

**JOANNA KOBUS-CISOWSKA**

**DOMINIK KMIECIK**

**BARTOSZ KULCZYŃSKI**

**GRZEGORZ GANDECKI<sup>1</sup>**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Katedra Technologii Żywności Człowieka

ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

## Wpływ czasu przechowywania na zmiany liczby nadtlenkowej i anizydynowej mrożonych ziemniaczanych produktów smażonych\*

### **Influence of storage time on peroxide and anisidine value changes of fried and frozen potato products**

Celem badań było określenie wpływu przechowywania, na jakość mrożonych ziemniaczanych produktów smażonych. W czasie 15 miesięcy przechowywano 21 mrożonych produktów ziemniaczanych: frytki ziemniaczane (14), cząstki i talarki (5) oraz kuleczki ziemniaczane (2) wyprodukowane przez trzech różnych producentów. Próby do analiz pobierano po 6, 12 i 15 miesiącach przechowywania. Przechowywanie odbywało się w dwóch odrębnych opakowaniach stanowiących dwa powtórzenia próby w temperaturze  $-21^{\circ}\text{C}$ . W produktach określono zmiany liczby nadtlenkowej i anizydynowej. W próbach bezpośrednio po zakupie liczba nadtlenkowa wahała się od 2,54 do 11,56 mEq  $\text{O}_2/1$  kg, a liczba anizydynowa od 17,09 do 89,15. Oba wyróżniki były najczęściej związane z rodzajem tłuszczu wykorzystywanego do produkcji (olej słonecznikowy, olej palmowy). W czasie przechowywania obserwowano wahania obu wyróżników, jednakże po jego zakończeniu w większości prób stwierdzono wzrost zarówno liczby nadtlenkowej jak i liczby anizydynowej. Po zakończeniu przechowywania liczba nadtlenkowa wahała się od 4,56 do 18,06 mEq  $\text{O}_2/1$  kg, natomiast liczba anizydynowa w granicach od 28,36 do 122,84.

**Słowa kluczowe:** długotrwałe przechowywanie, liczba nadtlenkowa, liczba anizydynowa, mrożone produkty ziemniaczane, wyróżniki jakości tłuszczu

The aim of the study was to determine the effect of long-term storage on the quality of fried and frozen potato products. The 21 frozen potato products: French fries (14), potato wedges and potato slices (5), potato balls (2) were purchased from three different manufacturers and were stored at  $-21^{\circ}\text{C}$  for 15 months. The samples for analysis were taken after 6, 12 and 15 months of storage.

\* Badania zostały sfinansowane w ramach projektu MNiSW nr N N312 265738

<sup>1</sup>dplomant

Storage was carried out for two different product packages representing two replicates of the same sample (package I and II). In the analyzed products the changes of peroxide and anisidine values were determined. Both peroxide and anisidine values of the samples analyzed immediately after the purchase varied within a very wide range from 2.54 to 11.56 mEq O<sub>2</sub>/1 kg and from 17.09 to 89.15, respectively. It was most commonly associated with the type of oil used for industrial frying of products (sunflower or palm oil). During 15-month storage the increase of the peroxide and anisidine values in all analyzed samples was observed. The final levels of peroxide and anisidine values varied from 4.56 to 18.06 mEq O<sub>2</sub>/1 kg and from 28.36 to 122.84, respectively.

**Key words:** long-term storage, fat quality indexes, frozen potatoes products, anisidine value, peroxide value

## WSTĘP

Na skutek wprowadzonych zmian w przemyśle produkcji smażonych produktów ziemniaczanych (wykorzystanie odpowiednich odmian ziemniaka i tłuszczu smaźalniczych, modernizacja linii produkcyjnych, zastosowanie procesu mrożenia) oraz na ich charakterystyczne cechy organoleptyczne (smak, aromat i tekstura) frytki ziemniaczane na stałe zagościły w menu zakładów gastronomicznych i gospodarstw domowych. Zastosowanie procesów mrożenia w końcowej fazie produkcji frytek ułatwia ich przechowywanie, daje możliwość przygotowania pojedynczych porcji, skraca czas przygotowania i wydłuża czas ich przechowywania. Pomimo wysokiego bezpieczeństwa mikrobiologicznego, które jest gwarantowane przechowywaniem w niskich temperaturach, w produktach ziemniaczanych obserwuje się niekorzystne zmiany organoleptyczne spowodowane przede wszystkim procesami utleniania tłuszczu (Kita i Lisińska, 2007). Mrożone produkty ziemniaczane, w zależności od rodzaju oraz sposobu przygotowania mogą zawierać od 3 do 10% tłuszczu (O'Connor i in., 2001; Kmiećik i in., 2014). Ponieważ ziemniaki, z których przygotowane są produkty smażone zawierają niewielką ilość tłuszczu, jego skład oraz jakość są ściśle uzależnione od rodzaju tłuszczu wykorzystanego w procesie smażenia (Kmiećik i in., 2016). Jako medium smaźalnicze najczęściej wykorzystuje się rafinowane oleje roślinne (palmowy, rzepakowy, słonecznikowy) oraz tłuszcze uwodornione. Olej palmowy oraz oleje uwodornione są jednak coraz mniej pożądane w diecie ze względu na obecność tłuszczów nasyconych oraz izomerów *trans* kwasów tłuszczowych (Tabee i in., 2008; Restrepo i Rieger, 2016). Obecnie na polskim rynku do przemysłowego smażenia produktów ziemniaczanych wykorzystuje się głównie olej palmowy oraz olej słonecznikowy, jednakże ten ostatni ze względu na wysoką zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych jest znacznie bardziej podatny na utlenianie niż olej palmowy (De Marco in., 2007; Cichosz i Czeczot, 2011). Rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystywanie do smażenia olejów modyfikowanych o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego lub ich mieszanin z olejami tradycyjnymi. Wykorzystanie tego typu olejów w czasie smażenia przyczynia się do ich wolniejszej degradacji w czasie procesu smażenia i wolniejszych przemian oksydacyjnych w czasie przechowywania w porównaniu z olejami tradycyjnymi (Smith i in., 2007; Roman i in., 2013).

Celem badań było określenie wpływu długotrwałego przechowywania w warunkach zamrażalniczych na jakość mrożonych ziemniaczanych produktów smażonych.

#### MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano 21 mrożonych produktów ziemniaczanych dostępnych na polskim rynku, zakupionych bezpośrednio u przedstawicieli handlowych trzech różnych producentów (bezpośrednio z magazynu producenta). Od producenta A zakupiono — 8 produktów, od producenta B — 7 produktów i od producenta C — 6 produktów (tab. 1). O zakupie produktów zdecydowała ich dostępność w danym okresie. Największą grupę produktów stanowiły frytki ziemniaczane (14), które zostały podzielone na dwie grupy: frytki proste (9) oraz frytki karbowane (5). Pozostałe produkty ziemniaczane podzielono na trzy grupy: cząstki ziemniaka (3), talarki ziemniaczane (2) i kuleczki ziemniaczane (2). Produkty przechowywano w temperaturze  $-21^{\circ}\text{C}$  przez 15 miesięcy, pobierając próbkę produktu po 6, 12 i 15 miesiącach z dwóch odrębnych opakowań stanowiących dwa powtórzenia tej samej próby (opakowanie I i II). Po pobraniu próby pozostałość była zamykana w szczelnych opakowaniach do kolejnego punktu pomiarowego. W produktach określono zmiany zawartości pierwotnych i wtórnych produktów utleniania tłuszczu oraz określono rodzaj oleju wykorzystywanego do smażenia na podstawie deklaracji producenta.

Tabela 1

**Lista badanych smażonych produktów ziemniaczanych i ich oznaczenia kodowe**  
**The list of analyzed fried potato products and their codes**

Rodzaj produktu – Type of products	Firma A Company A	Firma B Company B	Firma C Company C
Frytki tradycyjne do frytownicy Traditional French fries for fryer	FTS(A)	FTS(B)	-
Frytki tradycyjne do frytownicy i piekarnika Traditional French fries for fryer and oven	FTSP(A)	-	-
Frytki ekstra długie proste do frytownicy i piekarnika Long French fries for fryer and oven	FDSP(A)	FDSP(B)	FDSP(C)
Frytki proste o skróconym czasie smażenia typu „fast food” Fast French fries for „fast food” type	Fff(A)	Fff(B)	Fff(C)
Frytki karbowane do frytownicy Corrugated French fries for fryer	-	FKS(B)	-
Frytki karbowane do frytownicy i piekarnika Corrugated French fries for fryer and oven	FKSP(A)	FKSP(B)	FKSP(C)
Frytki karbowane typu „fast food” Corrugated French fries for „fast food” type	-	-	FKff(C)
Cząstki ziemniaczane do frytownicy i piekarnika Potato wedges for fryer and oven	CZ(A)	CZ(B)	CZ(C)
Talarki ziemniaczane do frytownicy i piekarnika Potato slices for fryer and oven	TZ(A)	TZ(B)	-
Kuleczki ziemniaczane do frytownicy i piekarnika Potato balls for fryer and oven	KZ(A)	-	KZ(C)

W dniu pomiaru produkt rozmrożono i poddano ekstrakcji metodą Folcha (1957). W wyekstrahowanym tłuszczu określono wartość liczby nadtlenkowej (PN-ISO

3960:2012) i anizydynowej (PN-EN ISO 6885:2001). Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (test Tukeya, Statistica 10.0) oraz obliczono średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe (Microsoft Excel 2013).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza składu przechowywanych produktów na podstawie informacji na opakowaniu potwierdziła dwa źródła olejów wykorzystywanych w czasie procesu smażenia. Jednym z nich był olej słonecznikowy (11 produktów), drugim „olej roślinny” (10 produktów). Olej słonecznikowy wykorzystywany był we wszystkich produktach firmy C oraz w 5 produktach firmy A. W pozostałych produktach (firma B oraz 3 produkty firmy A) wykorzystywano olej roślinny. Przeprowadzona we wcześniejszej pracy (Kmieciak i in., 2014) analiza chromatograficzna tych produktów potwierdziła wykorzystanie w czasie procesu produkcji oleju palmowego. W przypadku produktów wyprodukowanych z udziałem oleju słonecznikowego stwierdzono znacznie wyższe (25–70%) zawartości kwasu oleinowego, które są nietypowe dla tradycyjnego oleju słonecznikowego co najprawdopodobniej świadczy o zastosowaniu oleju o modyfikowanym składzie kwasów tłuszczowych (oleje wysokooleinowe). Zestawienie produktów i rodzaju wykorzystanego oleju przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

**Rodzaj oleju wykorzystywanego w przemysłowym procesie smażenia**  
**Type of oil used in industrial frying process**

Produkt Product	Deklaracja producenta Manufacturer declaration	Analiza GC* GC analysis	Uwagi** Comments
FTS(A)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	bardzo wysoka zawartość kwasu oleinowego****
FTSP(A)	olej roślinny	olej palmowy	-
FDSP(A)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	bardzo wysoka zawartość kwasu oleinowego****
Fff(A)	olej roślinny	olej palmowy	-
FKSP(A)	olej roślinny	olej palmowy	-
CZ(A)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	podwyższona zawartość kwasu oleinowego**
TZ(A)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	podwyższona zawartość kwasu oleinowego**
KZ(A)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	podwyższona zawartość kwasu oleinowego**
FTS(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
FDSP(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
Fff(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
FKS(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
FKSP(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
CZ(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
TZ(B)	olej roślinny	olej palmowy	-
FDSP(C)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	wysoka zawartość kwasu oleinowego***
Fff(C)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	wysoka zawartość kwasu oleinowego***
FKSP(C)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	wysoka zawartość kwasu oleinowego***
FKff(C)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	wysoka zawartość kwasu oleinowego***
CZ(C)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	wysoka zawartość kwasu oleinowego***
KZ(C)	olej słonecznikowy	olej słonecznikowy	wysoka zawartość kwasu oleinowego***

\*Kmieciak i in., 2014

\*\*Podwyższona zawartość kwasu oleinowego — 25–28%; \*\*\*Wysoka zawartość kwasu oleinowego — 35–45%;

\*\*\*\*Bardzo wysoka zawartość kwasu oleinowego — 55–70%.

\*\*The increased oleic acid content — 25–28%; \*\*\*A high oleic acid content — 35–45%; \*\*\*\*A very high oleic acid content — 55–70%; olej słonecznikowy — sunflower oil; olej roślinny — plant oil; olej palmowy — palm oil

Wykorzystanie olejów o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego oraz o obniżonej zawartości kwasów wielonienasyconych jest stałym trendem w produkcji żywności smażonej. Ich wyższa stabilność w procesach smażenia w porównaniu z olejami tradycyjnymi oraz znacznie bardziej korzystny profil kwasów tłuszczowych w porównaniu z olejem palmowym prowadzi do ich coraz częstszego wykorzystania (Smith i in., 2007; Onacik-Guri in., 2014). Różnice w zawartości kwasu oleinowego w poszczególnych produktach (tab. 2) mogą wynikać z mieszania w różnych proporcjach oleju tradycyjnego z olejem wysokooleinowym ze względu na wyższą cenę olejów wysokooleinowych, mniejszą dostępność na rynku, a także mniejszą pożądalność produktów przygotowanych z udziałem olejów wysokooleinowych przez konsumentów w porównaniu do olejów tradycyjnych (Warner i Gupta, 2005; Górnicka i Kita, 2011).

Początkowe wartości liczby nadtlenkowej w tłuszczu wyekstrahowanym z produktów były zróżnicowane i wahały się od 2,54 do 11,56 mEq O<sub>2</sub>/kg. Wyższe wartości najczęściej były charakterystyczne dla produktów ziemniaczanych niebędących frytkami ziemniaczanymi (cząstki ziemniaka, talarki i kuleczki ziemniaczane) oraz przygotowanych z wykorzystaniem oleju słonecznikowego, co wynika z jego mniejszej stabilności w czasie smażenia w porównaniu do oleju palmowego. W czasie całego okresu przechowywania we wszystkich analizowanych próbach obserwowano wzrost zawartości liczby nadtlenkowej, który był częściej powiązany z jej wartością początkową (w momencie zakupu), niż z rodzajem wykorzystywanego oleju w czasie smażenia (tab. 3). Po zakończeniu procesu przechowywania wartość liczby nadtlenkowej wynosiła od 4,56 do 18,06 mEq O<sub>2</sub>/kg, odpowiednio dla próby Fff(C) II i CZ(A) I. Oba produkty w swoim składzie zawierały olej słonecznikowy. Wyższy wzrost liczby nadtlenkowej był obserwowany pomiędzy 6 a 15 miesiącem przechowywania produktów i był wyższy od kilku do kilkunastu razy w porównaniu z pierwszymi 6 miesiącami. Wyjątkiem od obserwowanej zależności były 3 próby pochodzące z firmy B: FKSP(B) I i FKSP(B) II, CZ(B) I i CZ(B) II, TZ(B) I i TZ(B) II oraz jedna z firmy A: KZ(A) I i KZ(A) II. Wzrost poziomu nadtlenków w ziemniaczanych produktach mrożonych obserwowały również Kita i Lisińska (2007) w czasie czteromiesięcznego przechowywania frytek. Podobnie jak w obecnych badaniach większy przyrost liczby nadtlenkowej był charakterystyczny dla końcowego etapu przechowywania. Ponadto autorki zwróciły uwagę stan opakowania (nienaruszony, uszkodzony), jako na istotny czynnik przyspieszający przemiany oksydacyjne. W opakowaniach otwartych wartość liczby nadtlenkowej po zakończeniu przechowywania była dwukrotnie większa niż w opakowaniach nieuszkodzonych. W odróżnieniu od danych zebranych w tabeli 3 autorki posiadały materiał wyjściowy (pobrany bezpośrednio z produkcji), który charakteryzował się niższym stopniem utlenienia. Może to wskazywać na pewne przemiany zachodzące już pomiędzy zakładem produkcyjnym, a dostarczeniem produktu do obrotu, w czasie przechowywania produktów w magazynach centralnych producenta oraz w czasie ekspozycji produktów w sieci handlowej.

Tabela 3

**Zmiany liczby nadtlenkowej w czasie przechowywania produktów (mEq O<sub>2</sub>/kg)**  
**The changes of peroxide value in storage products (mEq O<sub>2</sub>/kg)**

Kod produktu Product code	Czas przechowywana (miesiące) — Storage time (months)			
	Bezpośrednio po zakupie Immediately after purchase	6	12	15
Frytki ziemniaczane proste — Traditional French fries				
FTS(A) I*	7,22±0,18a**	7,51±0,54a	8,66±0,11b	8,54±0,04b
FTS(A) II*	9,73±0,08a	8,45±0,37b	8,27±0,35b	8,78±0,20b
FTS(B) I	5,98±0,03a	6,93±0,17b	7,97±0,04c	10,17±0,19d
FTS(B) II	5,42±0,41a	6,47±0,48b	8,29±0,19c	9,47±0,21d
FTSP(A) I	4,70±0,12a	5,20±0,12b	5,64±0,03c	5,82±0,13c
FTSP(A) II	4,01±0,54a	4,50±0,15b	5,43±0,04c	6,35±0,30d
FDSP(A) I	5,59±0,66a	6,22±0,37b	7,39±0,03c	7,67±0,08c
FDSP(A) II	6,89±0,07a	6,99±0,27a	7,25±0,32b	7,33±0,01b
FDSP(B) I	4,60±0,25a	4,79±0,32a	6,18±0,18b	6,24±0,00b
FDSP(B) II	5,31±0,67a	6,31±0,31b	7,45±0,15c	6,79±0,37b
FDSP(C) I	4,19±0,35a	4,41±0,05a	6,65±0,33b	6,64±0,16b
FDSP(C) II	3,82±0,00a	4,94±0,16b	4,95±0,08b	5,05±0,13b
Fff(A) I	4,73±0,18a	5,52±0,14b	7,32±0,14c	7,25±0,08c
Fff(A) II	3,70±0,23a	5,02±0,16b	6,47±0,09c	6,65±0,28c
Fff(B) I	4,46±0,30a	5,67±0,33b	6,89±0,03c	6,97±0,10c
Fff(B) II	4,09±0,17a	5,31±0,25b	7,42±0,00c	7,79±0,23c
Fff(C) I	3,25±0,16a	3,49±0,16a	4,54±0,12b	5,43±0,33c
Fff(C) II	4,02±0,19a	3,79±0,21a	4,09±0,16a	4,56±0,26b
Frytki ziemniaczane karbowane — Corrugated French fries				
FKS(B) I	4,63±0,16a	4,31±0,14b	6,23±0,08bc	5,37±0,11c
FKS(B) II	4,24±0,56a	4,19±0,36b	6,24±0,28c	6,02±0,15c
FKSP(A) I	4,64±0,21a	4,86±0,06a	5,56±0,06b	6,18±0,22b
FKSP(A) II	3,60±0,69a	3,83±0,11a	6,16±0,23b	6,24±0,24b
FKSP(B) I	2,21±0,36a	4,02±0,18b	6,47±0,27c	6,46±0,25c
FKSP(B) II	2,53±0,14a	4,81±0,12b	5,52±0,04c	6,40±0,11d
FKSP(C) I	4,93±0,00a	5,15±0,00b	5,47±0,06c	5,95±0,20c
FKSP(C) II	4,60±0,38a	4,79±0,05a	6,13±0,00b	6,38±0,25b
FKff(C) I	5,35±0,25a	6,13±0,13b	7,58±0,26c	7,70±0,15c
FKff(C) II	5,02±0,20a	5,98±0,20b	7,74±0,31c	8,16±0,23d
Cząstki ziemniaka — Potato wedges				
CZ(A) I	11,56±0,04a	11,96±0,08b	12,06±0,06b	18,06±0,06c
CZ(A) II	11,44±0,04a	12,23±0,00b	13,26±0,21c	17,38±0,08d
CZ(B) I	2,24±0,16a	4,28±0,08b	4,74±0,09b	6,02±0,05c
CZ(B) II	2,54±0,04a	3,38±0,21b	4,99±0,09c	5,62±0,00d
CZ(C) I	9,22±0,00a	8,98±0,28a	10,26±0,59b	10,77±0,16c
CZ(C) II	10,18±0,17a	10,34±0,01a	10,69±0,81a	12,54±0,18b
Talarki ziemniaczane — Potato slices				
TZ(A) I	11,27±0,88a	12,21±0,13b	15,99±0,15c	16,97±0,11d
TZ(A) II	9,92±0,64a	11,29±0,25b	15,53±0,58c	16,50±0,22d
TZ(B) I	4,33±0,13a	5,64±0,02b	8,28±0,05c	9,74±0,09d
TZ(B) II	4,38±0,13a	7,15±0,24b	8,17±0,08c	9,31±0,13d
Kuleczki ziemniaczane — Potato balls				
KZ(A) I	4,42±0,19a	11,28±0,22b	14,70±0,73c	16,95±0,31d
KZ(A) II	7,47±0,32a	12,21±0,66b	15,43±0,00c	16,13±0,49d
KZ(C) I	7,08±0,60a	7,88±0,00b	8,50±0,54c	9,76±0,18d
KZ(C) II	9,09±0,24a	9,29±0,25a	9,60±0,64b	11,12±0,78c

\* I-opakowanie 1, II-opakowanie 2, I-package 1, II-package 2

\*\* abc — różne duże litery w wierszach oznaczają istotnie statystyczne różnice dla tego samego produktu w różnym czasie przechowywania, przy  $\alpha \leq 0,05$ \*\* Means in the same rows followed by different letters indicate significant differences ( $p \leq 0,05$ ) between the same product in the different storage time

**Zmiany liczby anizydynowej w czasie przechowywania produktów**  
**The changes of anisidine value in storage products**

Kod produktu Product code	Czas przechowywania (miesiące) — Storage time (months)			
	Bezpośrednio po zakupie Immediately after purchase	6	12	15
Frytki ziemniaczane proste — Traditional French fries				
FTS(A) I*	69,22±2,40a**	78,73±1,49b	84,61±0,40c	99,19±0,79d
FTS(A) II*	72,97±0,69a	82,52±1,31b	84,66±0,63b	91,77±1,37c
FTS(B) I	19,54±0,27a	39,12±0,07b	48,89±0,13b	50,19±0,11c
FTS(B) II	37,94±0,51a	53,06±0,39b	78,65±0,29c	84,48±0,25d
FTSP(A) I	61,77±0,54a	64,58±0,48bc	66,32±0,78cd	68,13±0,92d
FTSP(A) II	64,65±3,35a	71,85±0,16b	82,94±1,29c	87,56±0,33d
FDSP(A) I	73,88±4,48a	98,34±1,75b	107,04±1,15c	111,70±2,00c
FDSP(A) II	77,73±1,48a	85,05±0,88b	98,85±1,15c	108,29±0,91d
FDSP(B) I	23,10±0,62ab	25,17±0,99bc	27,53±0,67c	34,78±0,34d
FDSP(B) II	17,09±0,86a	19,18±0,23a	32,36±0,93b	36,00±1,09c
FDSP(C) I	63,06±0,33a	65,49±0,21a	69,39±0,37b	63,09±0,45a
FDSP(C) II	66,62±0,91a	72,52±0,88b	77,50±0,86c	80,66±0,64c
Fff(A) I	19,46±0,86a	23,52±0,81b	26,36±0,59bc	31,33±0,01c
Fff(A) II	19,57±1,10a	23,78±0,47b	26,39±0,48c	28,72±0,05c
Fff(B) I	18,32±0,69a	27,39±0,20b	31,69±0,40c	33,01±0,29c
Fff(B) II	18,47±1,56a	19,12±0,30a	26,84±0,08b	28,36±0,34b
Fff(C) I	61,56±0,99a	63,49±1,95a	68,08±0,87b	72,22±0,59c
Fff(C) II	62,30±0,06a	74,69±0,93b	78,55±1,80bc	81,81±0,90c
Frytki ziemniaczane karbowane — Corrugated French fries				
FKS(B) I	54,92±1,11a	57,13±0,51a	69,60±0,32b	73,73±0,11c
FKS(B) II	34,90±0,15a	42,15±2,22b	68,21±0,14c	76,12±0,13d
FKSP(A) I	65,44±1,46a	71,16±0,10b	73,51±0,16c	77,63±0,27d
FKSP(A) II	61,58±0,73a	64,83±0,09a	71,97±0,30b	74,19±0,23b
FKSP(B) I	51,10±0,58a	61,19±2,07b	69,36±0,45c	75,37±0,36d
FKSP(B) II	63,93±2,88a	70,82±0,88b	75,36±0,27c	79,04±0,06d
FKSP(C) I	19,81±1,19a	39,67±1,19b	49,56±0,08c	46,83±0,10c
FKSP(C) II	25,00±0,85a	37,29±0,85b	52,52±0,47c	58,48±0,40d
FKff(C) I	61,32±1,17a	66,66±1,17b	76,20±0,36c	83,12±0,04d
FKff(C) II	60,12±0,02a	63,47±0,02a	72,94±0,22b	81,38±0,39c
Cząstki ziemniaka — Potato wedges				
CZ(A) I	64,97±1,00a	67,71±0,52a	81,08±0,82b	83,95±1,10b
CZ(A) II	67,78±2,60a	71,95±0,23b	76,68±0,33c	84,67±0,49d
CZ(B) I	23,17±0,86a	25,00±0,13a	29,74±0,51b	32,72±0,40b
CZ(B) II	22,97±2,10a	33,17±0,89b	28,32±0,62b	30,43±0,46b
CZ(C) I	65,63±6,14a	71,30±0,37b	76,58±0,75c	72,38±1,95bc
CZ(C) II	45,96±2,73a	47,83±0,11a	53,18±1,03b	55,01±1,24b
Talarki ziemniaczane — Potato slices				
TZ(A) I	89,15±0,10a	99,91±0,42b	103,26±1,29b	117,24±1,08c
TZ(A) II	84,61±0,14a	92,39±0,52b	107,59±0,58c	122,84±1,72d
TZ(B) I	18,98±0,73a	31,96±0,11b	37,52±0,25c	44,33±0,15d
TZ(B) II	22,81±0,13a	36,42±0,35b	42,62±0,66c	41,46±0,48c
Kuleczki ziemniaczane — Potato balls				
KZ(A) I	67,42±3,89a	79,70±0,78b	95,91±2,39c	104,74±1,15d
KZ(A) II	42,47±2,79a	93,32±1,24b	96,00±1,24b	100,17±0,95b
KZ(C) I	32,88±3,44a	40,73±0,25b	61,76±0,61c	74,89±1,25d
KZ(C) II	64,88±2,00a	78,87±0,33b	87,85±0,86c	98,87±0,96d

\* I-opakowanie 1, II-opakowanie 2, I-package 1, II-package 2

\*\* abc — różne duże litery w wierszach oznaczają istotnie statystyczne różnice dla tego samego produktu w różnym czasie przechowywania, przy  $\alpha \leq 0,05$ \*\* Means in the same rows followed by different small letters indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between the same product in the different storage time

W czasie przechowywania obserwowano również stały wzrost zawartości wtórnych produktów utleniania wyrażanych wartością liczby anizydynowej (tab. 4). Jej początkowa wartość była bardzo zróżnicowana i wynosiła od 17,09 do 89,15, odpowiednio dla próby FDSP(B) II oraz TZ(A) I. W większości prób nieprzechowywanych przygotowanych z wykorzystaniem oleju palmowego poziom wtórnych produktów utleniania był niższy niż w pozostałych produktach, co prawdopodobnie wynika z większej stabilności tego medium w czasie procesu smażenia w porównaniu do oleju słonecznikowego (De Marco i in., 2007). Po zakończeniu 15 miesięcznego przechowywania wartość liczby anizydynowej wahała się w granicach od 28,36 do 122,84, odpowiednio dla prób Fff(B) II i TZ(A) II. Podobnie jak w przypadku liczby nadtlencowej również analizując wtórne produkty utleniania obserwowano znaczny wpływ początkowej zawartości na ich poziom po zakończeniu przechowywania. Wartość liczby anizydynowej po zakończonym przechowywaniu, w takich produktach jak cząstki i talarki z ziemniaka oraz kulki ziemniaczane, była zazwyczaj wyższa niż we frytkach ziemniaczanych. Odstępstwem od obserwowanej zależności były próby TZ(B) I i II oraz CZ(B) I i II, które były przygotowane na oleju palmowym. Wy tłumaczeniem tego faktu może być łatwiejszy kontakt zaabsorbowanego tłuszczu z tlenem poprzez rozwinięcie powierzchni produktu (ćwiartki i talarki ziemniaczane) oraz zwiększenie jego porowatości (kuleczki ziemniaczane).

Porównując poziomy pierwotnych i wtórnych produktów utleniania w obrębie tej samej próby stwierdzono, że wartość liczby nadtlencowej najczęściej była powiązana z wartością liczby anizydynowej. W próbach, w których stwierdzono niską wartość liczby nadtlencowej, obserwowano również niższe wartości liczby anizydynowej. Większy wzrost liczby nadtlencowej w czasie przechowywania prowadził również do większych zmian zawartości wtórnych produktów utleniania. Obserwowane zmiany mogą być następstwem reakcji zachodzących w czasie procesu utleniania. Nadtlencki będące nietrwałymi produktami procesów utleniania szybko ulegają dalszej przemianie tworząc wtórne produkty oksydacji. Większa zawartość początkowa nadtlenców wpływa również na szybkość procesu utleniania, a podwyższona zawartość wtórnych produktów oksydacji sugeruje bardziej zaawansowane procesy utleniania zachodzące w produkcie. Biorąc pod uwagę te zależności istotna jest jakość wyjściowa produktów jakie w danym momencie są do dyspozycji konsumentów. Jakość ta jest uzależniona zarówno od procesu produkcji, ale także od warunków i czasu przechowywania produktu.

#### WNIOSKI

1. Początkowa wartość liczby nadtlencowej i anizydynowej w analizowanych próbach była zróżnicowana. Większa zawartość pierwotnych i wtórnych produktów utleniania była charakterystyczna dla produktów pochodzących z grupy cząstek, talarków i kuleczek ziemniaczanych oraz produktów przygotowanych z wykorzystaniem oleju słonecznikowego.
2. Oceniając poziomy pierwotnych i wtórnych produktów utleniania w tej samej próbie stwierdzono ich wzajemne powiązanie. Produkty, w których stwierdzono niską wartość liczby nadtlencowej charakteryzowały się niską wartością liczby



- anizydynowej. Wyższe wartości pierwotnych produktów utleniania były powiązane z wyższym poziomem produktów wtórnych.
3. Długotrwałe przechowywanie produktów prowadziło do stopniowego wzrostu liczby nadtlenkowej i anizydynowej we wszystkich badanych produktach bez względu na zachowanie odpowiednich warunków przechowywania. Szybkość obserwowanych zmian była powiązana z wartością liczby nadtlenkowej i anizydynowej w próbie bezpośredniej po zakupie. Wyższe początkowe poziomy obu wyróżników prowadziły do ich wyższych końcowych zawartości.

#### LITERATURA

- Cichosz G., Czeczot H. 2011. Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych - konsekwencje zdrowotne. *Bromatol. I Chem. Toksykol.* 44 (1): 50 — 60.
- De Marco E., Savarese M., Parisini C., Battimo I., Falco S., Sacchi R. 2007. Frying performance of a sunflower/palm oil blend in comparison with pure palm oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109 (3): 237 — 246.
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497 — 509.
- Górnicka E., Kita A. 2011. Właściwości fizyko-chemiczne i sensoryczne chrupki pszenne smażone w olejach wysoko oleinowych. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.* 569: 103 — 111.
- Kita A., Lisińska G. 2007. Zamiany frakcji tłuszczowej i właściwości organoleptycznych frytek w zależności od warunków przechowywania. *Żywność, Nauk. Technol. Jakość* 4 (53): 66 — 75.
- Kmieciak D., Gramza-Michałowska A., Korczak J. 2014. Ocena jakości mrożonych ziemniaczanych produktów smażonych dostępnych na polskim rynku. *Nauk. Przynr. Technol.* 8 (4): 1 — 12.
- Kmieciak D., Kobus-Cisowska J., Hęś M., Szymandera-Buszk K., Przeor M. 2016. Smażone produkty ziemniaczane w diecie Polaków jako źródło substancji niekorzystnych żywieniowo. W: *Żywność dla świadomego konsumenta*. Melski K., Walkowiak-Tomczak D., (red.), Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu: 112 — 123.
- O'Connor C., Fisk K., Smith B., Melton L. 2001. Fat uptake in French fries as affected by different potato varieties and processing. *J. Food Sci.* 66 (6): 903 — 908.
- Onacik-Gur S., Zbikowska A., Marciniak-Lukasiak K. 2014. Pochodzenie, metody otrzymywania i trwałość oksydacyjna tłuszczów wysokooleinowych. *Żywność, Nauk. Technol. Jakość* 6 (97): 18 — 28.
- PN-EN ISO 6885. 2001. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- PN-ISO 3960. 2012. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego.
- Restrepo B. J., Rieger M. 2016. Trans fat and cardiovascular disease mortality: Evidence from bans in restaurants in New York. *J. Health Econ.* 45: 176 — 196.
- Roman O., Heyd B., Broyart B., Castillo R., Maillard M.-N. 2013. Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions. *Food Sci. Technol.* 52 (1): 49 — 59.
- Smith S. A., King R. E., Min D. B. 2007. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chem.* 102 (4): 1208 — 1213.
- Tabee E., Jägerstad M., Dutta P. C. 2008. Lipids and phytosterol oxidation products in commercial potato crisps commonly consumed in Sweden. *Eur. Food Res. Technol.* 227 (3): 745 — 755.
- Warner K., Gupta M. 2005. Potato chip quality and frying oil stability of high oleic acid soybean oil. *J. Food Sci.* 70 (6): 395 — 400.

