

Sposób kondycjonowania soku sumakiem i plazmą w systemie stacjonarnym

Przedmiotem wynalazku jest sposób kondycjonowania świeżo tłoczonego soku, który to sposób przedłuża przydatność do spożycia przy stabilnej zawartości karotenoidów.

5

W artykułach naukowych autorstwa Malletroit, V., Guinard, J. X., Kunkee, R. E., & Lewis, M. J. (1991). Effect of pasteurization on microbiological and sensory quality of white grape juice and wine. *Journal of food processing and preservation*, 15(1), strony 19-29; Hallmann, E., Sikora, M., Rembiałkowska, E., Marszałek, K., & Lipowski, J. (2011). Wpływ procesu pasteryzacji na wartość odżywczą soku marchwiowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 56(3), strony 133-137; Hallmann, E., Sikora, M., Rembiałkowska, E., Lipowski, J., & Marszałek, K. The effect of pasteurization on the nutritional value of Carnot juice from organic and conventional production. *New Concept of food evaluation*, publ. Perlan Techn, 200(2), strony 94-103 oraz Marx, M., Stuparic, M., Schieber, A., & Carle, R. (2003). Effects of thermal processing on trans–cis-isomerization of β -carotene in carrot juices and carotene-containing preparations. *Food Chemistry*, 83(4), strony 609-617 wykorzystano pasteryzację soków.

10

W pracach naukowych autorstwa Foley, D. M., Pickett, K., Varon, J., Lee, J., MIn, D. B., Caporaso, R., & Prakash, A. (2002). Pasteurization of fresh orange juice using gamma irradiation: microbiological, flavor, and sensory analyses. *Journal of food science*, 67(4), strony 1495-1501; Wang, Z., Ma, Y., Zhao, G., Liao, X., Chen, F., Wu, J., ... & Hu, X. (2006). Influence of gamma irradiation on enzyme, microorganism, and flavor of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) juice. *Journal of food science*, 71(6), M215-M220, a także Niemira, B. A., Sommers, C. H., & Boyd, G. (2003). Effect of freezing, irradiation, and frozen storage on survival of *Salmonella* in concentrated orange juice. *Journal of food protection*, 66(10), strony 1916-1919 opisano obróbkę soków przy użyciu promieniowania gamma.

20

W publikacjach Huang, H. W., Chang, Y. H., & Wang, C. Y. (2015). High pressure pasteurization of sugarcane juice: evaluation of microbiological shelf life and quality evolution during refrigerated storage. *Food and Bioprocess Technology*, 8(12), strony 2483-2494; Queirós, R. P., Rainho, D., Santos, M. D., Fidalgo, L. G., Delgadillo, I., & Saraiva, J. A. (2015). High pressure and thermal pasteurization effects on sweet cherry juice microbiological stability and physicochemical properties. *High Pressure Research*, 35(1), strony 69-77; Hu, Y. H., Wang, C. Y., & Chen, B. Y. (2020). Effects of high-pressure processing and thermal pasteurization on quality and microbiological safety of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) juice during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), strony 3334-3344 zastosowano paskalizację, czyli metodę obróbki soków za pomocą wysokiego ciśnienia (HPP).

30

W artykułach Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., & Rodrigo, M. (2006). Effect of PEF and heat pasteurization on the physical–chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), strony 1163-1170; Akin, E., & Evrendilek, G. A. (2009). Effect of pulsed electric fields on physical, chemical, and microbiological

35

properties of formulated carrot juice. *Food Science and Technology International*, 15(3), strony 275-282; jak również Timmermans, R. A. H., Mastwijk, H. C., Berendsen, L. B. J. M., Nederhoff, A. L., Matser, A. M., Van Boekel, M. A. J. S., & Groot, M. N. (2019). Moderate intensity Pulsed Electric Fields (PEF) as alternative mild preservation technology for fruit juice. *International Journal of Food Microbiology*, 298, strony 63-73 zaprezentowano traktowanie soków pulsacyjnym polem elektrycznym (PEF).

W kolejnych pracach naukowych autorstwa Martínez-Flores, H. E., Garnica-Romo, M. G., Bermúdez-Aguirre, D., Pokhrel, P. R., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2015). Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food chemistry*, 172, strony 650-656; Nadeem, M., Ubaid, N., Qureshi, T. M., Munir, M., & Mehmood, A. (2018). Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. *Ultrasonics sonochemistry*, 45, 1-6 oraz Starek, A., Kobus, Z., Sagan, A., Chudzik, B., Pawłat, J., Kwiatkowski, M., ... & Andrejko, D. (2021). Influence of ultrasound on selected microorganisms, chemical and structural changes in fresh tomato juice. *Scientific Reports*, 11(1), strony 1-12 opisano sonikację.

Znana już również obróbka soków przy użyciu zimnej plazmy opisana w następujących pracach naukowych: Hou, Y., Wang, R., Gan, Z., Shao, T., Zhang, X., He, M., & Sun, A. (2019). Effect of cold plasma on blueberry juice quality. *Food chemistry*, 290, 79-86; Starek, A., Pawłat, J., Chudzik, B., Kwiatkowski, M., Terebun, P., Sagan, A., & Andrejko, D. (2019). Evaluation of selected microbial and physicochemical parameters of fresh tomato juice after cold atmospheric pressure plasma treatment during refrigerated storage. *Scientific reports*, 9(1), 1-11; Starek, A., Sagan, A., Andrejko, D., Chudzik, B., Kobus, Z., Kwiatkowski, M., ... & Pawłat, J. (2020). Possibility to extend the shelf life of NFC tomato juice using cold atmospheric pressure plasma. *Scientific Reports*, 10(1), 1-13.

Stosowane są również metody poprawy jakości soków podczas przechowywania, w których wykorzystuje się nie jeden czynnik utrwalający: zakwaszenie i sonikację; pulsacyjne pole elektryczne wraz z sonikacją; sonikację połączoną z obróbką zimną plazmą wysokonapięciową, a także pulsacyjne pole elektryczne w skojarzeniu z temperaturą i naturalnymi konserwantami. Wyniki z przeprowadzonych na ten temat badań zawarto w następujących publikacjach naukowych: Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Muhammad Hashim, M., Ali, S., Wu, T., ... & Zeng, X. (2014). Study on Combined Effects of Acidification and Sonication on Selected Quality Attributes of Carrot Juice during Storage. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 36(4), 582-589; Aadil, R. M., Zeng, X. A., Sun, D. W., Wang, M. S., Liu, Z. W., & Zhang, Z. H. (2015). Combined effects of sonication and pulsed electric field on selected quality parameters of grapefruit juice. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 890-893; Umair, M., Jabbar, S., Senan, A. M., Sultana, T., Nasiru, M. M., Shah, A. A., ... & Jianhao, Z. (2019). Influence of combined effect of ultra-sonication and high-voltage cold plasma treatment on quality parameters of carrot juice. *Foods*, 8(11), 593; Li, L., Yang, R., & Zhao, W. (2021). The Effect of Pulsed Electric Fields (PEF) Combined with Temperature and Natural Preservatives on the Quality and Microbiological Shelf-Life of Cantaloupe Juice. *Foods*, 10(11), 2606.

Znany jest reaktor plazmowy typu glidearc pracujący pod ciśnieniem atmosferycznym z użyciem gazu procesowego w postaci azotu lub powietrza opisany w publikacji Mazurek P., Pawłał J., Kwiatkowski M., Badanie zaburzeń przewodzących w torze zasilania reaktorów DBD i GlidArc, Przegląd Elektrotechniczny 2015, 11, strony 50-53. Reaktor typu glidearc zastosowano również do obróbki soku co opisano w patencie - P.427021 Sposób obróbki soku warzywnego J. Pawłał, A. Starek, B. Chudzik, M. Kwiatkowski, P. Terebun, A. Sagan, D. Andrejko, M. Kopacki oraz patencie P.427019 Sposób obróbki soku warzywnego J. Pawłał, A. Starek, B. Chudzik, M. Kwiatkowski, P. Terebun, A. Sagan, D. Andrejko, M. Kopacki.

5
10 Celem wynalazku jest skojarzona stacjonarna obróbka przedłużająca przydatność do spożycia świeżo tłoczonego soku z jednoczesnym zachowaniem ilości karotenoidów przy zastosowaniu dodatku w postaci przyprawy sumak ze sproszkowanego owocu sumaka (*Rhus coriaria* L.) i użyciu nietermicznej plazmy atmosferycznej.

15 Istotą sposobu obróbki jest to, że do reaktora typu glidearc o częstotliwości od 10 do 200 Hz i o napięciu od 3,7 do 17 kV podaje się gaz procesowy, korzystnie w postaci powietrza i po przejściu przez łuk elektryczny kieruje się strumień gazu opuszczający reaktor na sok wzbogacony wcześniej sumakiem w ilości od 1 do 30 g na L soku, umieszczony na podajniku przez okres od 30 do 1200 s.

 Korzystnie, zastosowanym gazem procesowym jest powietrze.

20 Korzystnym skutkiem sposobu według wynalazku jest dekontaminacja mikrobiologiczna łatwo psującego się soku przy zachowaniu cennych barwników karotenoidowych. Zastosowanie sposobu obróbki soku ma wysoką skuteczność w eliminacji mikroorganizmów naturalnie zanieczyszczających produkt i potencjał do uzyskania niepasteryzowanego artykułu spożywczego o wydłużonym terminie przydatności do spożycia. Suplementacja soku sumakiem połączona z obróbką zimną plazmą daje w perspektywie wiele korzyści: powstrzymuje psucie się tego typu żywności i jej marnotrawienie, przynosi oszczędności ekonomiczne, przyczynia się do poprawy jakości oferowanych na lokalnym rynku soków oraz zwiększa udział innowacyjnych produktów polskiej gospodarki w segmencie rynków międzynarodowych.

30 W przykładach wykorzystano świeżo tłoczony sok, do którego dodano zmielony sumak (*Rhus coriaria* L.) w ilości przedstawionej w tabelach.

Przykład 1

35 Obróbkę świeżo tłoczonego soku marchwiowego przygotowanego przy użyciu wolnoobrotowej wyciskarki, Sana EUJ-707, Omega Products, Korea Południowa o pH w przedziale od 6,18 do 6,27, zawierającego naturalną mikroflorę odpowiedzialną za psucie wzbogacono sproszkowanym owocem sumaka *Rhus coriaria* L. o maksymalnej ziarnistości 0,5 mm w ilości przedstawionej w tabeli 1, a następnie poddano obróbce zimną plazmą w następujący sposób: do reaktora typu glidearc zasilanego prądem o zadanej częstotliwości f i zadany napięciu U podano powietrze o przepływie

440 l/h i skierowano strumień gazu opuszczającego reaktor na sok marchwiowy w ilości 20 ml o temperaturze wejściowej równej 26°C umieszczony na podajniku przez zadany czas t . Po ekspozycji na plazmę sok posiadał temperaturę wynoszącą 33°C.

W celu oceny skuteczności działania zastosowanego dodatku w połączeniu z obróbką zimną plazmą w dekontaminacji mikrobiologicznej próbki soku po 24, 48 i 72 godzinach chłodniczego przechowywania w 6°C analizowano pod kątem ogólnej liczby drobnoustrojów tlenowych. Czynności te przeprowadzano w komorze laminarnej CRUMA 670FL, El Prat de Llobregat, Barcelona, Hiszpania w warunkach aseptycznych. W celu zliczenia ogólnej liczby drobnoustrojów tlenowych wykonano seryjne rozcieńczenia dziesiętne próbek, a następnie posiewy po 100 μ l na powierzchnię płytek z agarem odżywcym, które następnie inkubowano przez 72 godziny w temp 30°C według normy PN-EN ISO 4833-2:2013-12. Dla każdego soku analizy przeprowadzano dwukrotnie, a posiewy z każdej próbki wykonywano w trzech powtórzeniach. Wyniki podano jako wartości średnie ($n=6$) \log_{10} jtk/g \pm odchylenie standardowe.

Przydatność do spożycia soku wzbogaconego sumakiem po 24, 48 i 72 godzinach ustalono na podstawie kryterium dopuszczalnej zawartości mezofilnych drobnoustrojów tlenowych dla pasteryzowanych soków owocowych i warzywnych, określonego w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r., z późniejszymi zmianami, w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności.

pH próbek świeżo tłoczonego soku mierzono za pomocą cyfrowego pehametru 780 pH Meter, Metrohm, Herisau, Szwajcaria. 50 ml produktu umieszczano w zlewce i mieszano w sposób ciągły za pomocą mieszadła magnetycznego. Pehametr skalibrowano za pomocą dostępnych w handlu roztworów buforowych o pH 7,0 i 4,0. Badania wykonano w trzech powtórzeniach przeprowadzając doświadczenia dwukrotnie. Wyniki podano jako wartości średnie ($n=6$) pH \pm odchylenie standardowe.

Oznaczenie zawartości karotenoidów w soku marchwiowym kontrolnym oraz poddanym kondycjonowaniu sumakiem i plazmą dokonano na spektrofotometrze UV-Vis Helios Omega 3, Waltham, Massachusetts, USA. Metoda polegała na wyekstrahowaniu związków mieszaniną: acetonu z 0,2% BHT, etanolu i heksanu w proporcjach 1:1:2 z badanej próbki i oznaczeniu ich zawartości przez pomiar absorbancji fazy heksanowej, wiązka światła o długości fali $\lambda=450$ nm, wedle metodyki González-Casado, S., Martín-Belloso, O., Elez-Martínez, P., & Soliva-Fortuny, R. (2018). Enhancing the carotenoid content of tomato fruit with pulsed electric field treatments: Effects on respiratory activity and quality attributes. *Postharvest Biology and Technology*, 137, strony 113-118. Badania wykonano w trzech powtórzeniach przeprowadzając doświadczenia dwukrotnie. Wyniki podano jako wartości średnie ($n=6$) mg/100 g \pm odchylenie standardowe.

Wyniki analiz świeżo tłoczonych soków wzbogaconych sumakiem i obrabianych zimną plazmą w zestawieniu z nieobrobionym sokiem kontrolnym podano w Tabeli 1.

Przykład 2

Obróbkę świeżo tłoczonego soku pomidorowego przygotowanego przy użyciu wolnoobrotowej wyciskarki, Sana EUJ-707, Omega Products, Korea Południowa o pH w przedziale od 3,97 do 4,52 zawierającego naturalną mikroflorę odpowiedzialną za psucie wzbogacono sproszkowanym owocem sumaka *Rhus coriaria* L. o maksymalnej ziarnistości 0,5 mm w ilości przedstawionej w tabeli 1, a następnie poddano obróbce zimną plazmą w następujący sposób: do reaktora typu glidearc zasilanego prądem o zadanej częstotliwości f i zadany napięciu U podano powietrze o przepływie 440 l/h i skierowano strumień gazu opuszczającego reaktor na sok pomidorowy w ilości 20 ml o temperaturze wejściowej równej 26°C umieszczony na podajniku przez zadany czas t . Po ekspozycji na plazmę sok posiadał temperaturę wynoszącą 33°C.

W celu oceny skuteczności działania zastosowanego dodatku w połączeniu z obróbką zimną plazmą w dekontaminacji mikrobiologicznej próbki soku po 24, 48 i 72 godzinach chłodniczego przechowywania w 6°C analizowano pod kątem ogólnej liczby drobnoustrojów tlenowych. Czynności te przeprowadzano w komorze laminarnej CRUMA 670FL, El Prat de Llobregat, Barcelona, Hiszpania w warunkach aseptycznych. W celu zliczenia ogólnej liczby drobnoustrojów tlenowych wykonano seryjne rozcieńczenia dziesiętne próbek, a następnie posiewy po 100 μ l na powierzchnię płytek z agarem odżywczym, które następnie inkubowano przez 72 godziny w temp 30°C według normy PN-EN ISO 4833-2:2013-12. Dla każdego soku analizy przeprowadzano dwukrotnie, a posiewy z każdej próbki wykonywano w trzech powtórzeniach. Wyniki podano jako wartości średnie ($n=6$) \log_{10} jtk/g \pm odchylenie standardowe.

Przydatność do spożycia soku wzbogaconego sumakiem po 24, 48 i 72 godzinach ustalono na podstawie kryterium dopuszczalnej zawartości mezofilnych drobnoustrojów tlenowych dla pasteryzowanych soków owocowych i warzywnych, określonego w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r., z późniejszymi zmianami, w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności.

pH próbek świeżo tłoczonego soku mierzono za pomocą cyfrowego pehametru 780 pH Meter, Metrohm, Herisau, Szwajcaria. 50 ml produktu umieszczano w zlewce i mieszano w sposób ciągły za pomocą mieszadła magnetycznego. Pehametr skalibrowano za pomocą dostępnych w handlu roztworów buforowych o pH 7,0 i 4,0. Badania wykonano w trzech powtórzeniach przeprowadzając doświadczenia dwukrotnie. Wyniki podano jako wartości średnie ($n=6$) pH \pm odchylenie standardowe.

Oznaczenie zawartości karotenoidów w soku pomidorowym kontrolnym oraz poddanym kondycjonowaniu sumakiem i plazmą dokonano na spektrofotometrze UV-Vis Helios Omega 3, Waltham, Massachusetts, USA. Metoda polegała na wyekstrahowaniu związków mieszaniną: acetonu z 0,2% BHT, etanolu i heksanu (1:1:2) z badanej próbki i oznaczeniu ich zawartości przez pomiar absorbancji fazy heksanowej (wiązka światła o długości fali $\lambda=450$ nm) wedle metodyki González-Casado, S., Martín-Belloso, O., Elez-Martínez, P., & Soliva-Fortuny, R. (2018). Enhancing the carotenoid content of tomato fruit with pulsed electric field treatments: Effects on respiratory activity

and quality attributes. Postharvest Biology and Technology, 137, strony 113-118. Badania wykonano w trzech powtórzeniach przeprowadzając doświadczenia dwukrotnie. Wyniki podano jako wartości średnie (n=6) mg/100 g ± odchylenie standardowe.

5 Wyniki analiz świeżo tłoczonych soków wzbogaconych sumakiem i obrabianych zimną plazmą w zestawieniu z nieobrobionym sokiem kontrolnym podano w Tabeli 2.

RZECZNIK PATENTOWY
Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476

Tabela 1. Parametry, ilość dodanego sumaka, zawartość mikroorganizmów, karotenoidów oraz przydatność do spożycia dla pierwszego przykładu wykonania

Lp.	Czas obróbki plazmą [s]	Częstotliwość zasilania f [kHz]	Napięcie U [kV]	Ilość dodanego do soku sumaka [g/L]	Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych po 24 godzinach [\log_{10} jtk/ml] Przydatność do spożycia [+/-]	Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych po 48 godzinach [\log_{10} jtk/ml] Przydatność do spożycia [+/-]	Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych po 72 godzinach [\log_{10} jtk/ml] Przydatność do spożycia [+/-]	Zawartość karotenoidów po 24 godzinach [mg/100 g]	Zawartość karotenoidów po 48 godzinach [mg/100 g]	Zawartość karotenoidów po 72 godzinach [mg/100 g]
1.	30	10	17,0	1	5,17±0,21 / -	6,34±0,12 / -	6,47±0,05 / -	15,80±0,05	15,39±0,08	11,28±0,03
2.	300	50	6,5	5	5,04±0,34 / -	4,69±0,17 / -	3,68±0,04 / -	15,23±0,38	14,06±0,71	12,48±0,21
3.	600	200	3,7	15	3,29±0,40 / -	2,31±0,06 / +	2,23±0,07 / +	14,93±0,11	14,05±0,11	12,72±0,33
4.	1200	50	7,2	30	0 / +	0 / +	0 / +	16,86±0,18	13,78±0,05	13,99±0,11
X	0	0	0	0	5,09±0,12 / -	6,50±0,07 / -	7,63±0,11 / -	15,82±0,06	15,49±0,08	11,16±0,05

Tabela 2. Parametry, ilość dodanego sumaka, zawartość mikroorganizmów, karotenoidów oraz przydatność do spożycia dla drugiego przykładu wykonania

Lp.	Czas obróbki plazmą [s]	Częstotliwość zasilania f [kHz]	Napięcie U [kV]	Ilość dodanego do soku sumaka [g/L]	Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych po 24 godzinach [\log_{10} jtk/ml] Przydatność do spożycia [+/-]	Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych po 48 godzinach [\log_{10} jtk/ml] Przydatność do spożycia [+/-]	Ogólna liczba drobnoustrojów tlenowych po 72 godzinach [\log_{10} jtk/ml] Przydatność do spożycia [+/-]	Zawartość karotenoidów po 24 godzinach [mg/100 g]	Zawartość karotenoidów po 48 godzinach [mg/100 g]	Zawartość karotenoidów po 72 godzinach [mg/100 g]
1.	30	10	17,0	1	2,48±0,27 / +	1,85±0,15 / +	1,12±0,27 / +	4,62±1,12	3,79±0,09	3,85±0,05
2.	300	50	6,6	5	2,13±0,18 / +	1,15±0,23 / +	0,87±0,31 / +	4,65±0,08	4,27±1,15	3,81±0,07
3.	600	200	3,7	15	1,12±0,21 / +	0,92±0,15 / +	0 / +	4,89±0,08	4,55±1,12	4,12±0,09
4.	1200	50	7,2	30	0 / +	0 / +	0 / +	5,26±1,12	4,76±1,18	4,39±0,05
X	0	0	0	0	3,24±0,21 / -	4,11±0,18 / -	6,41±0,19 / -	4,51±0,08	3,62±0,07	3,17±0,14