich chrupkość i skraca czas przechowywania. We frytkach z punktów „Fast Food”, które oceniały RUTKOWSKA i ŻBIKOWSKA (2009), zawartość wody była prawie dwukrotnie większa niż w naszych badaniach. Z przeprowadzonej analizy regresji wynika, iż wilgotność frytek uzyskanych z bulw z uprawy integrowanej jest dodatnio związana z zawartością suchej masy i białka właściwego, a ujemnie – z koncentracją skrobi i białka ogółem, natomiast we frytkach z bulw z systemu ekologicznego cecha ta jest ujemnie związana z zawartością azotanów i dodatnio z koncentracją witaminy C. VAN LOON (2005) nie stwierdził istotnego wpływu wstępnego suszenia, jak i różnych temperatur smażenia (160, 170 i 180°C), na wilgotność frytek.

Oleistość jest jedną z podstawowych cech oceny frytek. Zastosowanie odpowiedniego surowca, jak i parametrów w procesie technologicznym produkcji frytek, ma decy-

dujący wpływ na jakość sensoryczną finalnego produktu. Z badań RUTKOWSKIEJ i ŻBIKOWSKIEJ (2009) wynika, iż tłuszcze zawarte we frytkach są źródłem niepożądanych pod względem zdrowotnym izomerów *trans* i zawierają znaczne ilości nadtlenuków i innych niepożądanych produktów rozkładu (produktów utlenienia TAG), odznaczają się także małą zawartością tokoferoli. Do 2000 roku producenci preferowali smażenie frytek w wyższych temperaturach ($> 180^{\circ}\text{C}$) (TALBURT i SMITH 1987, LISIŃSKA i LESZCZYŃSKI 1989), ze względu na mniejszą chłonność oleju i korzystną konsystencję produktu. Wykrycie pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku akryloamidu w żywności spowodowało podjęcie badań zmierzających do obniżenia temperatury smażenia frytek (GÓRNA-CIHOŃ i GROCHOWICZ 2005, FISELIER i IN. 2006, PALAZOĞLU i GÖKMEN 2008, TAJNER-CZOPEK i IN. 2008). Użycie w przeprowadzonych badaniach analizy regresji wielomianowej dla cech składu chemicznego bulw i zawartości tłuszczu w tym surowcu nie przyniosło wystarczającego wyjaśnienia zagadnienia oleistości, bowiem okazało się, iż współczynnik determinacji równania regresji, zwłaszcza w przypadku integrowanego systemu uprawy, ma małą wartość i nie spełnia postulowanego przez KRANZA i ROYALE'A (1978) poziomu 60%, co przy jednocześnie rozbieżnych wpływach czynników meteorologicznych pozwala sądzić, że na zawartość tłuszczu we frytkach mają wpływ jeszcze inne czynniki, nieuwzględnione w modelu funkcji. Zdaniem DREJARZ i LENARTA (2006) wchłanianie tłuszczu podczas smażenia jest zależne od początkowej zawartości wody w surowcu. Parująca z surowca woda pozostawia, w ich opinii, w tkankach puste przestrzenie, które mogą być następnie wypełnione przez tłuszcz. SOBOL (2006) twierdzi z kolei, że na wchłanianie oleju przez frytki podstawowy wpływ wywiera gęstość bulw ziemniaka i wraz z jej wzrostem zmniejsza się zawartość tłuszczu we frytkach. Według RIMACA-BRNCICIA i IN. (2004), poza bilansem masowym, na całkowity pobór tłuszczu składają się penetracja skórki oraz krystalizacja na powierzchni produktu. Zmniejszenie zawartości oleju w smażonych frytkach powoduje też dehydracja. Zmniejszenie zawartości wody w surowcu można uzyskać, stosując podsuszanie, odwadnianie osmotyczne lub nasywanie chlorkiem sodu. Jakość produktów wytwarzanych w procesie smażenia zanurzeniowego, w tzw. głębokim tłuszczu, zależy głównie od warunków smażenia, które decydują o rozprowadzeniu oleju wewnątrz produktu, o jego teksturze i smaku (GÓRNA-CIHOŃ i GROCHOWICZ 2005, VAN LOON 2005). Bardzo ważnym zagadnieniem jest jakość stosowanego tłuszczu, jego właściwy dobór i kryteria oceny, a także jakość i skład chemiczny surowców poddawanych fryturowaniu. Jakość medium smaźalniczego rzutuje na wartość odżywczą i zdrowotną smażonych produktów. Oksyfitosterole są związkami wywierającymi toksyczny efekt na tkanki jelit, więc ich ilość w żywności powinna być ograniczona. RUDZIŃSKA i IN. (2005) badali zmiany fitosteroli podczas smażenia frytek w oleju rzepakowym i stwierdzili, że w trakcie smażenia zmniejsza się zawartość fitosteroli w oleju, natomiast wzrasta zawartość produktów utlenienia (oksyfitosteroli). Zdaniem MELLEMY (2003) możliwe jest „uzdrowienie” frytek poprzez smażenie ich w świeżym oleju kokosowym, który ze względu na dużą zawartość tłuszczów nasyconych jest bardzo stabilny nawet w wysokiej temperaturze smażenia. GÓRNA-CIHOŃ i GROCHOWICZ (2005) udowodnili, że zawartość tłuszczu w krajance zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury i czasu smażenia zanurzeniowego. W ich opinii olej tylko wtedy może przenikać, kiedy woda wyparuje i gdy temperatura wewnątrz utworzonej skórki jest wystarczająco wysoka. Według MELLEMY (2003) dostatecznym dowodem na to, że temperatura wewnątrz frytek jest wysoka, jest to, że olej ledwie przesiąka do ugotowanego rdzenia i że

mikrostruktura skórki jest głównym czynnikiem decydującym o pochłanianiu oleju (skórka zawiera prawie sześć razy tyle oleju co część wnętrza). W opinii LESZCZYŃSKIEGO i LISIŃSKIEJ (1986) stosowanie nawożenia azotem w dużych dawkach pogarsza jakość frytek poprzez wzrost chłonności tłuszczu. VAN LOON (2005) oraz DREJARZ i LENART (2006) najwyżej ocenili frytki smażone w temperaturze 180°C w czasie 3-4 min. PALAZOĞLU i IN. (2010) wykazali, że jakość frytek przygotowanych poprzez pieczenie jest gorsza niż ich odpowiedników smażonych w tych samych temperaturach (170, 180 i 190°C). Współczynniki determinacji rozpatrywanych układów równań dla poszczególnych cech, z wyjątkiem zawartości tłuszczu, miały duże wartości, co pozwala sądzić, iż na konsystencję, barwę, smak i wilgotność frytek mają wpływ skład chemiczny bulw oraz właściwości odmianowe, natomiast na zawartość tłuszczu większe oddziaływanie mogą mieć inne czynniki, nieuwzględnione w modelach funkcji.

Wnioski

1. Ekologiczny system uprawy przyczynił się do poprawy jakości frytek poprzez ich lepsze wybarwienie, lepszą konsystencję oraz mniejszą chłonność tłuszczu. Pozwala to sądzić, że ziemniak z plantacji ekologicznych jest lepszym surowcem do produkcji frytek niż ziemniak z plantacji z integrowanego systemu uprawy.

2. Spośród cech sensorycznych frytek największą stabilnością odznaczała się zawartość tłuszczu, największą zaś zmiennością – ich wilgotność.

3. Zmniejszenie zawartości tłuszczu w gotowym produkcie można uzyskać poprzez zminimalizowanie zawartości cukrów redukujących w surowcu dzięki odpowiedniemu doborowi odmian, uprawie ziemniaka w systemie ekologicznym, właściwemu przechowywaniu bulw oraz zmniejszeniu ilości cukrów redukujących w procesie technologicznym.

4. Z cech składu chemicznego surowca do produkcji frytek najbardziej stabilna okazała się zawartość cukrów rozpuszczalnych, stężenie zaś azotanów w bulwach ziemniaka należało do cech najmniej stabilnych.

5. Analiza regresji wielomianowej pomiędzy zmiennymi zależnymi i niezależnymi pozwoliła na wyjaśnienie w większym niż do tej pory stopniu przyczyn zróżnicowanej jakości frytek, co w przyszłości pozwoli na prognozowanie ich jakości na podstawie składu chemicznego surowca.

6. Oceniając wpływ składników chemicznych na: smak, zapach, konsystencję, wilgotność oraz zawartość tłuszczu we frytkach, można je uszeregować następująco: cukry ogółem > cukry redukujące > skrobia > białko właściwe > białko ogółem > witamina C > azotany > odporność odmian na *Phytophthora infestans* > sucha masa.

Literatura

- ANDERSSON A., GEKAS V., LIND I., OLIVEIRA F., ÖSTE R., 1994. Effect of preheating on potato texture. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 34, 3: 229-251.
- BAC S., KOŹMIŃSKI C., ROJEK M., 1993. Agrometeorologia. PWN, Warszawa.
- DREJARZ A., LENART A., 2006. Wymiana masy w procesie smażenia frytek. Post. Tech. Przetw. Spoż. 1: 13-17.

- DYREKTYWA 2006/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia. 2006. Dz. Urz. UE L 374/10, PL.
- ELDREGE E.P., HOLMES Z.A., MOSLEY A.R., SHOCK C.C., STIEBER T.D., 1996. Effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar fry colour. *Am. Potato J.* 73: 11, 517-530.
- FISELIER K., BAZZOCO D., GAMA-BAUMGARTNER F., GROB K., 2006. Influence of the frying temperature on acrylamide formation in French fries. *Eur. Food Res. Technol.* 222, 3-4: 414-419.
- GÓRNA-CIHOŃ M., GROCHOWICZ J., 2005. Wpływ smażenia zanurzeniowego na wybrane właściwości fizyczne selera. *Acta Agrophys.* 6, 3: 639-646.
- HAVERKORT A.J., LOON C.D. VAN, EIJCK P. VAN, SCHEER F.P., SCHIJVENS E.P.H.M., UITSLAG H., BAARVELD H.R., CAMPOBELLO E.W.A., LIEFRINK S.R., PEETEN H.M.G., 2002. In road to processing industry. *Plantijn Casparie*, Den Haag. [http://www.aardappelpagina.nl/doc/onthe_road_po.pdf].
- HUNTER R.S., HAROLD R.W., 1987. *The measurement of appearance*. Wiley, New York.
- ISO/6557/2:1984. Fruits, vegetables and derived products - Determination of ascorbic acid content Part 2: Routine methods. [http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm].
- ISO 4121:2003. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales. [http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm].
- ISO 8589:2007. Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms. [http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm].
- JARVIS M.C., DUNCAN H.J., 1992. The textural analysis of cooked potato. 1. Physical principles of the separate measurement of softness and dryness. *Potato Res.* 35: 83-91.
- KITA A., LISIŃSKA G., 2004. Wpływ rodzaju tłuszczu smażalniczego na właściwości sensoryczne czipsów ziemniaczanych podczas przechowywania. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 1, 38: 55-64.
- KRANZ J., ROYALE D.L., 1978. Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics. W: *Plant disease epidemiology*. Red. P.R. Scott, A. Bainbridge. Blackwell, Oxford: 111-120.
- KREŁOWSKA-KULAS M., 1993. *Badanie jakości produktów spożywczych*. PWE, Warszawa.
- LESZCZYŃSKI W., LISIŃSKA G., 1985. Effects of herbicides on chemical composition of potato tubers and quality of the subsequent chips and starch. *Starch (Stärke)* 37: 329-334.
- LESZCZYŃSKI W., LISIŃSKA G., 1986. Wpływ nawożenia azotem i terminu sadzenia ziemniaków odmian Atol, Cisa, Reda na zmiany jakości bulw. *Biul. Inst. Ziemn.* 34: 63-71.
- LISIŃSKA G., 2004. Przetwory ziemniaczane spożywcze: wielkość produkcji, wartość żywieniowa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 500: 57-68.
- LISIŃSKA G., 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 511: 81-94.
- LISIŃSKA G., LESZCZYŃSKI W., 1989. *Potato science and technology*. Elsevier, London.
- MELLEMA M., 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends Food Sci. Technol.* 14: 364-373.
- MESTDAGH F., WILDE T., CASTELEIN P., NÉMETH O., VAN PETEGHEM C., MEULENAER B., 2008. Impact of the reducing sugars on the relationship between acrylamide and Maillard browning in French fries. *Eur. Food Res. Technol.* 227, 1: 69-76.
- MOZOŁEWSKI W., 2005. *Badania związków między jakością odmian ziemniaka a jakością chip-sów i frytek*. Rozpr. Monogr. UW-M Olszt. 77.
- OFFICIAL METHODS of analysis of AOAC International. 2005. Red. W. Horwitz, G.W. Latimer. AOAC International, Arlington, VA, USA.
- PALAZOĞLU T.K., GÖKMEN V., 2008. Reduction of acrylamide level in French fries by employing a temperature program during frying. *J. Agric. Food Chem.* 56, 15: 6162-6166.

- PALAZOĞLU T.K., SAVRAN D., GÖKMEN V., 2010. The effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips was investigated in this study. *J. Food Sci.* 75, 1: 25-29.
- PIASECKI M., GRUCHAŁA L., SOBIECH S., 1996. Jakość surowca a właściwości sensoryczne frytek. W: *Materiały Konferencji Naukowej nt.: Ziemniak jako surowiec do przetwórstwa spożywczego*. 28-29 maja, Instytut Ziemniaka, Bonin. IZ, Bonin: 60-64.
- PIŃSKA M., WOJDYŁA T., RZEKANOWSKI C., ROLBIECKI S., ROLBIECKI R., 2005. Wpływ nawadniania deszczownianego i nawożenia azotem na jakość surowca ziemniaczanego przeznaczonego do produkcji frytek i czipsów. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 246, Sci. Aliment. 4: 229-240.
- PN/90-A-75101/03. Zawartość suchej masy w przetworach owocowych i warzywnych. Metoda wagowa. 1990. PKN, Warszawa.
- PN-EN 12014-7:2001. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie zawartości azotanów i/lub azotynów. Część 7: Oznaczanie zawartości azotanów w warzywach i produktach warzywnych metodą ciągłego przepływu, po redukcji kadmem. 2001. PKN, Warszawa.
- PRITCHARD M.K., ADAM L.R., 1994. Relationships between fry colour and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. *Am. J. Potato Res.* 71: 59-68.
- RIMAC-BRNCIĆ S., LELAS V., RODE D., SIMUNDIĆ B., 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *J. Food Eng.* 64: 237-241.
- ROGOZIŃSKA I., RZEKANOWSKI C., 1993. Zmiany jakości i wartości przechowalniczej bulw ziemniaka jadalnego pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem, uprawianego na glebie bardzo lekkiej. *Post. Nauk. Roln.* 1: 83-90.
- ROTKIEWICZ W., BOROWSKI J., MOZOLEWSKI W., DANOWSKA M., 1991. Jakość frytek otrzymanych z różnych odmian ziemniaka. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst. Technol. Aliment.* 24: 163-169.
- RUDZIŃSKA M., KORCZAK J., WAŚOWICZ E., 2005. Changes in phytosterols – their oxidation products during frying of French fries in rapeseed oil. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 14/55, 4: 381-381.
- RUTKOWSKA J., ŻBIKOWSKA A., 2009. Analiza składu i jakości tłuszczu z medium i frytek z restauracji typu fast-food, ze szczególnym uwzględnieniem izomerów trans kwasów tłuszczowych. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 42, 4: 1095-1103.
- SAWICKA B., MIKOS-BIELAK M., 2001. Quality of French-fries of 37 potato cultivars in conditions of application of growth regulators Mival and Poteitin. *Electr. J. Pol. Agric. Univ. Ser. Food Sci. Technol.* 5, 2, #6. [<http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issue2/food/art-06.html>].
- SCANLON M.G., PRITCHARD M.K., ADAM L.R., 1999. Quality evaluation of processing potatoes by near infrared reflectance. *J. Sci. Food Agric.* 79, 5: 763-771.
- SOBOL Z., 2006. Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. *Acta Agrophys.* 8, 1: 219-228.
- SOMOROWSKA K., 1971. Zmiany zawartości podstawowych składników w bulwach ziemniaka w okresie wegetacji. *Ziemniak*: 129-152.
- SOWOKINOS J.R., SHOCK C.C., STIEBER T.D., ELDEGRE E.P., 2000. Compositional and enzymatic changes associated with sugar-end defect in Russet Burbank potatoes. *Am. J. Potato Res.* 77: 47-56.
- SZCZERBINA T., 2005. Akrylamid – potencjalnie rakotwórcza substancja występująca w żywności. *Kosmos* 54, 4 (269): 367-372.
- TAJNER-CZOPEK A., 2000. Konsystencja frytek ziemniaczanych w zależności od zawartości i składu polisacharydów w surowcu. *Żywn. Nauka Technol. Jakość Supl.* 25, 4: 228-231.
- TAJNER-CZOPEK A., KITA A., LISIŃSKA G., 2008. Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od temperatury i czasu smażenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 530: 371-379.
- TAJNER-CZOPEK A., LISIŃSKA G., KITA A., RYTEL E., 1999. Zawartość błonnika w ziemniakach a konsystencja frytek. W: *Materiały Konferencji Naukowej nt.: Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość*. 23-25.02.1999. IHAR, Jadwisin: 202-204.
- TALBURT W.F., SMITH O., 1975. *Potato processing*. AVI Publ. Co., Westport, CT.
- TALBURT W.F., SMITH O., 1987. *Potato processing*. AVI/Van Nostrand Reinhold, New York.

- VAN LOON W., 2005. Process innovation and quality aspects of French fries. Wageningen University, The Netherlands.
- ZGÓRSKA K., 2002. Jakość ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa spożywczego. *Ziemn. Pol.* 4: 14-20.
- ZGÓRSKA K., 2004. Wymagania jakościowe wobec odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziemn. Pol.* 4: 26-28.
- ZGÓRSKA K., FRYDECKA-MAZURCZYK A., 2000. Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 213: 239-251.
- ZGÓRSKA K., FRYDECKA-MAZURCZYK A., 2002. Przydatność nowych polskich odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 489: 347-354.

THE INFLUENCE OF FRENCH FRIES ON CHEMICAL COMPOSITION OF POTATO TUBERS USING ECOLOGICAL AND INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS

Summary. The basis of the study was a field experiment carried out in the period between 2000 and 2002. The components of the experiment were plant cultivation systems: integrated, ecological, as well as the following potato cultivars: 'Baszta', 'Ania', 'Salto', 'Wolfram' and 'Wawrzyn'. Both chemical composition of tubers (the dry matter, starch, sum of sugars, reducing sugars, the total and true proteins, nitrates, and vitamin C) and the content of fat and moisture of French fries, as well as sensoric features (tinge, taste, consistency) were estimated. The applied ecological system produced potatoes of a higher quality and thus French fries were much better than the ones obtained from the potatoes cultivated in the integrated system. The better quality meant better colouration and consistency. Chemical composition of the tubers influenced the taste, consistency, colouration and moisture of the French fries.

Key words: potato, cultivars, crop production systems, chemical compositions of tubers, quality of French fries

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Barbara Sawicka, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Poland, e-mail: barbara.sawicka@up.lublin.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

26.11.2010

Do cytowania – For citation:

*Sawicka B., Barbaś P., 2011. Zależność jakości frytek od składu chemicznego bulw ziemniaka w ekologicznym i integrowanym systemie uprawy. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 1, #5.*