

З'ЯСУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ СПОСОБАМИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЦУКРОВОЇ І ЙОГО КОЛЬОРОМ

А. О. Псьолова

Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49027, Україна

З'ясовано особливості впливу різних способів термічної кулінарної обробки (варіння у звичайній воді впродовж 15 хв.; варіння у звичайній воді з додаванням 1 чайної ложки 9 %-ного оцту на 1 л води, 15 хв.; запікання в лабораторній хлібопекарській шафі ЖК-3 при 180 °С, 40 хв.) на колір, смак і текстуру зерна кукурудзи цукрової генотипу СЕ401хЧорностеблова покоління F₄. Виявлено залежність між способами термічної кулінарної обробки і кольором та текстурою зерна. Встановлено, за яких умов зерно кукурудзи цукрової майже не змінює свого кольору. Серед трьох способів термічної кулінарної обробки зерна генотипу СЕ401хЧорностеблова кращим виявилось запікання качанів в лабораторній хлібопекарській шафі ЖК-3 при температурі 180 °С протягом 40 хв., текстура і багряний колір зерна залишались без змін. При варінні качанів у звичайній воді колір зерна погіршувався, а в підкисленій 9 %-ним оцтом, хоча і був децю кращим, проте інтенсивність забарвлення зменшувалась, а зерно ставало більш крихким.

Ключові слова: *Zea mays* L., кукурудза цукрова, зерно, антоціани, колір, термічна обробка.

Кукурудза цукрова (*Zea mays* L.) відома людству з 1779 р. З'явилася вона в результаті мутації зубовидних і кременистих сортів кукурудзи [1]. Різноманітність способів використання та методів приготування кукурудзи цукрової зумовлена високим попитом на цей продукт харчування на світових ринках, а насиченість великою кількістю вітамінів (В₁, В₂, В₃, В₁₂, С, Е, РР) і мікроелементами, майже четверта частина періодичної системи Д. І. Менделєєва, уможливує розглядати кукурудзу як функціональну їжу [1–5]. Зерно багряного кольору містить значну кількість антоціанів. Це велика група водорозчинних пігментів, які належать до класу флавоноїдів і які надають забарвлення зерну – від помаранчево-червоного до чорно-фіолетового [6]. Пігменти виконують також функцію антиоксидантів [3].

Актуальним є створення кукурудзи цукрової із зерном багряного кольору, високим вмістом антиоксидантів і вітаміну Р.

Антоціани змінюють відтінок та інтенсивність забарвлення в середовищах із різним значенням рН, за різної температури тощо [7–10]. Тому дуже важливо, щоб привабливий багряний колір не змінювався в процесі термічної кулінарної обробки качанів

кукурудзи цукрової.

Мета дослідження – дослідити як змінюється колір зерна кукурудзи цукрової залежно від термічної кулінарної обробки.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводились в Державній установі Інститут зернових культур НААН в лабораторії біотехнології. Експериментальним матеріалом були качани кукурудзи популяції F₄ (СЕ401хЧорностеблова).

Генотипи СЕ401 та Чорностеблова одержані в умовах Синельниковської селекційно-дослідної станції. Популяція F₄ (СЕ401хЧорностеблова) з'явилася в ході гібридизації та самозапилення.

Для дослідження використовували качани з зерном багряного кольору – фаза молочної стиглості, на 21–23-тю добу після самозапилення. Розглядали три способи термічної обробки качанів: 1) варіння у звичайній воді; 2) варіння у звичайній підкисленій воді; 3) запікання в обгортках. Кожний качан був поділений на три частини: верхню, середню і нижню. Верхню частину кожного качана варили протягом 15 хв. у звичайній воді, середню – у звичайній воді з додаванням 1 чайної ложки 9 %-ного оцту на 1 л води – 15 хв. після закипання, нижню – щільно за-

Інформація про автора:

Псьолова Анна Олексіївна, молодший науковий співробітник лаб. біотехнології,
e-mail: annapselova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5533-8672>

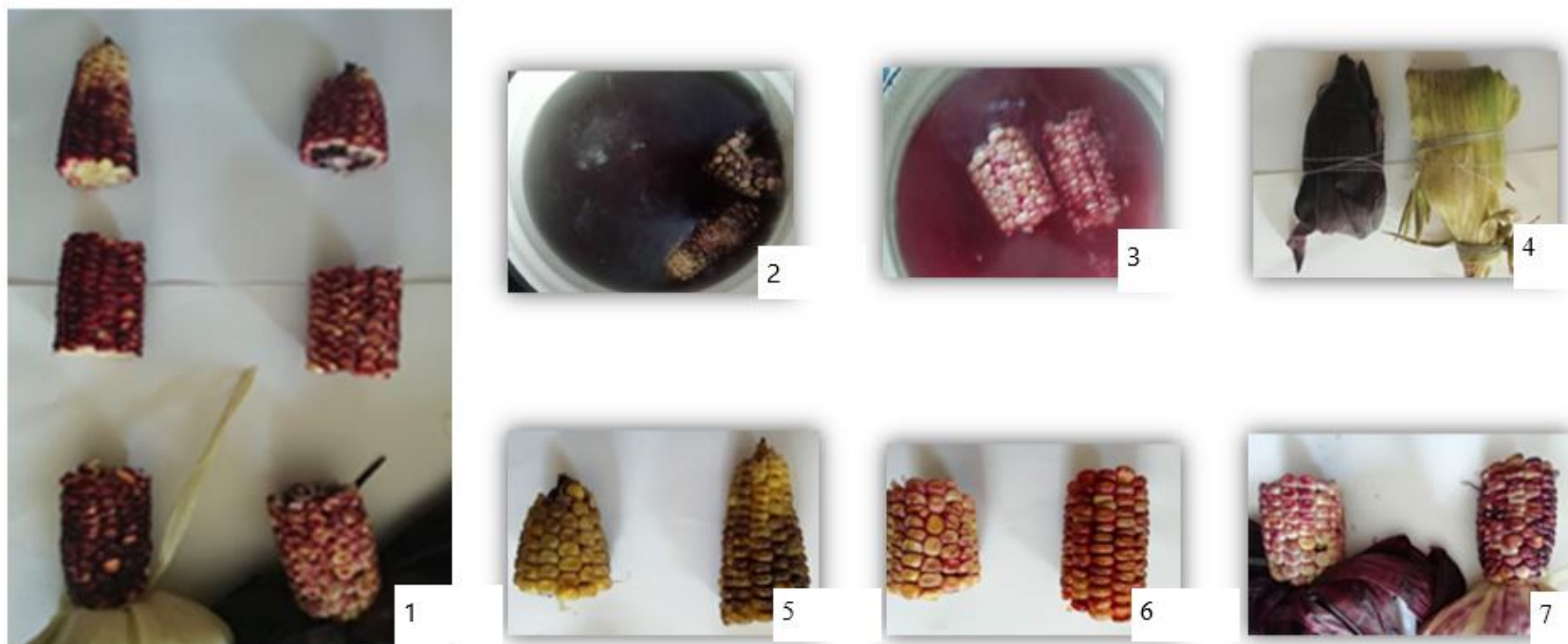


Рис. Вплив термічної обробки і колір зерна кукурудзи цукрової генотипу F₄ (СЕ401хЧорностеблова):
(1) – качани без термічної обробки; (2–4) – качани в процесі термічної обробки; (5–7) – після термічної обробки; (2, 5) – варіння у звичайній воді, 15 хв.; (3, 6) – варіння у звичайній воді з додаванням 1 чайної ложки 9 %-ного оцту на 1 л води, 15 хв.; (4, 7) – запікання в шафі лабораторній хлібопекарській ЖК-3 при 180°C, 40 хв.

гортали у листові обгортки і перев'язували бавовняними нитками, а потім запікали в духовій шафі при температурі 180 °С протягом 40 хв. В контрольному варіанті термічна обробка була відсутня, оцінювали качани в сиromу вигляді.

По закінченню термічної обробки зразки качанів охолоджували до кімнатної температури та аналізували за смаковими якостями і зовнішнім виглядом. Оцінку смакових якостей проводили згідно з діагностикою за 5-бальною шкалою, де 1 бал – найнижчі смакові якості, а 5 балів – найвищі [11]. Колір і структуру зерна оцінювали також за 5-бальною шкалою, де 1 бал – непривабливий стан, а 5 балів – найбільш привабливий. До того ж аналізували колір води, в якій варили качани.

Результати дослідження. Результати термічної кулінарної обробки кукурудзи цукрової генотипу F₄ (CE401xЧорностеблова) подані на рисунку.

Зерно в контрольному варіанті (без термічної обробки), відзначалося інтенсивним багряним кольором і щільною структурою (див. рис. (1)). Качани в контрольному варіанті були найбільш привабливими (5 балів). На смак зерно було солодким, а його структура – ніжна та соковита, проте через відсутність термічної обробки смакові якості зерна становили 4 бали.

При варінні в звичайній не підкисленій воді зерно втрачало колір і ставало зеленувато-сірим рис. (2–5). Його стан оцінювався в 1 бал. Значна кількість антоціанів, які містились в зерні, при варінні вимивалась водою і остання набувала інтенсивного зеленувато-сірого кольору. Смакові якості зерна в даному варіанті відповідали бальній оцінці 4. Зерно було солодкувате, без кислого присмаку, але – крихким.

При варінні качанів (рис. (3), (6)) в підкисленій воді зерно втрачало колір лише частково, оскільки пігменти більш стабільні у кислому середовищі, ніж у нейтральному [8–10]. Колір качанів був оцінений в 4 бали. Це пов'язано з тим, що частина пігментів із зерна вимивається водою і вона стає багряно-рожевою. Смакові якості початків в цьому варіанті відповідали 3-м балам: зерно було солодкувате, але з відчутним присмаком кислоти і щільніше, ніж у попередньому варіан-

ті.

Після запікання кукурудзяного качана в духовій шафі при температурі 180 °С колір зерна був найкращим порівняно з іншими досліджуваними нами варіантами кулінарної обробки (рис. (4), (7)). Його оцінка становила 5 балів, і він залишався без змін. Імовірно, це зумовлено тим, що антоціани є водорозчинними пігментами, які вимиваються водою при варіння, як результат – зерно знебарвлюється [6]. При запіканні контакт з водою відсутній і колір пігментів не змінюється. Смакові якості зерна в цьому варіанті відповідали бальній оцінці 5/5: зерно – солодке, не кисле, структура зерна – дещо щільніша, ніж у зварених у звичайній воді качанів.

Оскільки кукурудзу широко використовують в харчовій промисловості, було проведено порівняння одержаних нами результатів в дослідях з даними органолептичного аналізу кукурудзяної крупи сорту ДКС4685 Ч1390 Н. М. Осокіної і К. В. Костецької [12]. Контролем була кукурудзяна крупа шліфована № 5 (ГОСТ6002-69). Крупа, одержана із зерна генотипу ДКС4685Ч1390, має яскраво-жовтий колір і властивий кукурудзяним крупам запах. Відносно смаку, він проявлявся слабо і був, характерний для кукурудзяних круп. Органолептична оцінка якості крупи свідчить, що вона відповідає встановленим нормам за всіма показниками ГОСТу 6002-69. Зерно генотипу кукурудзи цукрової F₄ (CE401xЧорностеблова) відзначалося багряним кольором, приємним, солодкуватим запахом, який властивий кукурудзі цукровій, але смакові якості різнилися залежно від способу термічної обробки. В усіх досліджуваних зразків відхилення від нормального смаку не було, що є основною вимогою для кукурудзи харчового напрямку використання. Тобто є підстави вважати, що кукурудзу цукрову генотипу F₄ (CE401xЧорностеблова) доцільно використовувати з метою задоволення потреб населення у продуктах харчування.

Висновки. Залежно від способу термічної обробки зерно кукурудзи цукрової генотипу F₄ (CE401xЧорностеблова) змінювало колір і структуру. Найкращі результати одержані при запіканні качанів у духовій шафі при температурі 180 °С, структура і багряний

колір зерна залишались майже без змін. При варінні качанів у звичайній воді колір зерна погіршувався, а в підкисленій 9 %-ним оц-

том, хоча і був дещо кращим, проте інтенсивність забарвлення зменшувалась, а зерно ставало більш крихким.

Використана література

1. Черчель В. Ю., Клімова О. Є. Нові гібриди цукрової кукурудзи. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва*. Дніпропетровськ. №№ 31–32. 2007. С. 26–31.
2. Клімова О. Є. Науково-практичні засади селекційного поліпшення цукрової кукурудзи. *Посібник українського хлібороба: наук.-практ. зб. № 1*. 2015. С. 100–106.
3. Wang, H. Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. *Journal Natural Products*. 1999. 62 (2). 294–296.
4. Petroni, K., Tonelli, S. Anthocyanins in corn: the wealth of genes for human health. *Planta*. 2014. 240 (5): 901-11. doi: 10.1007 / s00425-014-2131-1.Epub 2014
5. Lago, C., Landoni, M., Cassani, E., Cantaluppi, E., Doria, E., Nielsen, E., Annamaria G, Pilu, R. Study and Characterization of an Ancient European Flint White Maize Richin Anthocyanins: Millo Corvo from Galicia. 2015. doi: 10.1371/journal.pone.0126521
6. Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., Lim, S. M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutrition Research*. 2017. 61(1). URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2897077>
7. Qin, Xinguang. Yuan, D., Wang, Qi, Zhongze, H., Wu, Ya., Cai, Ji, Huang Qi., Li, Sh., Liu G. Maillard-Reacted whey protein isolates enhance thermal stability of anthocyanins over a wide pH range. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2018. 66 (36), 9556-9564. DOI:10.1021/acs.jafc.8b03125
8. Cortiña, G. A., Salinas, M. Y., n Martнn-Martinez, E. S., Martнnez-Bustosc, F. Stability of anthocyanins of blue maize (*Zea mays* L.) after nixtamalization of seperated pericarp-germ tipcapand endosperm fractions. *Journal of Cereal Science*. 43(1). 2006. 57-62. doi:10.1016/j.jcs.2005.05.003
9. Wu, H.Y., Yang, K.M., Chiang, P.Y. Roselle Anthocyanins: Antioxidant Properties and Stabilityto Heat and pH. *Molecules*. 23. 2018. 1357.
10. Suia, X., Donga, X., Zhou, W. Combine deffect of pH and hight emperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueoussolution. *Food Chemistry Volume 163* (15). 2014. 163–170. doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.075
11. Колтунов В., Коваль А., Романенко Р. Діагностика технічної стадії стиглості кукурудзи цукрової. *Товари і ринки*. № 2. 2015. С. 25–32.
12. Осокіна Н. М., Костецька К. В. Технологічні властивості зерна кукурудзи сорту ДКС4685Ч1390. *Вісн. Уманського нац. ун-ту садівництва*, 1 (2). 2013. 96–101.

References

1. Cherchel, V. Yu., Klimova, O. Ye. (2007). New hybrids of sweetcorn. *Byuletен Instytutu zernovoho hospodarstva* [Bulletin of the Institute of Grain Farming], 31–32. 26–31. [in Ukrainian]
2. Klimova, O. Ye. 92015). Scientific and practical bases of breeding improvement of sugar corn. *Posibnyk ukraïnskoho khliboroba* [The guide of Ukrainian grain in growers], 1, 100–106. [in Ukrainian]
3. Wang, H. (1999). Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. *Journal Natural Products*, 62 (2), 294–296.
4. Petroni, K., Tonelli, S. (2014). Anthocyanins in corn: the wealth of genes for human health. *Planta*. 240 (5): 901-11. doi: 10.1007 / s00425-014-2131-1.Epub 2014
5. Lago, C., Landoni, M., Cassani, E., Cantaluppi, E., Doria, E., Nielsen, E., Annamaria G, Pilu, R. (2015). Study and Characterization of an Ancient European Flint White Maize Richin Anthocyanins: Millo Corvo from Galicia.. doi: 10.1371/journal.pone.0126521
6. Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutrition Research*, 61 (1). URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2897077>.
7. Qin, Xinguang. Yuan, D., Wang, Qi, Zhongze, H., Wu, Ya., Cai, Ji, Huang Qi., Li, Sh., Liu G. (2018). Maillard-Reacted whey protein isolates enhance thermal stability of anthocyanins over a wide pH range. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66 (36), 9556–9564. DOI:10.1021/acs.jafc.8b03125
8. Cortiña, G. A., Salinas, M. Y., n Martнn-Martinez, E. S., Martнnez-Bustosc, F. (2006). Stability of anthocyanins of blue maize (*Zea mays* L.) after nixtamalization of seperated pericarp-germ tipcapand endosperm fractions. *Journal of Cereal Science*, 43 (1), 57–62. doi:10.1016/j.jcs.2005.05.003
9. Wu, H. Y., Yang, K. M., Chiang, P. Y. (2018). Roselle Anthocyanins: Antioxidant Properties and Stabilityto Heat and pH. *Molecules*, 23, 1357.
10. Suia, X., Donga, X., Zhou, W. (2014). Combine deffect of pH and hight emperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueoussolution. *Food Chemistry Volume 163* (15). 163–170. doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.075
11. Koltunov, V, Koval, A., Romanenko, R. (2015). Diagnosis of the technical stage of maturation of corn sugar. *Tovary i rinky* [Goods and markets], 2, 25–32. [in Ukrainian]
12. Osokina, N. M., Kostetska, K. V. (2013). Technological properties of corn grain of the ДКС4685 Ч1390 variety. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universitetu sadivnytstva* [Bulletin of the Uman National Horticultural University], 1 (2), 96–101. [in Ukrainian]

УДК 581.192:633.15

Псёлова А. А. Выяснение зависимости между способами термической обработки зерна кукурузы сахарной и его цветом. *Зерновые культуры*. 2019. Т. 3. № 1. С. 26–30.

Государственное учреждение Институт зерновых культур НААН, ул. Владимира Вернадского, 14, г. Днепр, 49027, Украина

Установлены особенности влияния разных способов термической кулинарной обработки (варение в обычной воде на протяжении 15 мин.; варение в обычной воде с добавлением 1 чайной ложки 9 %-ного уксуса на 1 л воды, 15 мин.; запекание в лабораторном хлебопекарном шкафу ЖК-3 при 180 °С, 40 мин.) на цвет, вкус и текстуру зерна кукурузы сахарной генотипа СЕ401хЧорностеблова поколения F₄. Выявлена зависимость между способами термической кулинарной обработки, цветом и текстурой зерна. Установлено, при каких условиях зерно кукурузы сахарной почти не изменяет своего цвета. Среди трех способов термической кулинарной обработки зерна генотипа СЕ401хЧорностеблова лучшим оказалось запекание початков в лабораторном хлебопекарном шкафу ЖК-3 при температуре 180 °С на протяжении 40 мин., текстура и багровый цвет зерна оставались без изменений. При варении початков в обыкновенной воде цвет зерна ухудшался, а в подкисленной 9 %-ным уксусом, хотя и был несколько лучше, однако интенсивность окрашивания уменьшалась, а зерно становилось более хрупким.

Ключевые слова: *Zea mays* L., кукуруза сахарная, зерно, антоцианы, цвет, термическая обработка.

UDC 581.192:633.15

Psiołova A. O. Elucidation of the dependence between the methods of heat treatment of sweet corn grains and their color. *Grain Crops*, 2019, 3 (1). 26–30.

SE Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences, 14 Volodymyr Vernadskyi Str., Dnipro, 49027, Ukraine

It is topical to develop the sweet corn with the red-colored grain, high content of antioxidants and of vitamin P.

Anthocyanins change the hue and intensity of coloration in media with different pH values, at different temperatures, etc. Therefore, it is very important that the attractive red color does not change during the heat treatment process of sweet corn cobs.

The purpose of the study is to investigate how the color of sweet corn grains varies depending on the heat cooking. The studies were conducted at the State Enterprise Institute of Grain Crops of the NAAS in the Laboratory of Biotechnology. The experimental material were the cobs of maize of the F₄ population (CE401xChornosteblova).

For research, the cobs with the red-colored grain on a kernel milk stage were used, on the 21–23-rd day after self-pollination. Three ways of heat treatment of cobs were considered: 1) boiling in plain water; 2) boiling in ordinary acidified water; 3) baking in husks. The grain in the control version (without heat treatment) was characterized by intense red color and dense structure. The cobs in the control version were the most attractive (5 points). The grain tasted sweet and its structure was tender and succulent, but due to the lack of heat treatment, the grain's taste was 4 points. When boiled in plain non-acidified water, the grain lost its color and became a greenish-gray. Its condition was estimated at 1 point. A considerable amount of anthocyanins contained in the grain were washed out with water during cooking and the water became intense greenish-gray. During cooking of cobs in acidified water, the grain lost its color only partially because the pigments are more stable in acidic environment than in neutral. The color of the cobs was rated 4 points. This is due to the fact that some of the pigments from the grain are washed out with water and the latter turns reddish-pink. The taste qualities of the cobs in this version corresponded to 3 points: the grain was sweet, but with a tangy taste of acid and denser than in the previous version.

After baking the sweet corn cob in the oven at 180 °C the grain color was the best, compared to other variants of culinary processing we studied. Its score was 5 points and it remained unchanged. This is probably due to the fact that anthocyanins are water-soluble pigments that are washed out by water during cooking, as a result – the grain is discolored. When baking, contact with water is absent and the color of pigments does not change. The taste qualities of the grain in this version corresponded to a score of 5/5: grain was sweet, non-acidic, the grain structure was slightly denser than that of cobs boiled in plain water.

Depending on the method of heat treatment, the grain of sweet corn of genotype F₄ (CE401xChornosteblova) changed color and structure. The best results were obtained when baking the cobs in the oven at 180 °C, the structure and red color of the grain remained almost unchanged. When boiling cobs in the plain water, the color of the grain deteriorated and in the water acidified with 9 % vinegar, although it was slightly better, however, the intensity of color decreased and the grain became more brittle.

Key words: *Zea mays* L., sweet corn, grain, anthocyanins, color, heat treatment.