

JAN OSZMIĄŃSKI, ANETA WOJDYŁO, PAWEŁ MATUSZEWSKI

## ZMIANY ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH PODCZAS PRODUKCJI ZAGĘSZCZONEGO SOKU TRUSKAWKOWEGO W WARUNKACH PRZEMYSŁOWYCH

### Streszczenie

Celem badań była ocena zmian zawartości związków fenolowych podczas produkcji zagęszczonego soku truskawkowego w warunkach przemysłowych na poszczególnych etapach procesu technologicznego.

Badaniom poddano surowiec, soki po tłoczeniu, klarowaniu oraz zagęszczaniu, oznaczając zawartość związków fenolowych, w tym polimery procyjanidyn metodą chromatografii cieczowej. Próbki z linii technologicznej Zakładu Owocowo-Warzywnego „AGRICO” w Kluczkowicach pobierano w 2005 roku, w ciągu 2-tygodniowej produkcji zagęszczonego soku truskawkowego.

W próbkach zidentyfikowano pochodne kwasu *p*-kumarowego, elagowego, galusowgo, kwercetyny, kempferolu oraz (+)-katechinę i proantocyjanidyny. Spośród antocyjanów oznaczono pochodne pelargonidyny i cyjanidyny. Wykazano duże zróżnicowanie zawartości związków fenolowych w truskawkach w czasie dwutygodniowej produkcji zagęszczonego soku. Ogólna ich ilość w surowcu wynosiła od 1970,5 do 3390,3 mg/kg, w tym największy udział stanowiły proantocyjanidyny od 1417,5 do 2751,8 mg/kg. W porównaniu z surowcem w soku po tłoczeniu ilość tych związków była mniejsza około 5-krotnie. Proantocyjanidyny są związane z nierozpuszczalnymi polisacharydami ścian komórkowych i w dużym stopniu pozostają w wyciekach. Różnice zawartości pozostałych związków fenolowych w truskawkach i soku były znacznie mniejsze. Dalsze etapy produkcji tj. klarowanie oraz zagęszczanie wpłynęło w znacznie mniejszym stopniu na straty związków polifenolowych. W soku truskawkowym w wyniku procesu klarowania stwierdzono zmniejszenie zawartości związków fenolowych o około 17%, a w wyniku procesu zagęszczania tylko o 5%.

Proantocyjanidyny truskawek są najbardziej cennymi związkami tego surowca, które jednak są najbardziej tracone w procesie produkcji klarownych soków. Zasadniczym etapem w produkcji zagęszczonego klarownego soku truskawkowego, na którym traci się najwięcej polifenoli jest tłoczenie soku. W mniejszym stopniu związki te ulegają degradacji podczas procesu klarowania oraz podczas zagęszczania soku.

**Słowa kluczowe:** truskawki (*Fragaria x ananasa*), zagęszczony sok truskawkowy, związki polifenolowe

## Wstęp

Wzrasta zainteresowanie żywnością prozdrowotną o maksymalnie zachowanych naturalnych składnikach odżywczych korzystnych dla zdrowia konsumentów. Dotychczas w doskonaleniu procesów technologicznych, np. w produkcji zagęszczonych soków owocowych, zwracano głównie uwagę na poprawę barwy i klarowności. Zagęszczony sok owocowy otrzymywany jest ze świeżych lub mrożonych owoców, bez dodatków i konserwantów chemicznych, najczęściej przez odparowanie wody w wyparkach próżniowych, przy jednoczesnym wychwyceniu i skoncentrowaniu substancji aromatycznych. Końcowy stopień zagęszczenia jest zwykle 5- lub 7-krotny, a ekstrakt półkoncentratu wynosi 30%, natomiast koncentratu 70%. Zagęszczone soki przechowywane w temp. 4°C są trwałe bez stosowania konserwantów chemicznych. Są one półproduktami do wytwarzania (odtwarzania) pitnych soków owocowych nektarów i napoi [5].

Usunięcie części wody zmniejsza masę soku surowego, w związku z tym łatwiejsze i tańsze jest jego magazynowanie, przechowywanie i transportowanie. O dobrej wartości odżywczej zagęszczonych soków owocowych decydują: korzystne cechy smakowo-zapachowe, typowa, naturalna barwa charakterystyczna dla danego surowca, pełna klarowność oraz stabilność mikrobiologiczna. Ważny wpływ na jakość przechowywalną zagęszczonych soków ma także sposób produkcji oraz warunki koncentracji [7].

W Polsce dominującym surowcem wykorzystywanym do produkcji soków zagęszczonych są jabłka, w mniejszym stopniu inne owoce np. truskawki. Nadwyżki tego popularnego w naszym kraju deserowego i stosowanego głównie do produkcji mrożonek surowca są ostatnio wykorzystywane także do otrzymywania soków zagęszczonych. Owoce truskawek (*Fragaria x ananasa*) są cenne ze względu na atrakcyjny smak, barwę, zapach oraz zawartość substancji bioaktywnych pełniących rolę w procesach fizjologicznych.

Do najważniejszych bioaktywnych składników truskawek należy zaliczyć fenolkwasy (kwas elagowy, *p*-kumarowy i galusowy) i flawonoidy (flawonole – kwercetyna, kampferol), proantocyjanidyny i antocyjany (pelargonidyny i cyjanidyny) [13, 18]. Dzięki tym związkom owoce te mają właściwości antykancerogenne, przeciwutleniające, przeciwzakrzepowe, immunomodulujące, przeciwzapalne, regulujące ciśnienie krwi oraz poziom cholesterolu [4, 6, 11, 12, 16].

Zawartość tych substancji w gotowym produkcie zależy od ich ilości w surowcu i strat spowodowanych procesem technologicznym. W procesie przetwarzania truskawek na klarowne, zagęszczone soki działanie temperatury w czasie rozparzania miazgi, zagęszczania czy pasteryzacji może w różnym stopniu spowodować stratę cennych składników surowca. Dodatkowo enzymacja miazgi, tłoczenie i klarowanie

soku także może oddziaływać na ilość składników biologicznie czynnych w gotowym produkcie.

Celem niniejszych badań była ocena zawartości związków fenolowych w surowcu oraz ich zmian na poszczególnych etapach procesu technologicznego w produkcji zagęszczonego soku truskawkowego w warunkach przemysłowych.

### **Material i metody badań**

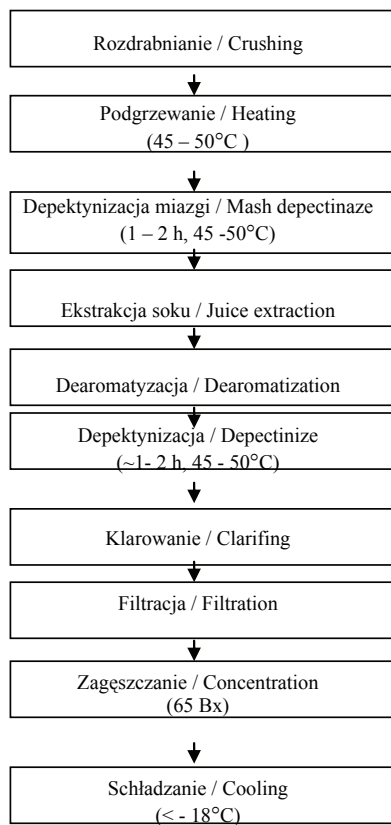
Surowcem do badań były owoce truskawek stosowane do produkcji zagęszczonego soku w sezonie 2005 na linii technologicznej Zakładu Owocowo-Warzywnego „AGRICO” w Kluczkowicach. Losowo pobierano próbki surowca, soku po tłoczeniu, klarowaniu oraz zagęszczaniu w ciągu 2-tygodniowej produkcji zagęszczonego soku truskawkowego. Próbki natychmiast zamrażano i przechowywano w stanie zamrożonym do czasu wykonywania analiz.

#### *Produkcja zagęszczonego soku truskawkowego*

Schemat procesu produkcji zagęszczonego soku truskawkowego w Zakładzie w Kluczkowicach przedstawiono na rys. 1.

Zebrane owoce truskawek rozgniatano do półpłynnego medium w gniotownikach, następnie podgrzewano przeponowo do temp. 45 - 50°C w wymiennikach rurowych. W przepływie do miazgi dodawano roztwór enzymów pektynolitycznych, a następnie w zbiornikach technologicznych przez 1- 2 h prowadzono depektynizację miazgi. Sok tłoczono w prasie HPX 5005i firmy Bücher-Guyer i poddawano dalszej obróbce. Wytloki po tłoczeniu stanowiły odpad produkcyjny. Otrzymany w wyniku tłoczenia sok mętny poddawano procesowi dearomatyzacji. Po dearomatyzacji sok schładzano do temp. około 50°C i poddawano obróbce enzymami pektynolitycznymi celem hydrolizy związków pektynowych i ułatwienia procesu klarowania. Jako substancje pomocnicze stosowano dodatek bentonitu, żelatynę i zol kwasu krzemowego. Po 2 h sedimentacji sok filtrowano przez filtr z użyciem ziemi okrzemkowej i perlitu, a następnie poddawano ultrafiltracji w celu uzyskania pożądanego poziomu klarowności. Otrzymany klarowny sok zagęszczano w wielodziałowej instalacji wyparnej firmy Wiegand, pracującej pod obniżonym ciśnieniem, do 65 Bx. Zagęszczony sok wstępnie schładzano do temp. poniżej 5°C, a następnie w opakowaniach jednostkowych niezwłocznie doprowadzano do temp. -18°C i w tej temperaturze przekazywano do dalszego przechowywania.

Podczas procesu technologicznego pobierano próbki do analizy zawartości związków fenolowych po procesie tłoczenia, klarowania oraz w uzyskanym zagęszczonym soku truskawkowym.



Rys 1. Schemat produkcji zagęszczonego soku truskawkowego.

Fig. 1. Scheme of the production of strawberry concentrates.

Zawartość poszczególnych związków fenolowych [15], w tym polimerów proantocyjanidyn oznaczano techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej [9].

#### *Analiza związków fenolowych metodą chromatografii cieczowej*

Średnią próbkę 25 g truskawek po rozmrożeniu 3-krotnie ekstrahowano 80% roztworem wodnym metanolu do uzyskania 100 ml wyciągu. W czasie ekstrakcji próbki poddawano działaniu ultradźwięków w ciągu 15 min w łaźni ultradźwiękowej. Próbkę sączono przez lejek Schotta G4 i odwirowywano dwukrotnie po 10 min przy 14 tys. obr./min w wirówce laboratoryjnej. Tak przygotowany wyciąg oraz soki i koncentraty po odpowiednim rozcieńczeniu do ekstraktu soku przed zagęszczaniem po odwirowaniu podawano do analizy techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC).

Analizę związków fenolowych prowadzono w aparacie firmy Merck-Hitachi L-7455 z diode array detektorem (DAD) i z użyciem czteroskładnikowej pompy L-7100

wyposażonej w system kontroli D-7000 HSM Multisolvent Delivery System (Merck-Hitachi, Tokio, Japonia). Rozdział prowadzono w kolumnie Synergi Fusion RP-80A 150 x 4,6 mm (4  $\mu\text{m}$ ) Phenomenex (Torrance, CA USA), kolumnę termostatowano w temp. 30°C. Jako fazę ruchomą stosowano roztwór A (4,5% kwas mrówkowy) i roztwór B (acetonitryl). Program gradientu był następujący: liniowo od 0% B do 25% B w ciągu 36 min, następnie kolumnę przemywano i równoważono roztworem 100% A. Przepływ fazy ciekłej wynosił 1 ml·min<sup>-1</sup>, detekcję prowadzono przy czterech długościach fali: flawanole - 280 nm, kwas p-kumarowy - 320 nm, flawonole i kwas elagowy - 360 nm oraz antocyjany - 510 nm. Do identyfikacji związków porównywano czas retencji i widma z Photo Diode Array (PAD) detektora analizowanych związków i wzorców w zakresie 200 – 600 nm.

Dodatkowo prowadzono hydrolizę enzymatyczną glikozydów flawonoli w roztworze buforu kwasu cytrynowego o pH 5. Stosowano specyficzne enzymy:  $\beta$ -glukozydazę,  $\beta$ -ksylozydazę,  $\beta$ -galaktozydazę i  $\beta$ -hesperydazę (Sigma, Steinheim, Niemcy). Zanik pojedynczych pików na chromatogramie wskazywał na zidentyfikowany związek. Analizę wykonywano po 1 h inkubacji w temp. 38°C ze specyficznym enzymem. Ilościowe oznaczenia wykonywano z krzywych wzorcowych sporządzonych z odpowiednich standardów: kwasu p-kumarowego, (+)katechiny, glikozydu kwercyiny i pelargonidyny firmy (Extrasynthese Francja).

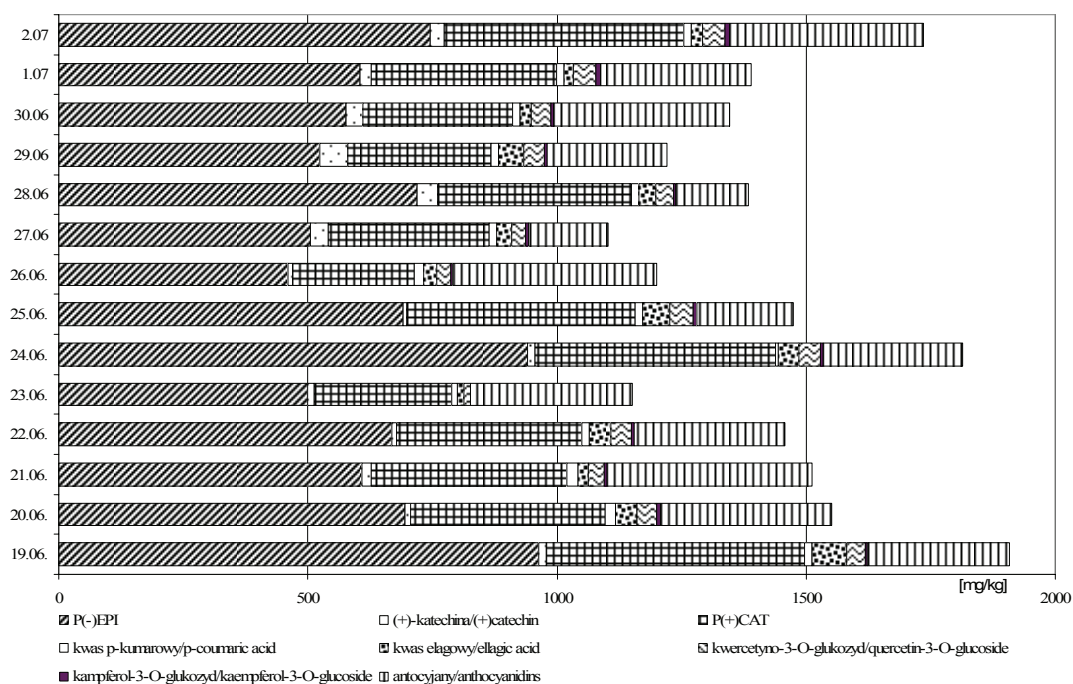
#### *Oznaczanie polimerów proantocyjanidyn*

Oznaczenie prowadzono metodą tiolizy liofilizowanych próbek owoców i soku [9]. Proszek z truskawek naważano (30-50 mg) do 2 ml (Eppendorf) naczynek. Dodawano zakwaszony metanol (3,3% obj., 400  $\mu\text{l}$ ) i tolueno  $\alpha$ -tiol (5% w metanolu, 800  $\mu\text{l}$ ). Naczynka zamykano i ogrzewano w temp. 40°C przez 30 min, mieszając co 10 min. Następnie naczynka schładzano w lodowatej wodzie i wirowano w 4°C w wirowce z chłodzeniem przez 10 min. Próbkę przetrzymywano w temp. 4°C do czasu analizy metodą HPLC. Każdą próbkę analizowano trzykrotnie.

Produkty tiolizy rozdzielano w Merck Purospher RP 18 end-capped kolumnie 250 x 4 mm, 5  $\mu\text{m}$  (Merck, Darmstadt, Germany). Stosowano aparat HPLC Waters (Milford, MA) ze skaningowym fluorescencyjnym detektorem. Jako rozpuszczalniki stosowano gradient roztworu A (2,5% kwas octowy) i roztwór B (acetonitryl): początkowo 3% B, 0-5 min, 9% B liniowo; 5-15 min, 16% B liniowo i 15-45 min, 50% B liniowo, następnie myto kolumnę i kondycjonowano w warunkach gradientu początkowego. Przepływ 1 ml·min<sup>-1</sup>, temp. 30°C. Detekcję na fluorymetrze prowadzono przy wzbudzeniu 278 nm i emisji 360 nm. Krzywą kalibracyjną sporządzono ze wzorca procyjanidyny B3 (Extrasynthese Francja).

## Wyniki badań i dyskusja

Jakość koncentratu zależy w dużej mierze od jakości surowca, dlatego przez czas trwania badań podjęto próbę określenia zmian zawartości związków fenolowych w surowcu użytym do produkcji. Na rys. 2. przedstawiono zmiany zawartości związków fenolowych w trakcie 2-tygodniowego procesu przerobu surowca na zagęszczony sok truskawkowy.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

P(-)EPI- proantocyjanidyny pochodne (-)epikatechiny / proanthocyanidin derivative (-)epicatechin;

P(+)-CAT- proantocyjanidyny pochodne (+)katechiny / proanthocyanidin derivative (+)catechin.

Rys. 2. Zmiany zawartości związków fenolowych w trakcie 2-tygodniowego przerobu surowca na zagęszczony sok truskawkowy.

Fig. 2. Phenolic content changes of compound during 2 weeks processing raw material from strawberry fruit.

Wykazano duże zróżnicowanie zawartości związków fenolowych w truskawkach w czasie produkcji zagęszczonego soku w okresie od 19 czerwca do 2 lipca. W próbkach zidentyfikowano pochodne kwasu *p*-kumarowego, elagowego, kwercetyny, kempferolu oraz (+)-katechinę i proantocyjanidyny. Spośród antocyjanów oznaczano pochodne pelargonidyny i cyjanidyny.

Sumaryczna zawartość związków fenolowych w surowcu wynosiła od 1970,5 do 3390,3 mg/kg, w tym największy udział stanowiły proantocyjanidyny od 1417,5 do 2751,8 mg/kg. Dominującym kwasem fenolowym w truskawkach, który stanowi niemal 51% ogólnej ilości tych związków [1, 10, 19] jest kwas elagowy. Przez cały okres przerobu surowca jego zawartość wahała się od 14,92 do 68,42 mg/kg surowca przy średniej zawartości 35,10 mg/kg truskawek. Williner i wsp. [19] podają, że zawartość kwasu elagowego w truskawkach jest kilka razy wyższa niż w owocach jagodowych tj. malinach czy czarnej porzeczce i 6 razy wyższa niż w jabłkach czy brzoskwiניach. Ponadto, że wraz ze stopniem dojrzałości owoców truskawek zawartość tego kwasu maleje [19]. Drugim kwasem fenolowym, którego oznaczono o połowę mniej niż kwasu elagowego był kwas *p*-kumarowy (średnia zawartość to 15,08 mg/kg surowca). Oznaczona zawartość kwasu *p*-kumarowego, jak i elagowego, są podobne do tych, jakie otrzymali Häkkinen i wsp. [10], analizując kilka odmian truskawek hodowanych w Finlandii.

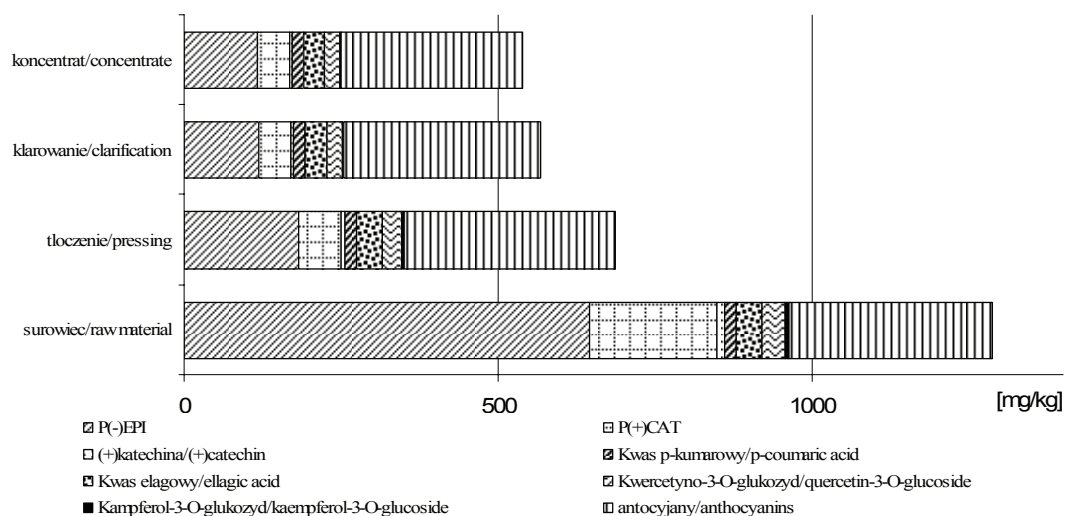
Ponadto w surowcu oznaczono pochodne kwercetyny i kempferolu. Przez cały okres, w którym badano surowiec, zawartość tych związków nie podlegała znacznym wahaniom. Średnia zawartość kwercetyny wynosiła 36,84, a kempferolu 5,52 mg/kg surowca. Wykazano, że w badanych truskawkach była niemal 7-krotnie mniejsza zawartość pochodnych kempferolu niż kwercetyny, co potwierdziły badania Amakura i wsp. [2]. Natomiast Häkkinen i wsp. [10] w swoich badaniach uzyskali jednakową zawartość zarówno kempferolu, jak i kwercetyny w badanych przez nich truskawkach. Ponadto, porównując te same odmiany wyhodowane w Finlandii oraz w Polsce stwierdzono, że polskie odmiany są mniej zasobne w te związki niż fińskie. Natomiast Olsson i wsp. [14] wykazali w owocach truskawek wyższą zawartość kempferolu niż kwercetyny.

Kolejną ważną grupą związków fenolowych truskawek jest (+)-katechina oraz związki z grupy proantocyjanidyn. Zaobserwowano, że zawartość (+)-katechiny ulegała pewnym wahaniom w trakcie monitorowanego okresu badawczego surowca. Przy średniej zawartości (+)-katechiny 23,16 mg/kg surowca, w pierwszych dniach zbioru oraz przerobu na zagęszczony sok truskawkowych jej zawartość była niższa niż w drugim etapie przerobu. Podobną zależność stwierdzono w przypadku pochodnych procyanidyn, (-)-epikatechiny oraz (+)-katechiny. Łączna zawartość związków z grupy flawan-3-ole wynosiła od 1417,5 do 2751,8 mg/kg surowca. Natomiast Abby i wsp. [1] podają, że truskawki, które są zasobne w związki z grupy flawan-3-oli mają podobną ich zawartość, jak nasiona winogron, jednak niższą niż nasiona czarnej porzeczki. Wahania zawartości tych związków w truskawkach przetwarzanych w Zakładzie w Kluczkowicach związane były z użyciem różnych odmian o zróżnicowanym stopniu dojrzałości surowca podczas okresu zbiorczego. Ponadto warunki klimatyczne, a mianowicie ciepłe, słoneczne lub chłodne i deszczowe dni w czasie wegetacji truskawek

sprawiają, że surowiec może zawierać zróżnicowane ilości związków biologicznie aktywnych – polifenoli, a także witaminy C i barwników.

Czerwona barwa truskawek pochodzi od antocyjanów i jest wskaźnikiem dojrzałości owoców. Dominującymi antocyjanami w owocach truskawek są pochodne pelargonidyny i w niewielkim stopniu cyjanidyny. W badanych owocach pelargonidyno-3-O-glukozyd stanowił niemal 89,4% ogólnej zawartości antocyjanów. Pozostałe związki stanowiły niewielką ilość, tj. pelargonidyno-3-O-sukcyloglukozyd 7,3%, pelargonidyno-3-O-rutynozyd 1,2%, zaś pozostałość - 1,2% stanowił cyjanidyno-3-O-glukozyd. Należy podkreślić, że charakterystyczna dla truskawek pelargonidyna jest związkiem stosunkowo mało stabilnym i ulega dynamicznym zmianom, na które surowiec ten jest narażony podczas produkcji zagęszczonego soku truskawkowego.

W ocenie zmian związków fenolowych zachodzących w procesie otrzymywania zagęszczonego soku w porównaniu z surowcem, już po pierwszym etapie badań stwierdzono, że w soku po tłoczeniu zawartość związków fenolowych była około 5-krotnie mniejsza (rys. 3). W stosunku do surowca najwięcej ubyło związków z grupy flawan-3-oli tj. katechin i proantocyjanidyn. Zawartość (+)-katechiny zmniejszyła się



Objaśnienia: / Explanatory notes

P(-)EPI- proantocyjanidyny pochodne (-)epikatechiny / proanthocyanidin derivative (-)epicatechin;

P(+)-CAT- proantocyjanidyny pochodne (+)katechiny / proanthocyanidin derivative (+)catechin

Rys. 3. Zmiany zawartości związków fenolowych podczas poszczególnych etapów produkcji zagęszczonego soku truskawkowego.

Fig. 3. Phenolic content change of compound during each stage of production of strawberry concentrates.



średnio z 23,16 mg/kg surowca do 5,71 mg/kg soku po tłoczeniu. Podobnie było w przypadku pochodnych proantocyjanidyn zawierających cząsteczki (-)-epikatechiny oraz (+)-katechiny; wartość ta w soku była 3,5 razy mniejsza w stosunku do zawartości w surowcu. Tak znaczne straty cennych biologicznie związków na tym etapie produkcyjnym są związane z nierozpuszczalnymi polisacharydami ścian komórkowych, które w dużym stopniu wiążą te związki i pozostają one w wytlókach, zmniejszając ich ilość w soku. Zachowanie jak największej ilości proantocyjanidyn w soku jest tym bardziej ważna, że w 50% odpowiadają one za aktywność przeciwutleniającą truskawek [17].

W przypadku pozostałych badanych związków fenolowych degradacja ich była znacznie mniejsza (1-2%). Dalsze etapy produkcji tj. klarowanie oraz zagęszczanie wpłynęły w znacznie mniejszym stopniu na straty związków polifenolowych. W soku truskawkowym w wyniku procesu klarowania stwierdzono zmniejszenie zawartości związków fenolowych o około 17%, a w wyniku procesu zagęszczania tylko o 5%. Na etapie klarowania w wyniku zastosowania środków klarujących, przede wszystkim żelatyny, następuje kolejne usunięcie z soku cennych proantocyjanidyn, gdyż powstające z nich wysokocząsteczkowe związki na tym etapie są przez nią adsorbowane i usuwane.

Barwa przetworów truskawkowych zależy przede wszystkim od ilości zawartych w nich antocyjanów. Trwałość tych barwników jest niewielka, a duży wpływ ma na nie obróbka termiczna oraz warunki przechowywania uzyskanych produktów [3, 8]. W niniejszych badaniach stwierdzono, że w produkcji zagęszczonego soku truskawkowego po procesie tłoczenia antocyjany zostały zachowane niemal w całości, natomiast po procesie klarowania w 97%, a po procesie zagęszczania w 89% w stosunku do ilości oznaczonej w surowcu. Tak wysoka zachowalność antocyjanów, w szczególności po procesie klarowania, świadczy o tym, że rodzaj i jakość zastosowanych związków klarujących został prawidłowo dobrany, gdyż pozwoliło to uzyskać pożądaną klarowność, a zarazem zminimalizować degradację barwy w stosunku do soku przed klarowaniem.

Uważa się, że to pelargonidyno-3-O-glukozyd, który jest dominującym antocyjanem truskawek, ze względu na specyficzną budowę chemiczną (jedna grupa hydroksylowa w pierścieniu B) ulega największej degradacji. Po przeprowadzeniu analizy zachowania tego barwnika podczas całego procesu produkcji zagęszczonego soku truskawkowego stwierdzono największy jego ubytek po ostatnim etapie procesu tj. po zagęszczaniu. W uzyskanym koncentracie zachowało się niemal 86% tego związku w stosunku do surowca, na co w decydującej mierze miały wpływ zastosowane parametry zagęszczania.

## Podsumowanie

Podsumowując niniejsze badania należy stwierdzić, że proantocyjanidyny truskawek są najbardziej cennymi związkami tego surowca, które w największej ilości są tracone w procesie produkcji zagęszczonego klarownego soku. Zasadniczym etapem produkcji zagęszczonego klarownego soku truskawkowego, w którym traci się najwięcej związków fenolowych, jest proces tłoczenia soku. W mniejszym stopniu związki te ulegają degradacji podczas procesu klarowania oraz podczas zagęszczania soku. Pozostałe związki fenolowe, jak i antocyjany ulegają w znacznie mniejszym stopniu degradacji, a ich zawartość jest o kilka procent niższa od zawartości w owocach truskawek użytych do produkcji zagęszczonego soku.

*Pracę wykonano w ramach VI Programu Ramowego dotyczącego realizacji projektu badawczego FOOD-CT-2004-513960 FLAVO.*

*Praca była prezentowana podczas XXXVII Ogólnopolskiej Sesji Komitetu Nauk o Żywności PAN, Gdynia, 26 – 27.IX.2006.*

## Literatura

- [1] Aaby K., Skrede G., Wrolstad R.E.: Phenolic composition and antioxidant activities in fresh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). J. Agric. Food Chem., 2005, **53**, 4032-4040.
- [2] Amakura Y., Umino Y., Tsuji S., Tonogai Y.: Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. J. Agric. Food Chem., 2000, **48**, 6292-6297.
- [3] Bakker J., Bridle P., Koopman A.: Strawberry juice colour: The effect of some processing variables on the stability of anthocyanins. J. Sci. Food Agric., 1992, **60**, 4, 471-476.
- [4] Beattie J., Crozier A., Duthie G.: Potential health benefits of berries. Current Nutr. Food Sci., 2005, **1**, 71-86.
- [5] Bednarski W.: Niektóre pojęcia z przetwórstwa owoców i warzyw. Przem. Spoż., 1999, **4**, 51-52.
- [6] Benzie I.F.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal. Biochem., 1996, **239**, 70-76.
- [7] Fedejko E., Jarczyk A., Królewicz P.: Charakterystyka jakości zagęszczonych soków owocowych. Przem. Ferm. Owoc-Warz., 1995, **9**, 22-25.
- [8] Garcia-Viguera C., Zafrilla P., Romero F., Abellan P., Artes F., Thomas-Barberan F.A.: Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. J. Food Chem., 1999, **64**, 2, 243-247.
- [9] Guyot, S. Marnet, N. Sanoner, P. Drilleau, J.F.: Direct thiolysis on crude apple materials for HPLC characterization and quantification of polyphenols in cider apple tissues and juices. Met. Enzymol., 2001, **335**, 57-70.
- [10] Häkkinen S.H., Törrönen A.R.: Content of flavonols and selected phenolic acid in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. Food Res. Inter., 2000, **33**, 517-524.
- [11] Hamauzu Y., Inno T., Kume C., Irie M., Hiramatsu K.: Antioxidant and antiulcerative properties of phenolics from chinese quince, quince and apple fruits. J. Agric. Food Chem., 2006, **54**, 65-772.

- [12] Hannum S.M.: Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2004, **44**, 1-17.
- [13] Kłopotek Y., Otto K., Böhm V.: Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **53** (14), 5640-5646.
- [14] Olsson M.E., Ekvall J., Gustavsson K-E., Nilsson J., Pillai D., Sjöholm I., Svensson U., Akesson B., Nyman G.L.: Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidants capacity in strawberries (*Fragaria x ananassa*): effects of cultivar, ripening and storage. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 2490-2498.
- [15] Oszmiański J., Wojdyło A.: *Aronia melanocarpa* phenolic and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.*, 2005, **221**, 809-813.
- [16] Rimm E.B., Ascherio A., Giovannuci E.: Vegetable, fruit and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men. *J. Am. Med. Ass.*, 1996, **275**, 447-451.
- [17] Steward D., Deighton N., Davies H.V.: Antioxidants in soft fruit. *Plant Biochem. Cell Biol.*, 2003, 94-98.
- [18] Wang S.Y., Zheng W.: Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 4977-4982.
- [19] Williner M.R., Pirovani M.E., Güemes D.R.: Ellagic acid content in strawberry of different cultivars and ripening stages. *J. Sci. Food Agric.*, 2003, **83**, 842-845.

#### IN POLYPHENOLS COMPOUNDS CHANGES IN THE INDUSTRIAL PRODUCTION PROCESS OF CONCENTRATED STRAWBERRY JUICE

##### S u m m a r y

The aim of this study was to estimate changes in polyphenols contents in concentrated strawberry juice during production in the industrial scale.

The samples were collected before production, after juice pressing, after juice clarification, and after juice concentration, during two weeks production in "AGRICO" company in 2005. The polyphenols compounds content including procyanidins polymers were determined by HPLC method. The derivatives of p-coumaric acid, ellagic acid, gallic acid, quercetin, kaempferol, pelargonidin, cyanidin, and especially (+)-catechin and procyanidins were identified in the samples. Among anthocyanins pelargonidin and cyaniding derivatives were determined. Quite big differentiation of polyphenols compounds content in strawberries during two weeks of production process were showed. The total amount of those compounds varied from 1970.5mg/kg to 3390.3 mg/kg. Amount of procyanidins in raw materials ranged from 1417.5 mg/kg to 2751.8 mg/kg. In comparison to raw material after pressing the amount of this polyphenols compounds was five times smaller. Procyanidins are connected to insoluble polysaccharides of cellular's walls and it remains in the pulp. Other polyphenols compounds content differences in strawberry fruit and in juice were smaller. Further production steps such as clarification and concentration less influenced on polyphenols compounds losses. Clarification and concentration of strawberry juice result in smaller losses of polyphenol compounds in juices (17% and 5% respectively).

Strawberries' procyanidins are the most valuable compounds of its raw material, however they are being lost during production process. The main stage of strawberry juice production where the biggest amount of polyphenols compounds is lost is fruit pressing. Degradation of this compounds is smaller during clarification and concentration process.

**Key words:** strawberry (*Fragaria x ananassa*), concentrated strawberry juice, phenolic compounds 