

ZMIANY SKŁADU ILOŚCIOWEGO I JAKOŚCIOWEGO CUKRÓW W OWOCACH WIŚNI PODDANYCH PROCESOWI SUSZENIA OSMOTYCZNO-KONWEKCYJNEGO

Dorota Konopacka, Monika Mieszczakowska-Frać
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Streszczenie. Analizowano zmiany zawartości składników cukrowych w trakcie odwadniania osmotycznego wiśni w celu określenia proporcji między zawartością cukrów w produkcie końcowym a ilością cukrów pochodzących naturalnie z surowca. Owoce ośmiu odmian wiśni poddawano odwadnianiu osmotycznemu w 60-procentowym roztworze sacharozy i suszono konwekcyjnie. Analizę ilościową i jakościową cukrów wykonano metodą HPLC w surowcu mrożonym, odwodnionym oraz w suszu. Dominującymi cukrami w surowcu była glukoza (46–61%) i fruktoza (34–39%). Wiśnie zawierały też 12–20% sorbitolu. Proces odwadniania spowodował przyrosty fruktozy oraz spadki zawartości sorbitolu; zmiany zawartości glukozy nie były jednoznaczne. W sezonie 2009 w owocach odwadnianych stwierdzono obecność 2–20 g·100 g⁻¹ s.s. sacharozy, która podczas suszenia konwekcyjnego w całości uległa hydrolizie. Zmiany pozostałych składników na etapie suszenia były relatywnie niewielkie. W ogólnym ilościowym bilansie składników cukrowych stwierdzono zaledwie 11-procentowy wzrost ich zawartości w suszu w stosunku do surowca, wykazano natomiast znaczące zmiany składu jakościowego. Z surowca tracony był sorbitol na rzecz znacznego wzrostu zawartości fruktozy.

Słowa kluczowe: wiśnie (*Prunus cerasus* L.), suszenie, przetwórstwo, obróbka osmotyczna

WSTĘP

Obróbka osmotyczna tkanki roślinnej, wykorzystując zjawiska dyfuzyjne, pozwala na usunięcie z materiału części wody bez przemiany fazowej, co jest korzystne z punktu widzenia zapotrzebowania na energię oraz zachowania cech jakościowych charakterystycznych dla surowca [Lenart 1996, Rastogi i in. 2002]. Siłą napędową procesu

jest różnica ciśnień osmotycznych pomiędzy odwadnianą tkanką a roztworem hipertonicznym substancji osmoaktywnej, w której umieszczany jest odwadniany materiał. Podczas procesu odwadniania dochodzi do dwukierunkowej wymiany masy. Jeden ze strumieni stanowi sok komórkowy, który wraz z rozpuszczonymi w niej składnikami niskocząsteczkowymi, takimi jak cukry, kwasy organiczne, witaminy, sole mineralne, migruje przez półprzepuszczalne błony do otaczającego roztworu o wyższym ciśnieniu osmotycznym. Drugi, przeciwkierunkowy strumień stanowi substancja osmotyczna, która wnika do odwadnianej tkanki [Raoult i in. 1989, Lenart 1996, Rastogi i in. 2002]. W efekcie uzyskuje się redukcję zawartości wody w odwadnianej tkance, z jednoczesnym przyrostem zawartości suchej substancji oraz zmianą składu chemicznego odwadnianego materiału [Marcotte i Le Maguer 1991, Kowalska i Lenart 2001]. W przypadku owoców kwaśnych wnikanie substancji osmotycznej oraz ubytki kwasów organicznych są postrzegane jako zjawiska korzystne, gdyż poprawiają cechy sensoryczne i umożliwiają wykorzystanie tak przygotowanego suszu jako produktu przekąskowego do bezpośredniej konsumpcji [Szymczak i Płocharski 1999, Jesionkowska 2010, Figiel 2013]. Jednym z najczęściej stosowanych czynników osmotycznych, który istotnie wpływa na poprawę profilu smakowego oraz podkreśla nutę owocową aromatu odwadnianych surowców, jest roztwór sacharozy. Czynnikiem ten, oprócz zwiększenia słodyczy odwadnianego produktu, działa ochronnie na zachowanie składników bioaktywnych [Nikkhah i in. 2007, Konopacka i in. 2008, Ścibisz 2011]. Niestety najnowsze wyniki badań epidemiologicznych wskazują nadmierne spożycie sacharozy jako czynnik sprzyjający lawinowemu wzrostowi zachorowań na liczne choroby cywilizacyjne [Donaldson 2004, Gibson i in. 2013]. Wytyczne WHO i EFSA [WHO 2013], rekomendujące w związku z powyższymi doniesieniami znaczące ograniczenie spożycia cukru, stawiają technologów przetwórstwa owoców w trudnej sytuacji wyboru pomiędzy możliwością oferowania atrakcyjnych i bogatych w składniki biologicznie aktywne utrwalonych owoców a wykluczeniem z receptur dodatku sacharozy. W przypadku produkcji wiśni odwadnianych osmotycznie dodatek sacharozy lub innych cukrowców warunkuje nie tylko uzyskanie akceptowalnej smakowości, ale ma również znaczenie teksturotwórcze [Konopacka i in. 2009]. Aby dostarczyć racjonalnych przesłanek do modyfikowania procesu odwadniania i uszlachetniania suszu wiśniowego przeznaczonego do bezpośredniej konsumpcji, w pracy podjęto próbę oszacowania faktycznego składu ilościowego i jakościowego cukrów w suszu osmo-konwekcyjnym. Uzyskane wyniki wykorzystano do określenia w produkcie końcowym proporcji między dodaną sacharozą a zawartością składników cukrowych pochodzących z surowca.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły owoce wiśni 8 odmian: Nefris, Topas, Morina, Keleris 16, Szafir, Oblacińska, Debreczeni Bőtermő oraz Łutowka pochodzących z Sadu Doświadczalnego Instytutu Ogrodnictwa w Dąbrowicach. Miąższ owoców wiśni poddano odwadnianiu osmotycznemu w 60-procentowym roztworze sacharozy (stosunek owoców do roztworu 1 : 4) przez 1 godzinę w 40°C. Zlewki z owocami i syropem wytrząsano w łaźni wodnej Julabo SW 22 (Julabo Labortechnik GmbH, Seelbach,

Niemcy) z częstotliwością 140 nawrotów na minutę przy amplitudzie 20 mm. Odwodnione owoce układano na sitach ze stali kwasowej i suszono w laboratoryjnej suszarce konwekcyjnej z poziomym przepływem powietrza suszącego ($3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 60°C) przez 8 godzin, co pozwoliło na uzyskanie produktu o zawartości wody około 20%. Doświadczenie przeprowadzono w dwóch sezonach: 2009 i 2010, wykonując każdorazowo dla poszczególnych odmian po dwa powtórzenia technologiczne.

Surowiec mrożony, wiśnie odwodnione oraz owoce wysuszone poddano ilościowej i jakościowej analizie cukrów metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z pomocą chromatografu Agilent 1100, wyposażonego w różnicowy detektor refraktometryczny. Próbkę w ilości 5 g homogenizowano w wodzie dejonizowanej, następnie przenoszono ilościowo do kolb o pojemności 100 ml i sączono na filtrze bibułowym Whatman nr 3. Przesącz rozcieńczano odpowiednio 1 : 5 (surowiec) i 1 : 10 (próbki odwadniane i suszone) i oczyszczano na filtrze Sep-Pak® PLUS C18, firmy Waters. 10 μl próbki podawano na kolumnę Aminex® HPX-87C ($300 \cdot 7,5 \text{ mm}$) z prekolumną. Warunki elucji były następujące: przepływ $0,6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, temperatura 80°C , faza ruchoma – woda dejonizowana. Obliczenia wykonano według krzywych wzorcowych dla standardów cukrów (Sigma, Niemcy). Wyniki wyrażano w gramach na kilogram świeżej masy ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m.) lub na 100 g suchej substancji ($\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.s.).

Suchą substancję próbek oznaczano metodą suszarkowo-wagową przez suszenie do stałej masy zgodnie z normą PN-90/A-75101/03, a wyniki wyrażono w procentach. Teoretyczną zawartość cukrów w suszu osmo-konwekcyjnym, pochodzącą z surowca, obliczano mnożąc sumaryczną zawartość składników cukrowych w miąższu wiśni surowych przez współczynnik zagęszczenia tkanki, wyznaczony jako stosunek zawartości suchej substancji w produkcie końcowym do wyjściowej zawartości suchej substancji w surowcu.

Metody statystyczne

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując program STATISTICA 8.0. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA, a istotność różnic oznaczono za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha < 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystyka surowca

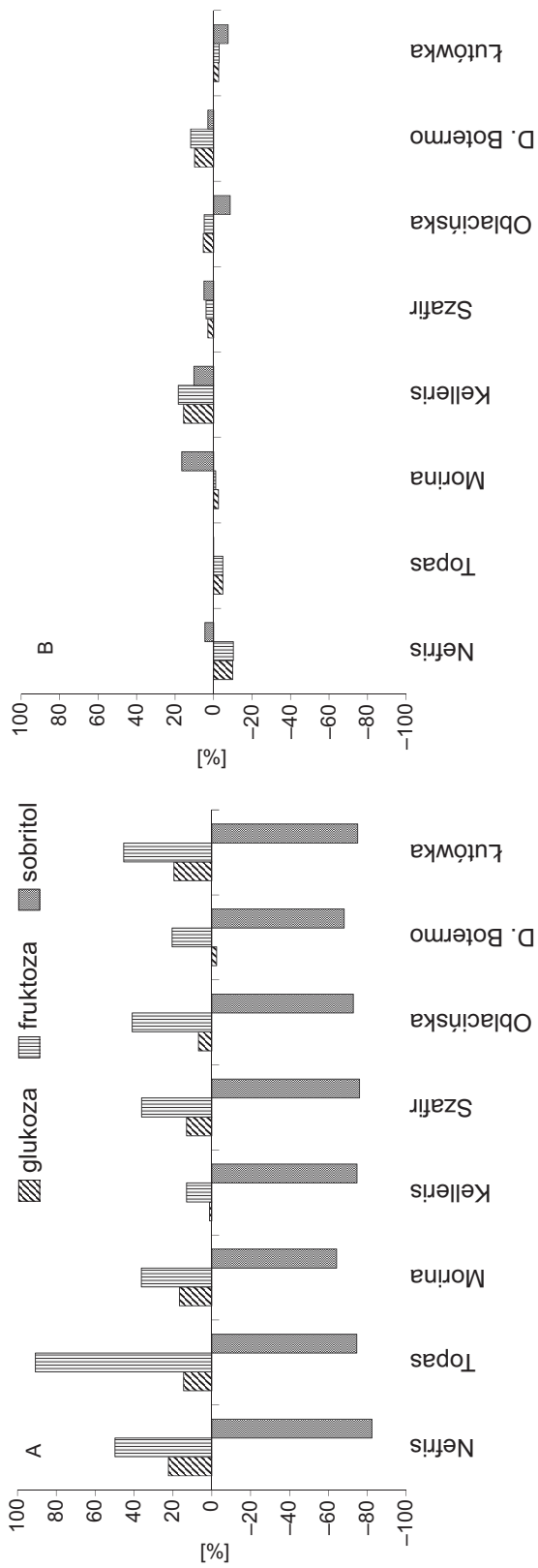
Całkowita suma składników cukrowych w świeżych wiśniach, w zależności od odmiany i sezonu, wahała się od 81 do $134 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w miąższu owoców (tab. 1). Dominującymi cukrami prostymi była glukoza (46–61%), a następnie fruktoza (34–39%), co jest zgodne z danymi literaturowymi [Piasecka i in. 2009, Gündoğdu i Bilge 2012]. Wiśnie zawierały też sorbitol (alkohol cukrowy) w ilości 12–20%. Stosunek glukozy do fruktozy wahał się od 1,22 do 1,53, z wyjątkiem odmiany Topas w sezonie 2009, w przypadku której stosunek G/F wynosił aż 2,71. Wiśnie zbierane w 2009 roku zawierały mniej suchej substancji (10,9–14,8%) w porównaniu z owocami z 2010 roku (12,4–19,0%).

Tabela 1. Zawartość składników cukrowych [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m.] i suchej substancji [%] w surowcu. Średnie i odchylenia standardowe dla dwóch powtórzeń technologicznychTable 1. Raw material characteristic: sugar constituents [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ f.w.] and dry matter content [%]. Averages and standard deviation for two technological repetitions

Odmiana Cultivar	Sezon Season	Sacharoza Sucrose	Glukoza Glucose	Fruktoza Fructose	Sorbitol Sorbitol	Suma Sum	Sucha substancja Dry matter
Nefris	2009	0	48,5 ±0,7	35,0 ±0,2	21,1 ±0,6	104,6 ±1,5	13,6 ±0,0
	2010	0	42,5 ±0,6	32,6 ±3,5	16,3 ±0,1	91,4 ±3,9	12,4 ±0,1
Topas	2009	0	50,8 ±3,0	18,8 ±0,3	14,4 ±0,5	84,0 ±3,8	12,1 ±0,0
	2010	0	45,6 ±1,8	31,9 ±1,5	16,9 ±0,7	94,3 ±4,1	13,9 ±0,1
Morina	2009	0	51,5 ±0,0	39,3 ±0,5	21,8 ±0,3	112,5 ±0,8	14,3 ±0,3
	2010	0	48,1 ±0,5	35,4 ±0,2	17,5 ±0,1	101,0 ±0,4	16,2 ±0,1
Kelleris 16	2009	0	40,7 ±1,1	33,1 ±1,3	10,3 ±0,3	84,1 ±2,7	10,9 ±0,2
	2010	0	42,7 ±0,9	34,9 ±1,3	13,0 ±0,6	90,7 ±2,8	13,4 ±0,1
Szafir	2009	0	43,0 ±1,9	32,3 ±0,8	10,8 ±0,3	86,0 ±3,0	11,5 ±0,0
	2010	0	40,1 ±0,7	29,6 ±0,1	11,6 ±0,5	81,3 ±1,2	12,8 ±0,2
Oblacińska	2009	0	50,4 ±1,2	32,9 ±1,9	14,0 ±0,7	97,3 ±3,8	13,7 ±0,0
	2010	0	64,8 ±1,0	42,3 ±1,1	27,2 ±0,2	134,3 ±2,0	19,0 ±0,3
D. Bötermö	2009	0	47,1 ±0,2	32,3 ±0,0	13,5 ±0,6	92,9 ±0,4	12,4 ±0,1
	2010	0	60,8 ±1,3	43,6 ±0,1	23,0 ±1,3	127,4 ±2,5	16,8 ±0,1
Lutówka	2009	0	51,6 ±0,8	37,5 ±1,1	18,6 ±0,7	107,7 ±1,1	14,8 ±0,0
	2010	0	48,3 ±0,5	35,6 ±0,3	19,9 ±1,1	103,8 ±1,3	14,9 ±0,1

Wpływ procesu odwadniania

Proces odwadniania owoców wiśni w roztworze sacharozy spowodował znaczące przyrosty zawartości fruktozy, średnio od 13 do 91% oraz spadki zawartości sorbitolu (64–82%) – rysunek 1A. Zmiany te były statystycznie istotne, z wyjątkiem przyrostu zawartości fruktozy w owocach odmiany Kelleris 16 i Szafir w sezonie 2009 (tab. 2). Z kolei zmiany zawartości glukozy wahały się od –2 do +22% (rys. 1A), a w sezonie 2009 istotny statystycznie wpływ procesu odwadniania na zawartość tego cukru wykazano tylko w przypadku owoców odmiany Nefris (tab. 2). Piasecka i inni [2009] również stwierdzili wzrost zawartości glukozy i fruktozy podczas odwadniania wiśni i czarnej porzeczki w roztworach hipertonicznych zawierających fruktooligosacharydy, sacharozę, glukozę i fruktozę. W sezonie 2009 w owocach po odwadnianiu stwierdzono obecność 2–20 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ s.s. sacharozy. Na tym etapie procesu odwadniania, niezależnie od odmiany i sezonu, stosunek glukozy do fruktozy znacząco malał i wynosił od 1,07 do 1,23.



Rys. 1. Procentowe zmiany zawartości składników cukrowych (średnie z dwóch sezonów) podczas procesu odwadniania osmotycznego (A) i suszenia konwekcyjnego (B)

Fig. 1. Percentage changes of sugar constituents content (means of 2 seasons) during osmotic dehydration process (A) and convective drying process (B)

Tabela 2. Zawartość składników cukrowych [g·100 g⁻¹ s.s.] oraz stosunek glukozy do fruktozy (1/1) w surowcu, owocach odwadnianych i suszonych

Table 2. Sugar constituents content [g·100 g⁻¹ d.m.] and ratio of glucose to fructose (1/1) in raw material, dehydrated and dried fruit

	Sacharoza Sucrose			Glukoza Glucose			Fruktoza Fructose			Sorbitol Sorbitol			Stosunek G/F Ratio G/F		
	S	O.O.	O.S.	S	O.O.	O.S.	S	O.O.	O.S.	S	O.O.	O.S.	S	O.O.	O.S.
	Sezon 2009 – Season 2009														
Nefris	0 ^a	10,9 ^b	0 ^a	35,8 ^a	46,6 ^b	35,8 ^a	25,8 ^a	42,9 ^b	32,2 ^a	15,5 ^b	2,5 ^a	2,5 ^a	1,38 ^b	1,08 ^a	1,11 ^a
Topas	0 ^a	6,5 ^b	0 ^a	42,0 ^a	39,4 ^a	42,6 ^a	15,5 ^a	34,5 ^b	36,4 ^b	11,9 ^b	1,7 ^a	1,7 ^a	2,71 ^b	1,14 ^a	1,17 ^a
Morina	0 ^a	8,1 ^b	0 ^a	36,1 ^a	36,7 ^a	38,7 ^a	27,6 ^a	33,2 ^b	35,3 ^b	15,3 ^b	3,3 ^a	2,7 ^a	1,31 ^b	1,10 ^a	1,10 ^a
Kelleris 16	0 ^a	17,0 ^b	0 ^a	37,2 ^{ab}	33,2 ^a	41,2 ^b	30,2 ^a	30,8 ^a	38,4 ^b	9,4 ^b	1,4 ^a	1,3 ^a	1,23 ^b	1,08 ^a	1,07 ^a
Szafir	0 ^a	19,6 ^b	0 ^a	37,5 ^{ab}	34,4 ^a	42,5 ^b	28,2 ^a	32,1 ^a	39,5 ^b	9,4 ^b	0,9 ^a	1,1 ^a	1,33 ^b	1,07 ^a	1,07 ^a
Oblacińska	0 ^a	3,3 ^b	0 ^a	36,8 ^a	42,2 ^a	41,0 ^a	24,0 ^a	38,1 ^b	36,5 ^b	10,2 ^b	1,8 ^a	1,6 ^a	1,53 ^b	1,11 ^a	1,12 ^a
D. Bótermó	0 ^a	2,1 ^b	0 ^a	38,0 ^{ab}	35,5 ^a	40,4 ^b	26,1 ^a	32,2 ^b	36,7 ^b	10,9 ^b	2,0 ^a	2,1 ^a	1,46 ^b	1,10 ^a	1,10 ^a
Łutówka	0 ^a	5,3 ^b	0 ^a	34,8 ^a	41,1 ^a	38,3 ^{ab}	25,3 ^a	37,2 ^b	33,9 ^b	12,6 ^b	2,2 ^a	3,1 ^a	1,38 ^b	1,10 ^a	1,13 ^a
Sezon 2010 – Season 2010															
Nefris	0 ^a	0,7 ^b	0 ^a	34,3 ^a	39,2 ^b	41,4 ^b	26,3 ^a	35,2 ^b	37,8 ^b	13,1 ^b	2,5 ^a	2,3 ^a	1,30 ^a	1,11 ^a	1,10 ^a
Topas	0 ^a	1,0 ^b	0 ^a	32,9 ^a	46,4 ^c	39,2 ^b	23,0 ^a	39,0 ^c	33,6 ^b	12,2 ^b	4,4 ^a	4,4 ^a	1,43 ^b	1,19 ^a	1,17 ^a
Morina	0 ^a	1,1 ^b	0 ^a	29,8 ^a	40,1 ^b	36,2 ^b	21,9 ^a	34,2 ^b	31,4 ^b	10,8 ^b	6,1 ^a	5,1 ^a	1,36 ^b	1,17 ^a	1,15 ^a
Kelleris 16	0 ^a	0,9 ^b	0 ^a	32,0 ^a	36,9 ^a	39,8 ^a	26,2 ^a	32,9 ^{ab}	37,0 ^b	9,7 ^b	3,4 ^a	3,0 ^a	1,22 ^b	1,12 ^a	1,07 ^a
Szafir	0 ^a	0,7 ^b	0 ^a	31,5 ^a	43,5 ^b	37,7 ^{ab}	23,2 ^a	37,8 ^b	33,2 ^b	9,1 ^b	3,6 ^a	3,1 ^a	1,36 ^b	1,15 ^a	1,14 ^a
Oblacińska	0 ^a	0,6 ^b	0 ^a	34,1 ^a	33,5 ^a	38,7 ^a	22,3 ^a	27,1 ^{ab}	31,9 ^b	14,3 ^b	4,8 ^a	5,6 ^a	1,53 ^b	1,23 ^a	1,21 ^a
D. Bótermó	0 ^a	1,0 ^b	0 ^a	36,2 ^a	36,9 ^a	39,2 ^a	26,0 ^a	30,5 ^{ab}	33,4 ^b	13,7 ^b	5,8 ^a	5,5 ^a	1,39 ^b	1,21 ^a	1,17 ^a
Łutówka	0 ^a	1,3 ^b	0 ^a	32,4 ^a	39,2 ^a	39,9 ^a	23,9 ^a	34,3 ^b	35,5 ^b	13,3 ^b	4,2 ^a	3,9 ^a	1,36 ^b	1,14 ^a	1,12 ^a

S – surowiec świeży/raw material, O.O. – owoce odwadniane/dehydrated fruit, O.S. – owoce suszone/dried fruit.

Średnie oznaczone tą samą literą, w obrębie jednej odmiany i składnika cukrowego, nie różnią się istotnie przy p = 0,05/Means marked the same letter, within one cultivar and one sugar constituent, do not differ significantly at p = 0.05.

Zmiany w czasie suszenia

Suszenie konwekcyjne nie powodowało dalszych zmian proporcji pomiędzy glukozą i fruktozą oraz zawartości sorbitolu (tab. 2). Sacharoza, która wniknęła do owoców w czasie odwadniania, w całości uległa hydrolizie, co najprawdopodobniej wynikało z wysokiej kwasowości tkanki wiśni. Zmiany pozostałych składników cukrowych były relatywnie niewielkie i wahały się od -10 do $+18\%$ (rys. 1B).

Proces suszenia owoców, niezależnie od zastosowanej obróbki wstępnej i metody suszenia powoduje istotne zagęszczenie składników ich tkanki, której sucha substancja w znaczącej części składa się z węglowodanów [Piasecka i in. 2009]. W tabeli 3 podano średnią sumaryczną zawartość składników cukrowych obecnych w miąższu wiśni w kolejnych analizowanych sezonach oraz przeciętny wskaźnik zagęszczenia tkanki, będący następstwem procesu technologicznego. W zależności od sezonu wiśnie suszone, nawet bez poddania obróbce osmotycznej, zawierałyby w swojej masie od 56 do 62% składników cukrowych. Porównując te wartości do rzeczywistej zawartości składników ogółem w wiśniach odwadnianych wstępnie w syropie cukrowym stwierdzono, że ilość cukrów zwiększyła się o 6,8 do 11,0%. Niestety na tę stosunkowo niewielką zmianę ilościową składają się niekorzystne z dietetycznego punktu widzenia zmiany jakościowe. Porównując na podstawie tabeli 2 zmiany zawartości cukrów w surowcu z produktem końcowym (owoce suszone), stwierdzono istotne zmiany składu jakościowego. Z surowca tracony jest sorbitol, alkohol cukrowy o obniżonej kaloryczności i działaniu laksacyjnym – rekomendowany do spożycia w niewielkich ilościach, szczególnie gdy pochodzi z owoców [Grabitske i Slavin 2009], na rzecz znacznego wzrostu zawartości fruktozy, której nadmiar w diecie może niekorzystnie wpływać na przemiany metaboliczne w organizmie człowieka [Johnson i in. 2007].

Tabela 3. Zmiany zawartości składników cukrowych [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m.] w trakcie procesu produkcji wiśniowego suszu osmo-konwekcyjnego w kolejnych sezonach. Średnie i odchylenia standardowe dla ośmiu badanych odmian

Table 3. The changes of total sugar constituents content [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ f.w.] during osmo-convetively dried sour cherries production in successive season. Averages and standard deviations calculated for eight investigated cultivars

Sezon Season	Zawartość składników cukrowych w surowcu [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m.] Total sugar constituents in raw material [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ f.w.]	Wskaźnik zagęszczenia odwadnianej tkanki (1) Concentration ratio of dehydrated tissue (1)	Teoretyczna zawartość cukrów w suszu pochodząca z surowca [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ produktu] Theoretical amounts of sugars in dried material originated from raw material [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Rzeczywista zawartość cukrów w suszu Real sugar content in dried product [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Ilość cukru dodanego Added sugar [%]
2009	94,9 ± 11,5	6,5 ± 1,08	617 ± 35	662 ± 63	6,8 ± 5,5
2010	103,0 ± 11,5	5,4 ± 1,20	558 ± 57	626 ± 65	11,0 ± 4,0

WNIOSKI

1. Proces odwadniania osmotycznego wiśni w 60-procentowym roztworze sacharozy prowadzony przez 1 godzinę w 40°C powodował wzrost zawartości fruktozy (13–91%), przy jednoczesnym znaczącym spadku zawartości sorbitolu (64–85%) w odwadnianej tkance. Zmiany zawartości glukozy nie były jednoznaczne. Niezależnie od odmiany i sezonu zanotowano spadek stosunku zawartości glukozy do fruktozy.

2. Pomimo wykorzystania do odwadniania wiśni roztworu sacharozy, składnik ten w trakcie procesu ulegał hydrolizie, najpóźniej w czasie etapu suszenia konwekcyjnego.

3. Zmiany pozostałych składników cukrowych na etapie suszenia konwekcyjnego były relatywnie niewielkie. W odniesieniu do etapu obróbki wstępnej nie stwierdzono dalszych zmian stosunku glukozy do fruktozy.

4. Chociaż w ogólnym ilościowym bilansie składników cukrowych stwierdzono zaledwie 11-procentowy wzrost ich zawartości w suszu w stosunku do surowca, wykazano jednak znaczące zmiany ich składu jakościowego. Stwierdzono, że odwadnianie osmotyczne niekorzystnie zmienia proporcje pomiędzy składnikami odmiennie postrzeganymi przez dietetyków. Z owoców tracony jest sorbitol (o obniżonej kaloryczności) na rzecz znacznego wzrostu zawartości fruktozy, której nadmierne spożycie nie jest wskazane.

LITERATURA

- Donaldson M.S., 2004. Nutrition and cancer: A review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition J.* 3, 19–30.
- Figiel A., 2013. Kinetyka odwadniania osmotycznego plasterów dyni w zagęszczonym soku z owoców pigwowca. *ZPPNR* 572, 13–21.
- Gibson S., Gunn P., Wittekind A., Cottrell R., 2013. The Effects of Sucrose on Metabolic Health: A Systematic Review of Human Intervention Studies in Healthy Adults. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53(6), 591–614.
- Grabitske H.A., Slavin J.L., 2009. Gastrointestinal effects of low-digestible carbohydrates. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49, 327–360.
- Gündoğdu M., Bilge U., 2012. Determination of organics, phenolics, sugars and vitamin C contents of some cherry cultivars (*Prunus avium*). *Int. J. Agric. Biol.* 14, 595–599.
- Jesionkowska K., 2010. Wykorzystanie technologii odwadniania osmotycznego jako alternatywnej formy zagospodarowania pozbiornego wiśni i czarnej porzeczki. Rozprawa doktorska, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa, Skierniewice, maszynopis.
- Johnson R.J., Segal M.S., Sautin Y., Nakagawa T., Feig D.I., Kang D.H., Gersch M.S., Benner S., Sánchez-Lozada L.G., 2007. Potential role of sugar (fructose) in the epidemic of hypertension, obesity and the metabolic syndrome, diabetes, kidney disease, and cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 86, 899–906.
- Konopacka D., Jesionowska K., Mieszczakowska M., Płocharski W., 2008. The usefulness of natural concentrated fruit juice as osmotic agent for osmo-dehydrated dried fruit production. *J. Fruit Ornament. Plant Res.* XVI, 275–284.
- Konopacka D., Jesionkowska K., Klewicki R., Bonazzi C., 2009. The effect of different osmotic agent on sensory perception of osmo-treated dried fruit. *J. Hortic. Sci. Biotech., ISA-FRUIT* (Special issue), 80–84.

- Kowalska H., Lenart A., 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *J. Food Eng.* 49, 137–140.
- Lenart A., 1996. Osmo-convective drying of fruit and vegetables: technology and application. *Drying Technol.* 31, 315–324.
- Marcotte M., Le Maguer M., 1991. Repartition of water in plant tissues subjected to osmotic processes. *J. Food Process. Eng.* 13, 297–320.
- Nikkhah E., Khayamy M., Heidari R., Jamee R., 2007. Effect of sugar treatment on stability of anthocyanin pigments in berries. *J. Biol. Sci.* 7, 1412–1417.
- Piasecka E., Uczciwek M., Klewicki R., 2009. Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość* 2(63), 138–153.
- Rastogi N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjana K., Knorr D., 2002. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci. Tech.* 13, 48–59.
- Raoult A.L., Lafont F., Rios G., Guilbert S., 1989. Osmotic dehydration: Study of mass transfer in terms of engineering properties. In: *Drying '89* (edited by A.S. Mujumdar & M. Roques), New York: Hemisphere, 487–495.
- Szymczak J.A., Płocharski W., 1999. Wpływ odmiany i technologii na jakość suszu wiśniowego. *Zesz. Nauk. Polit. Łódz.* 821, *Inż. Chem. Proc.* 25, 129–137.
- Ścibisz I., 2011. Wpływ rodzaju i stężenia sacharydów na stabilność barwników antocyjanowych podczas produkcji dżemów. *ZPPNR* 566, 215–224.
- WHO, 2013. WHO European Region Food and Nutrition Action Plan 2015 – 2020. www.observatorio.naos.aesan.msssi.gob.es/docs/docs/documentos/1_2013_food.pdf (data dostępu: 30.09.2014).

THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHANGES OF SUGARS IN SOUR CHERRY FRUIT SUBJECTED TO OSMO-CONVECTIVE DRYING

Summary. Osmotic treatment of plant tissue prior to drying results in a water content reduction that shortens drying time. Simultaneously, the infused osmotic agent modifies the taste profile of the treated tissue. In the case of sour cherries, osmotic dehydration causes an improvement in sensory characteristics, which enables direct consumption of dried product. Among different osmotic agents, sucrose has shown to be one of the most popular, as not only does it display the above characteristic, but additionally has been found to have a protective effect on bioactive compound retention. Unfortunately, recent literature seems to focus on the negative connection between high sugar consumption and the development of chronic diseases. In respect of this, trials have been undertaken to ascertain the precise qualitative and quantitative changes in sugar components provoked by osmotic dehydration in sour cherry tissue during osmo-dried fruit production. Additionally, the proportion between added and native sugar content was calculated.

Fruits of 8 cultivars of sour cherries collected in 2009 and 2010 seasons were subjected to osmotic treatment (60° Brix sucrose solution, 1 hour at 40°C) and then convectively dried for 8 hours (3 m·s⁻¹, 60°C). At each stage of processing (raw material, osmo-treated fruit, dried fruit) the precise analyses of sucrose, glucose, fructose and sorbitol contents were carried with using the HPLC method. Experiments were performed in two technological repetitions for both seasons.

Irrespectively of cultivar and season glucose was quantified as the predominant sugar component accounting for 46–61%. The second abundant was fructose ranging between 34–39%. The sour cherry fruit contained also substantial amount of sorbitol (12–20%). As

it was expected, the applied osmotic dehydration treatment led to significant changes in sugar components pattern. During 1 hour process the fructose contents increased (13–91%), which was associated with simultaneous sorbitol losses (64–85%). At this stage the significant decrease of glucose/fructose ratio was observed. Further convective drying stage hardly affected sugar component composition, excluding losses of small sucrose amounts found in the osmo-treated samples from 2009 season trials. Although 60° Brix sucrose solution was used as the osmotic agent for pre-drying treatment, no sucrose in the final dried fruit products were found.

From the results of the experiments undertaken it can be confirmed that on average, only 11% more sugar was present in dried product than in the raw material form. What must be noted, however, are the substantial changes in singular sugar constituents proportions, especially when it is considered from the dietetic point of view. Irrespectively of season and cultivar investigated, during the process, the sorbitol (known for its reduced caloric content and laxative properties) was drastically lowered, while the fructose amount significantly increased.

Key words: sour cherry (*Prunus cerasus* L.), drying, processing, osmotic pre-treatment