

SKROPLINY Z PRODUKCJI PRZETWORÓW OWOCOWYCH JAKO ŹRÓDŁO ZWIĄZKÓW ZAPACHOWYCH

Joanna Markowska^{a)}, Danuta Kalemba^{b)}, Elżbieta Polak^{a)}

^{a)}Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego,
Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa w Łodzi
Al. Marszałka J. Piłsudskiego 84, 92-202 Łódź

^{b)}Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,
Instytut Podstaw Chemii Żywności,
ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź
joanna.markowska@ibprs.pl

Streszczenie

Celem badań była charakterystyka skroplonych oparów pozyskanych przy produkcji marmolady jabłkowej i powideł śliwkowych z wykorzystaniem doświadczalnego stanowiska badawczego oraz określenie zawartości i składu związków zapachowych zawartych w skroplinach. Całkowita zawartość rozpuszczalnych substancji stałych w produkcie wzrastała wraz z fazą poboru skroplin od 9,4 do 39,2°Brix w przypadku marmolady jabłkowej i od 19,1 do 54,0°Brix dla powideł śliwkowych. Równocześnie odczyn skroplin nieznacznie malał. Zawartość związków lotnych w pierwszej frakcji w obu przypadkach była najwyższa (147 mg/l marmolady i 61 mg/l powideł) w porównaniu do kolejnych faz poboru. Cenne substancje zapachowe, jak γ dekalakton (marmolada) czy undekan-2-on (powidła) występowały w niewielkich ilościach w skroplinach z drugiej fazy poboru, a ich zawartość w odpowiednio 4,1% masowych i 3,7% masowych.

W celu ponownego wykorzystania skroplin w procesach technologicznych należy przeprowadzić analizę ich jakości, pod względem wydajności procesu i zawartości związków aromatycznych.

Słowa kluczowe: owoce, skropliny, związki zapachowe

CONDENSATE FROM THE FRUITS PRODUCTS AS A SOURCE OF FLAVORS COMPOUNDS

Summary

The aim of the study was to characterize condensate fractions obtained from the fruit products using experimental stand for concentration of plant materials. The total soluble solids content of the products increased with the subsequent condensate collection and ranged from 9,4 to 39,2°Brix for apple marmolade and from 19,1 to 54,0°Brix for plum jam. At the same time, pH condensates slightly decreased. Total content of volatile compounds in the first fraction was the highest (147 mg/L of marmolade and 61 mg/L plum jam), and it was much lower in other fractions. Valuable aroma components, such as γ -decalactone (marmalade) or undecan-2-one (plum jam), were present in small amounts in condensate from the second fractions, ie. 4,1 mass percentage and 3,7 mass percentage, respectively.

In order to re-use condensate in technological processes, it is necessary to analyze their quality in terms of process efficiency and content of aromatic compounds.

Keywords: fruits, condensates, aroma components

WSTĘP

Walory zapachowe i organoleptyczne należą do najważniejszych wyróżników produktów spożywczych. Kluczową rolę w określaniu jakości żywności odgrywa stabilność smaku i zapachu warunkowana m. in. przez lotne związki zapachowe. Związki zapachowe należą do różnych klas chemicznych i są reprezentowane przez związki alifatyczne, acykliczne i aromatyczne. Zapach związku zależy od budowy łańcucha lub pierścienia węglowego, oraz obecności wiązań nienasyconych. Największy wpływ na zapach ma obecność i rodzaj grup funkcyjnych zwanych osmoforowymi [Mitka, Staryńska 2012]. Osmofory wywołujące przyjemne wrażenia zapachowe stanowią grupy: hydroksylowa, eterowa, aldehydowa, estrowa i ketonowa, zaś zapachy nieprzyjemne, grupy: tiolowa (merkaptanowa), tioeterowa, tioformylowa, tiokarbonylowa i aminowa. Zmysł zapachu i proces recepcji bodźców zapachowych jest niezwykle złożony. Często wśród kilkudziesięciu związków występuje jeden o zapachu, który dominuje w bukietcie zapachowym badanej próbki [Delahunty i in. 2006].

Aromat gotowej potrawy jest wynikiem złożonego współdziałania surowców oraz stosowanych metod i procesów technologicznych [Savic, Savic 1996; Karwowska, Wilczyńska 1993; Karwowska, Wilczyńska 1993a]. Stosowane dodatki, jak np. przyprawy

lub produkty ich przemian, wchodzą w reakcje ze składnikami żywności, obniżając przy tym prężność par lotnych substancji zapachowych powstałych nad ich powierzchnią i ostatecznie kształtują wrażenia zapachowe odczuwane przez konsumenta [Leland 1997].

Udział przetwórstwa owocowo-warzywnego w wartości produkcji sprzedanej artykułów spożywczych w Polsce w 2016 r. wynosił 7,9% [Przetwórstwo owoców i warzyw 2017]. Produkcja w kategorii wyrobów spożywczych: marmolada, powidła i dżemy w roku 2016 wynosiła 117 tys. ton [GUS 2016]. Polacy rocznie wydają na dżemy, powidła, konfitury i marmolady 370-390 mln zł. Liderem na rynku wg preferencji konsumenckich są dżemy: truskawkowy, wiśniowy i z czarnej porzeczki oraz powidła śliwkowe. Zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2003 r w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej dżemów, konfitur, galaretek, marmolad, powideł śliwkowych oraz słodzonego przecieru z kasztanów jadalnych (Dz. U. poz. 1398 oraz z 2004 r. poz. 662 oraz z 2017 poz.1944) ilość owoców wymagana do wytworzenia 100 g dżemu powinna wynosić nie mniej niż 35 g. Dla dżemów z czerwonych i czarnych porzeczek, rokitnika, owoców jarzębiny, pigwy czy dzikiej róży, wymagana ilość owoców wynosi od 25 g do 35 g. na 100 g produktu Marmolady twarde sporządzone powinny być z minimum 110 g owoców na 100 g produktu, a miękkie z minimum 80 g owoców na 100 g. Natomiast marmolady z owoców cytrusowych mogą być sporządzone z minimum 20 g owoców na 100 g produktu. Powidła muszą być sporządzone z minimum 160 g owoców na 100 g gotowego produktu. Technologia produkcji w/w wyrobów wymaga obróbki termicznej wsadu, której towarzyszy uwalnianie się z owoców związków zapachowych, często bardzo intensywnie wyczuwalnych w otoczeniu. Nowością na rynku jest opracowany uniwersalny aparat wyparny z możliwością odzysku aromatu zawartego w skroplinach, które mogą być wykorzystane jako zamiennik wody i stanowić zarazem nośnik naturalnych substancji zapachowych [Bieńczak i in. 2018; Markowska i in. 2018; Bieńczak i in. 2017]. Dla przykładu, roztwory wodne towarzyszące produkcji olejków eterycznych, hydrolaty, stosuje się zamiast wody, jako surowiec w produkcji kosmetyków oraz jako dodatek kulinarny do zup, lodów lub napojów. Podobne zastosowanie mogłyby znaleźć skropliny z produkcji przetworów z truskawek czy pomidorów [Bieńczak i in. 2018; Markowska i in.2018; Bieńczak i in. 2017].

Celem badań była charakterystyka skroplonych oparów i skład związków zapachowych w nich zawartych, pozyskanych przy produkcji marmolady jabłkowej i powideł śliwkowych z wykorzystaniem doświadczalnego stanowiska badawczego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Wykorzystane do analiz skroplone opary (skropliny) pobrane zostały w czasie trwania produkcji marmolady jabłkowej i powideł śliwkowych, na stanowisku badawczym do zagęszczania i pobierania skroplin, opracowanym i zbudowanym w FMS Spomasz Pleszew S.A. [Bieńczak i in. 2017].

Mrożone owoce, w postaci kostki (jabłka, o temp. $-2,3^{\circ}\text{C}$) lub połówki (śliwki, o temp. $-19,3^{\circ}\text{C}$), były dozowane porcjami do komory grzewczej reaktora. Do owoców dodano cukier w ilości przewidzianej recepturą. Proces zagęszczania odbywał się poprzez gotowanie z użyciem nasyconej pary wodnej. Masa uzyskanych powideł wyniosła 24 kg, przy zawartości ekstraktu ok. 54-55 °Brix, a w przypadku marmolady jabłkowej odpowiednio: 27,8 kg i ok. 39,2°Brix.

W czasie trwania procesu technologicznego wytypowano doświadczalnie 4 etapy w którym następowało odparowanie wody ze wsadu, na poziomie odpowiednio: 25%; 50%; 75% oraz 100% przy zagęszczeniu produktu na poziomie podanym w tabeli 1. Z każdej fazy zagęszczania procesu technologicznego dokonano poboru skroplin (tabela 1). Próbki oznaczono odpowiednio: MJ-1, MJ-2, MJ-3 i MJ-4 dla marmolady jabłkowej i PS-1, PS-2, PS-3 i PS-4 dla powideł śliwkowych.

W produkcie określono zawartości ekstraktu ogólnego (refraktometr RFM330+ firmy Bellingham and Stanley (Anglia)), a w skroplinach pH (pehametr Buckman 32 firmy Beckman Coulter USA). Oznaczono zawartości związków lotnych (ZL) z poszczególnych faz poboru skroplin o objętości 200 ml, które ekstrahowano trzykrotnie, chlorkiem metylenu po 50 ml. Połączone frakcje suszono siarczanem (VI) magnezu i po odsączeniu środka suszącego zatężono na wyparce do stałej masy.

Badania składu ZL prowadzono metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową (GC-MS) zgodnie z metodyką przedstawioną we wcześniejszych publikacjach autorów [Bieńczak i in. 2018, Bieńczak i in. 2017].

WYNIKI I DYSKUSJA

W trakcie całego procesu technologicznego odparowano razem ok. 16 l skroplin przy produkcji powideł śliwkowych i ok. 19 l przy produkcji marmolady jabłkowej (tabela 1). Pozyskana ilość skroplin w przypadku obu tych procesów była zdecydowanie mniejsza niż w przypadku procesów technologicznych produkcji dżemu truskawkowego [Bieńczak i in.

2017] czy koncentratu pomidorowego [Markowska i in. 2018]. Ilość odbieranych skroplonych oparów była największa w fazie pierwszej poboru, w procesie produkcji powideł i w fazie drugiej w przypadku produkcji marmolady.

Tabela 1. Charakterystyka poszczególnych frakcji skroplin

Characteristics of particular condensate fraction

Faza poboru <i>Condensate fraction</i>	Objętość skroplin [l] <i>Total volume of condensates</i> [L]	Zawartość ekstraktu w produkcie ± SD (n=2) [°Brix] <i>Total soluble solids of product ± SD (n=2)</i> [°Brix]	pH skroplin ± SD <i>pH of condensates ± SD</i>
Marmolada jabłkowa <i>Apple marmalade</i>			
MJ-1	4,00	9,4 ± 0,2	6,61 ± 0,03
MJ-2	7,50	13,3 ± 0,3	6,61 ± 0,03
MJ-3	4,00	15,1 ± 0,2	6,35 ± 0,02
MJ-4	3,10	39,2 ± 0,2	6,26 ± 0,01
Powidła śliwkowe <i>Plum jam</i>			
PS-1	8,10	19,1 ± 0,3	7,78 ± 0,03
PS-2	4,15	25,1 ± 0,3	6,70 ± 0,02
PS-3	0,65	34,3 ± 0,1	6,58 ± 0,03
PS-4	3,20	54,0 ± 0,2	6,63 ± 0,02

Zawartość ekstraktu ogólnego produktu wzrastała w kolejnych etapach poboru, przy malejącej wartości pH skroplin.

W analizowanych frakcjach skroplin wykazano zróżnicowaną zawartość związków lotnych, która w przypadku obu produktów była najwyższa dla pierwszej fazy poboru skroplin (tabela 2). Ilość ZL znacznie malała w kolejnych frakcjach. Podobne tendencje uzyskano dla skroplin z poszczególnych faz poboru z procesów technologicznych produkcji dżemu truskawkowego [Bieńczak i in. 2017] i koncentratu pomidorowego [Markowska i in. 2018].

Tabela 2. Zawartość związków lotnych we frakcjach skroplin

Content of volatile compounds in the condensate fractions

Faza poboru <i>fraction</i>	Zawartość ogółem [mg/l] <i>total content [mg/L]</i>
Marmolada jabłkowa <i>Apple marmalade</i>	
MJ-1	147
MJ-2	42
MJ-3	29
MJ-4	50
Powidła śliwkowe <i>Plum jam</i>	
PS-1	61
PS-2	20
PS-3	20
PS-4	20

Zawartość i charakterystykę związków aromatycznych skroplin pobranych z poszczególnych etapów procesu produkcji wyrobów owocowych przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Skład związków lotnych frakcji skroplin przy produkcji wyrobów owocowych
Composition of volatile compounds contained in condensate fraction from the production of fruit products

Składnik <i>Component</i>	Faza poboru [%] <i>Fraction [%]</i>			
	Marmolada jabłkowa <i>Apple marmalade</i>			
	MJ-1	MJ-2	MJ-3	MJ-4
Butanol	1,0	0,6	-	-
Heksanol	3,7	2,6	-	-
α -Terpineol	2,5	1,1	-	-
Alkohol benzylowy	-	2,6	1,0	3,8
2-Etylocykloheksanol	-	-	4,7	7,0
Benzotiazol	2,5	3,3	1,8	5,1
Okt-1-en-3-ol	-	-	17,8	45,0
Oktano-1,3-diol	4,5	20,2	-	-
Triacetyna	-	-	3,9	4,2
γ -Dekalakton	-	4,1	0,5	1,0
Adypinian bis(2-etyloheksylu)	4,5	3,8	4,0	-
Alkany C20-C30	10,0			
	Powidła śliwkowe <i>Plum jam</i>			
	PS-1	PS-2	PS-3	PS-4
Undekan-2-on	-	3,7	-	-
Benzotiazol	9,8	8,2	5,5	5,1
Triacetyna	-	5,9	2,1	7,9
Adypinian bis(2-etyloheksylu)	9,9	-	-	-
Alkany C20-C30	20,0			

Skropliny pozyskane przy produkcji marmolady jabłkowej i powideł śliwkowych są znacznie uboższe w składniki aromatyczne niż skropliny pozyskane przy produkcji dżemu truskawkowego [Bieńczyk i in. 2017]. Skład związków zapachowych poszczególnych frakcji skroplin każdego rodzaju był bardzo zróżnicowany (tabela 3). Wspólnymi składnikami zidentyfikowanymi w obu rodzajach skroplin były benzotiazol i triacetyna. Benzotiazole są składnikiem wielu naturalnych produktów, biocydów, leków, aromatów spożywczych i chemikaliów przemysłowych [Ballavia i in. 2000]. W skroplinach z pierwszej fazy poboru dominowały alkany C20-C30, stanowiące ponad 20% (powidła śliwkowe) i 10% (marmolada jabłkowa).

Aromat silnie określa smak, który jest jedną z najważniejszych i najbardziej charakterystycznych cech jabłek [Pérez i in. 2008]. Mimo iż w jabłku zostało zidentyfikowanych ok. 300 lotnych związków aromatycznych [Forney 2009; Paillard 1990; Dimick i in. 1983], tylko kilka z nich w znacznym stopniu przyczynia się do aromatu owocowego. Należą do nich: estry, alkohole, aldehydy, ketony i eter [Dimick i in. 1983].

Biosynteza związków aromatycznych jabłek obejmuje szlaki metaboliczne, w których głównymi prekursorami są tłuszcze i aminokwasy, a głównymi produktami są aldehydy, alkohole i estry. Aldehydy przeważają w niedojrzałych jabłkach, ale ich zawartość spada wraz z dojrzewaniem owoców, okresem, w którym wzrasta stężenie alkoholi i estrów, które są głównymi lotnymi związkami dojrzałych jabłek [Kakiuch i in. 1986; Flath i in. 1967]. Do enzymów mających kluczowe znaczenie przy wytwarzaniu lotnych związków jabłek należą lipooksygenaza, dehydrogenaza alkoholowa i acylotransferaza alkoholowa. Skład i stężenie substancji lotnych w jabłkach mogą być zmienne [Espino-Díaz 2016]. Podczas gdy smak jest głównie określany przez cukry i kwasy organiczne, aromat jest złożoną mieszaniną wielu lotnych związków, których skład jest specyficzny dla gatunku i często dla odmiany, a niekiedy okresu zbioru owoców [Perez i in. 2008; Holland i in. 2005; López i in. 1998; Sanz i in. 1997; Cunningham i in. 1986].

Głównym składnikiem skroplin jabłkowych z dwóch ostatnich faz poboru MJ-3 i MJ-4 był okt-1-en-3-ol, stanowiący 45% związków lotnych czwartej fazy (tabela 3). Okt-1-en-3-ol jest jednym ze składników aromatu grzybowego, a jego enancjomer R-(-)-okt-1-en-3-ol, odpowiedzialny za typowo grzybowy zapach, może znaleźć zastosowanie w przemyśle spożywczym jako aromat grzybowy [Zawirska-Wojtasiak 2004]. W dwóch pierwszych fazach poboru wśród związków lotnych dominował oktano-1,3-diol, stosowany jako związek zapachowy i konserwant w żywności i kosmetykach [Kralj i in. 2014; Beuerle, Schwab 1999; Beuerle, Schwab 1997; Beuerle, Schwab 1997a].

Skropliny pochodzące z drugiej fazy poboru przy produkcji marmolady jabłkowej zawierały γ -dekalakton, lakton o brzoskwiniowym, słodkim zapachu. Związek ten stanowił dominujący składnik skroplin pozyskanych przy produkcji dżemu truskawkowego [Bieńczak i in. 2017]. Prawdopodobnie słodki zapach jest wynikiem reakcji Maillarda zachodzących podczas gotowania owoców w czasie trwającego procesu technologicznego. Interakcja między słodkim uczuciem i zapachem jest dobrze udokumentowanym zjawiskiem [Djordjevic i in. 2004]. Zjawisko to znane jest jako wywołane przez zapach wzmocnienie percepcji smaku. Badania pomidorów i truskawek uwydatniły wpływ związków lotnych na postrzeganie intensywności słodkości tych owoców [Schwieterman i in. 2014; Baldwin i in. 1998].

Skład aromatu świeżych śliwek, zależny od odmiany, współtworzą octany nasyconych i nienasyconych alkoholi C3-C6 oraz alkoholi i aldehydów C6-C10 [Pino, Quijano 2012]. Jednakże żaden z tych bardzo lotnych związków nie został identyfikowalny w analizowanych skroplinach. Obróbka termiczna często powoduje modyfikacje oryginalnych składników, w kierunku powstawania nowych związków smakowych i zapachowych, a jednym z nich jest benzotiazol, obecny we wszystkich frakcjach skroplin śliwkowych.

We frakcjach, pozyskanych zarówno przy produkcji marmolady jabłkowej, jak i powideł śliwkowych, w znacznej zawartości występowały związki, które z punktu widzenia właściwości zapachowych skroplin należy traktować jako balastowe (frakcje MJ1, PS1, PS3 i PS4). Były to, poza węglowodorami alifatycznymi, m. in. związki o niskiej lotności, jak adypinian bis(2-etyloheksylu).

Skropliny pozyskane podczas zagęszczania owoców w czasie produkcji marmolady jabłkowej i powideł śliwkowych zawierały znikomą część związków lotnych owoców, w postaci rozpuszczonej i/lub zawieszanej w wodzie. Najbardziej charakterystyczne dla obu surowców składniki aromatu nie były obecne w skroplinach, co było wynikiem wysokiej lotności i częściowej rozpuszczalności w wodzie tych związków oraz parametrów procesu technologicznego. Mimo zawartości związków lotnych, skropliny jabłkowe i śliwkowe wykazują niewielką wartość technologiczną, w odróżnieniu od skroplin uzyskanych przy produkcji dżemu truskawkowego [Bieńczak i in. 2017] i przecieru pomidorowego [Markowska i in. 2018].

WNIOSKI

Przeprowadzone badania wskazują, że skroplone opary uzyskane w procesach technologicznych nie zawsze nadają się do ponownego wykorzystania. W każdym przypadku

konieczna jest analiza jakości skroplin, nie tylko pod względem ilości, ale zawartości w nich związków aromatycznych, jako potencjalnego zamiennika wody i źródła aromatu przy ponownym zastosowaniu w procesach produkcji wyrobów owocowo-warzywnych.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Agacie Bieńczak z PIMR w Poznaniu, Lilianie Rak-Urbaniak, Albinowi Pera i Andrzejowi Bartczakowi z FMS Spomasz Pleszew za przygotowanie skroplin z wykorzystaniem stanowiska badawczego do zagęszczania produktów i poboru skroplin (stanowisko wykonano w ramach projektu dofinansowanego przez NCBiR nr umowy PBS3/B6/32/2015).

PIŚMIENNICTWO

1. Baldwin E.A., Scott J.W., Einstein M.A., Malundo T.M.M., Carr B.T., Shewfelt R.L., Tandon K.S. (1998). Relationship between Sensory and Instrumental Analysis for Tomato Flavor. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 123, 906–915
2. Bellavia V., Natangelo M., Fanelli R., Rotilio D. (2000). Analysis of benzothiazole in italian wines using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 48 (4), 1239–1242
3. Beuerle T., Schwab W. (1999). Biosynthesis of R-(+)-octane-1,3-diol. Crucial role of β -oxidation in the enantioselective generation of 1,3-diols in stored apples. *Lipids*, 34, 617-625
4. Beuerle T., Schwab W. (1997). Biosynthesis of octane-1,3-diol and its derivatives from pear fruits. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 215, 215-217
5. Beuerle T., Schwab W. (1997a). Octane-1,3-diol in apple fruit. *Phytochemistry*, 45, 1153-1155
6. Bieńczak A., Markowska J., Polak E., Bieńczak K., Sydow Z., Rak-Urbaniak L. (2018). Wpływ procesu produkcyjnego na jakość dżemu truskawkowego. *Przem. Chem.*, 5, 1000-1003
7. Bieńczak K., Markowska J., Polak E., Bieńczak A., Kalemba D., Rak-Urbaniak L., Pera A., Bartczak A. (2017). Skropliny z procesu produkcji dżemu truskawkowego jako źródło związków aromatycznych. *Przem. Chem.*, 10, 2111-2115
8. Cunningham D.G., Acree T.E., Barnard I., Butts R.M., Braell P.A. (1986). Charm analysis of apple volatiles. *Food Chem.*, 19, 137–47

9. Delahunty CM, Eyres G, Dufour JP. (2006). Gas chromatography-olfactometry. *J. Sep. Sci.*, 29(14), 2107-25
10. Dimick P S, Hoskin JC, Acree TE. (1983). Review of apple flavor—state of the art. *CRC Crit Rev Food Sci.*, 18, 387–409
11. Djordjevic J, Zatorre RJ, Jones-Gotman M. (2004). Odor-induced changes in taste perception. *Exp. Brain Res.*, 159, 405–408
12. Espino-Díaz M., Sepúlveda D.R., González-Aguilar G., Olivas G. I. (2016). Biochemistry of apple aroma. *Food Technol. Biotechnol.*, 54 (4), 375–394
13. Flath R.A., Black D.R., Guadagni D.G., McFadden W.H., Schultz T.H. (1967). Identification and organoleptic evaluation of compounds in Delicious apple essence. *J. Agric. Food Chem.*, 15, 29–35
14. Forney C.F. (2009). Postharvest issues in blueberry and cranberry and methods to improve market-life. *Acta Hortic.*, 810, 785–98
15. GUS (2016) Produkcja i handel zagraniczny produktami rolnymi w 2016 r., Warszawa
16. Holland D, Larkov O, Bar-Ya'akov I, Bar E, Zax A, Brandeis E, Ravid U, Lewinsohn E. (2005). Developmental and varietal differences in volatile ester formation and acetyl-CoA: alcohol acetyl transferase activities in apple (*Malus domestica* Borkh.) fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 7198–7203
17. Kakiuch N., Moriguchi S., Fukuda H., Ichimura N., Kato Y., Banba Y. (1986). Composition of volatile compounds of apple fruits in relation to cultivars. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 55, 280–289
18. Karwowska K., Wilczyńska G. (1993). Określenie współdziałania niektórych roślinnych ekstraktów smakowo zapachowych z białkiem soi w podstawowych procesach termicznych Część I. Badania sensoryczne. *Pr. Inst. Labor. Bad. Przem. Spoż.*, 48, 58-68
19. Karwowska K., Wilczyńska G. (1993a). Określenie współdziałania niektórych roślinnych ekstraktów smakowo zapachowych z białkiem soi w podstawowych procesach termicznych Część II. Zastosowanie chromatografii gazowej do określenia współdziałania ekstraktów przypraw naturalnych z białkiem sojowym. *Pr. Inst. Labor. Bad. Przem. Spoż.*, 48, 69-90
20. Kralj M.B., Jug T., Komel E., Fajt N., Jarni K., Živković J., Mujčić I. (2014). Aromatic compound in different peach cultivars and effect of preservatives on the final aroma of cooked fruits. *Hem. Ind.*, 68 (6), 767–779
21. Leland JV. (1997). Flavor interactions: The greater whole. *Food Technol.*, 51 (1), 75-80

22. López ML, Lavilla MT, Riba M, Vendrell M. (1998). Comparison of volatile compounds in two seasons in apples: Golden Delicious and Granny Smith. *J. Food Quality.*, 21, 155–166
23. Markowska J, Kalemba D, Polak E. (2018). Skropliny z produkcji koncentratu pomidorowego jako źródło związków zapachowych. *Post. Nauki Technol. Przem. Rol.-Spoż.*, 73(1), 32-43
24. Mitka K, Staryńska J. (2012). Synteza związków zapachowych- pochodnych aldehydów, *Czasopismo Techniczne Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej*, 109, 135-148
25. Paillard NMM. (1990). The flavour of apples, pears and quinces. In: Morton IE, Macleod AJ, editors. *Food Flavours, Part C. The flavour of fruits*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science., 1–41
26. Pino J.A., Quijano C.E. (2012). Study of the volatile compounds from plum (*Prunus domestica* L. cv. Horvin) and estimation of their contribution to the fruit aroma. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas., 32(1),76-83
27. Pérez AG, Sanz C. (2008). Formation of fruit flavour. In: Brückner B, Wyllie SG, editors. *Fruit and vegetable flavour*. Boca Raton FL, USA: CRC Press, 71–102
28. Przetwórstwo owoców i warzyw (2017). Departament Analiz Ekonomicznych, http://media.pkobp.pl/media_files/c58561d1-0007-40a0-9999-65973129b243.pdf
29. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2003 r w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej dżemów, konfitur, galaretek, marmolad, powideł śliwkowych oraz słodzonego przecieru z kasztanów jadalnych. (Dz. U. poz. 1398 oraz z 2004 r. poz. 662 oraz z 2017 poz.1944)
30. Sanz C, Olías J.M, Pérez A.G. (1997). Aroma biochemistry of fruits and vegetables. In: Tomás Barberán FA, Robins RJ, editors. *Phytochemistry of fruits and vegetables*. Oxford, UK: Clarendon Press; 125–255
31. Savic I., Savic Z. (1996). Wunstendaroma-ein kompliziertes Wechselspiel von Ingredientin, Herstellungsverfahren und Gewürzmischungen, *Fleischwirtschaft*, 76 (8), 780-792
32. Schwieterman ML, Colquhoun TA, Jaworski EA, Bartoshuk LM, Gilbert JL, Tieman DM, et al. (2014). Strawberry Flavor: Diverse Chemical Compositions, a Seasonal Influence, and Effects on Sensory Perception. *PLoS ONE*, 9(2), 88446
33. Zawirska-Wojtasiak R., (2004). Optical purity of (R)-(-)-1-octen-3-ol in aroma of various species of edible mushrooms. *Food Chem.*, 86, 113-118