

УДК 664.87

RESEARCH INTO CHANGES THE AMOUNT OF REDUCING SUGARS IN POTATOES DURING STORAGE AND THEIR EFFECT ON THE COLOR OF CHIPS

Y. Strokach, V. Kovbasa

National University of Food Technologies

Key words:

potato,
potato tuber,
variety,
potato chips,
dry matter,
reducing sugars

Article history:

Received 11.04.2025
Received in revised form
22.04.2025
Accepted 24.04.2025

Corresponding author:

mstrokach@ukr.net

ABSTRACT

The article analyzes the achievements of Ukrainian scientists, considers a comprehensive assessment of the quality indicators of potatoes intended for the production of potato chips. Particular attention is paid to the change in the content of reducing sugars during storage of tubers and their impact on the color of the final product. The following potato varieties were selected for research: early ripening — Madison, Karlena, medium-early — Kibits, Tauras and medium-late — Opal, from which data were obtained on the change in the content of reducing sugars and the impact on the color of chips.

It was found that during the period of physiological dormancy, the content of reducing sugars in potatoes is stable, but later their accumulation increases, which is associated with the processes of respiration and starch conversion. The presence of a high amount of reducing sugars ($>0.4\%$) significantly worsens the quality of chips: it leads to darkening of the product due to the Mayer reaction and the appearance of an undesirable aftertaste. Evaluation of the color of chips using a Hunter Lab spectrophotometer confirmed a direct relationship between the content of reducing sugars and darkening of the product. The higher the color value of the chips, the lower the content of reducing sugars in potato tubers and vice versa. The higher the content of reducing sugars in potatoes, the lower the color value of the chips. At a chip color value of 69.10 units of the device, the content of reducing sugars in potatoes is 0.05%, and at 64.65 the content of reducing sugars in potatoes is 0.31%.

The article emphasizes the importance of correctly selecting potato varieties with a high dry matter content and low reducing sugar levels for the production of high-quality chips with a golden color, pleasant texture and without foreign taste. A direct relationship between the content of reducing sugars in potato tubers and the color of chips was determined and confirmed.

The study was conducted by the laboratories of LLC "Chipsy Lyuks" and of the National University of Food Technology in 2023—2024.

The results obtained are important for improving potato chip production technologies, as they allow optimizing the selection of raw materials and storage conditions to achieve consistently high quality of finished products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2025-37-10

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КІЛЬКОСТІ РЕДУКУЮЧИХ ЦУКРІВ КАРТОПЛІ В ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА КОЛІР ЧИПСІВ

Є. В. Строкач

В. М. Ковбаса, д-р техн. наук, ORCID ID: 009-0001-8876-3373

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати аналітичних досліджень впливу кількості редукуючих цукрів для отримання картопляних чипсів високої якості. Для проведення досліджень було обрано картоплю сортів: ранньостиглі Медісон, Карлена; середньоранні Кібітс, Таурас та середньопізній Опал. Визначено зміну вмісту редукуючих цукрів в картоплі під час зберігання з серпня по січень. Встановлено, що під час зберігання в зазначений період кількість редукуючих цукрів збільшується з 0,12% до 0,22%. Зміна кольору картопляних чипсів залежно від вмісту редукуючих цукрів в картоплі коливається в діапазоні від 66,43 до 69,10 одиниць приладу.

Ключові слова: картопля, бульба, сорт, чипси картопляні, сухі речовини, редукуючі цукри.

Вступ. Їжа є надзвичайно важливою частиною життя людини, що суттєво впливає на здоров'я та самопочуття. Збалансоване харчування сприяє нормальному функціонуванню організму людини і надає йому всі необхідні поживні речовини. Картопля є однією з найважливіших, найпоширеніших сільськогосподарських культур і одним з найцінніших продуктів харчування, поступаючись лише зерновим культурам. Картопля широко використовується для переробки в харчовій промисловості. Одним із найбільш популярних продуктів з картоплі є картопляні чипси, які виробляються згідно з ДСТУ 4608:2006. Чипси і снеки картопляні. Загальні технічні вимоги. Виробництво якісного кінцевого продукту значною мірою залежить від якості сировини — бульб картоплі. Для виготовлення продукту якість картоплі має відповідати вимогам зазначеного вище ДСТУ. Невідповідність показників може призвести до погіршення смакових якостей чипсів, зміни їх кольору після обсмажування, зниження хрусткості й твердості або появи небажаних речовин, таких як акриламід. Саме тому вивчення та оцінка якісних показників картоплі, призначеної для переробки на чипси, є актуальним завданням для харчоконцентратної галузі.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Картопля будь-якого сорту корисна для здоров'я людини, особливо якщо їсти її разом зі шкіркою. У структурі харчування населення України вона посідає одне з головних місць. Картопля містить в значній кількості вітамін С (10—25 мг на 100 г, 200—300 г картоплі забезпечує 30% його добової потреби) та високий вміст калію (370—570 мг на 100 г, 100 г забезпечує 12% добової потреби), який в організмі людини відповідає за правильну роботу м'язів, незамінний для клітинного метаболізму, нормалізації водно-сольового обміну і нормального функціонування нервової та серцево-судинної систем. Картопля містить 15—25% крохмалю і відрізняється великими запасами енергії. Білок картоплі (туберин — солерозчинний глобулін) має високу біологічну цінність і забезпечує організм усіма незамінними амінокислотами. 100 грамів картоплі задовольняє добову потребу людини: білком на 8%, вітаміном С — на 30%, вітамінами групи В — на 10%, калієм — на 12%, залізом — на 10% та іншими мікроелементами. Для забезпечення виробництва якісних картопляних чипсів, сировина має відповідати вимогам ДСТУ

4993:2008 «Картопля для промислового перероблювання. Технічні умови», яке включає цілий комплекс органолептичних показників, до яких входять: зовнішній вигляд, форма бульб, розмір бульб, наявність в'ялих бульб і бульб з позеленінням і наростами, наявність дрібних бульб до 30 мм, кількість і глибина залягання вічок, наявність бульб, пошкоджених сільськогосподарськими шкідниками, наявність бульб, пошкоджених кореневищами пірїю, наявність бульб, уражених хворобами та фізико-хімічних показників: наявність у бульбах редукуючих цукрів — не більше ніж 0,2% в післязбиральний період та 0,4% після зберігання; наявність сухих речовин і крохмалю — вміст сухих речовин від 20% до 24%, крохмалю — 13,6% до 17,0%.

Популярність картоплі обумовлена не тільки наявністю вітаміна С, калію, вмістом крохмалю і білком туберином, а ще й здатністю до тривалого зберігання, що надає можливість виробляти чипси протягом усього календарного року. Під час зберігання в бульбах відбуваються зміни, які тісно пов'язані з попереднім розвитком рослини картоплі та залежать значною мірою від сорту, умов вирощування і збирання. Після збирання бульби перебувають у стані глибокого фізіологічного спокою (1—3 місяці). При цьому припиняються процеси, уповільнюється обмін речовин, відбуваються глибокі зміни в клітинах. Накопичення цукрів у бульбах і зменшення вмісту крохмалю є одними з основних процесів у проходженні періоду спокою. Поряд з цим відбувається біосинтез аскорбінової кислоти, білковий обмін, а також фізіолого-біохімічні процеси дихання, в основу яких покладено окисний розклад цукрів. Найважливішим фактором, що впливає на тривалість спокою, є температура зберігання, яка опосередковано змінює хімічний баланс бульби, діє на перебіг фізіологічних процесів. Вміст цукрів буває тим вищим, чим нижча температура зберігання. У разі пониження температури із +3 °C до 0 °C накопичення цукрів збільшується, за підвищення температури до 7...10 °C посилюється зворотний процес — перехід цукру в крохмаль знижується, зростає його ресинтез. Процеси перетворення крохмалю в цукор і навпаки відбуваються одночасно, їхня швидкість залежить від сорту та умов зберігання. При цьому реакція крохмаль $\rightarrow$ цукор проходить швидше, ніж цукор $\rightarrow$ крохмаль, споживання цукру під час дихання (цукор $\rightarrow$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) зменшується втричі. Розпад крохмалю відбувається двома шляхами: гідролітичним — за участі амілази, та фосфоролітичним — за участі фосфорилази. Другий шлях є основним, оскільки активність фосфорилази в бульбах дуже висока, а амілази, навпаки, дуже низька. Після виходу зі стану спокою під час проростання спостерігається різке посилення активності амілази. У зв'язку з цим розпад крохмалю під час проростання бульб має швидше гідролітичний, ніж фосфоролітичний характер [1—5, 8, 10].

Зміни, які відбуваються під час зберігання картоплі, і їх вплив на якість картопляних чипсів досліджували такі українські науковці, як В. А. Колтунова, Т. М. Купріянова, О. А. Коваленко, Н. І. Войцешина [6, 7, 9, 11—14].

Мета досліджень: визначення зміни редукуючих цукрів у процесі зберігання картоплі та вплив кількості редукуючих цукрів на інтенсивність кольору картопляних чипсів.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень зміни вмісту редукуючих цукрів було обрано картоплю тривалого зберігання середньоранніх сортів Кібітс, Таурас і середньо-пізнього сорту Опал. Визначення вмісту редукуючих цукрів проводили з використанням реактиву Самнера з подальшим визначенням оптичної густини отриманого розчину на ФЕК КФК-2 при довжині хвилі 540 нм. Реактив Самнера є модифікацією мідно-лужного розчину, до складу якого входять сульфат міді (CuSO_4); лужний розчин — гідроксид натрію (NaOH) або калію (KOH); стабілізатори — тарترات

натрію чи калію (сіль винної кислоти), для утримання йонів міді в розчині. Метод базується на здатності редукуючих цукрів давати забарвлені сполуки з 3,5-динітросаліціловою кислотою. Дослідження залежності між показниками вмісту редукуючих цукрів і значенням кольору чипсів проводились для бульб ранньостиглих сортів Медісон, Карлена, середньоранніх сортів Кібіц, Таурас і середньопізнього сорту Опал. Визначення кольору чипсів проводили з використанням спектроколориметра Hunter Lab D25 NC. Інтенсивність кольору вимірювали в одиницях приладу. Чим вище отримане значення приладу, тим світліші чипси. Залежність кольору чипсів від значення виміру представлено на шкалі вимірювання (рис. 1.)



Рис. 1. Шкала кольору чипсів за Hunter Lab

Експериментальну частину роботи виконували протягом 2023—2024 рр. (з урожаєм, зібраним восени 2023 р.) у лабораторних умовах ТОВ «Чипси Люкс» та лабораторії кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ.

Результати досліджень. Дослідження зміни редукуючих цукрів під час зберігання проводились протягом шести місяців у період з серпня по січень для середньоранніх сортів Кібітс, Таурас і середньо-пізнього сорту Опал. У період перших двох місяців зберігання в обраних сортах бульби при температурі $+8^{\circ}\text{C}$ спостерігається фізіологічний спокій, що підтверджуються сталим значенням вмісту редукуючих цукрів (рис. 2). Після двох місяців зберігання спостерігається незначне накопичення редукуючих цукрів в усіх сортах картоплі до рівня $0,14\%$, яке в січні досягло максимального значення $0,22\%$.

Дослідження залежності між показниками вмісту редукуючих цукрів і значенням кольору чипсів проводились для бульб ранньостиглих сортів Медісон, Карлена, середньоранніх сортів Кібіц, Таурас і середньопізнього сорту Опал. Інтенсивність кольору чипсів безпосередньо залежить від вмісту редукуючих цукрів у картопляних бульбах. Вміст редукуючих цукрів у бульбах більше ніж $0,4\%$ є небажаним, оскільки приводить до зниження кольору чипсів. Такий вплив пов'язаний з реакцією меланоїдиноутворення (реакція Маяра).

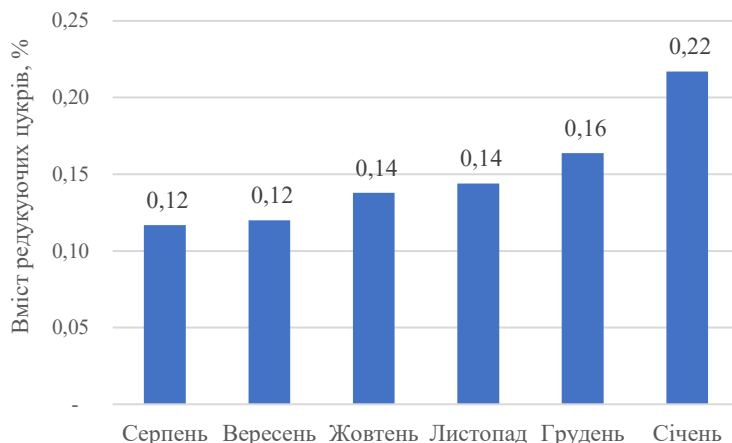


Рис. 2. Зміна вмісту редуруючих цукрів вукартоплі під час зберігання

Меланоїдиноутворення — це складний окисно-відновлювальний процес взаємодії редукуючих цукрів з азотомісткими речовинами. Меланоїдини мають темне забарвлення й надають готовим виробам специфічного аромату разом із вторинними і проміжними продуктами реакції.

Реакція Маяра може відбуватися вже за температури 30...40 °С, але тільки за температури 120...130 °С ця реакція досягає швидкості, достатньої для появи ароматоутворюючих речовин. Швидкість реакції збільшується в разі присутності вологи. Оптимальним для реакції є слабкокисло середовище. Найбільш здатні до взаємодії моноцукри, а з амінокислот — лізин, лейцин, треонін, аланін.

Згідно з останніми дослідженнями [11], реакція починається з конденсації альдози та аміну в глікозиламін, енамінол-форма якого може реагувати далі у двох напрямках.

За першим напрямком у результаті складних хімічних реакцій з утворенням редуцтонів, α -, β -дикарбонільних сполук (кетонів), які, у свою чергу, можуть полімеризуватися у високомолекулярні коричнево-чорні меланоїдини або розщеплюватися на прості летючі речовини. При цьому звільняються ароматоутворювальні речовини: метилгліоксаль, діацетил, ацетон, ацетальдегід. Вони можуть безпосередньо впливати на аромат або вступати в реакцію ще раз до утворення меланоїдинів. Другий напрямок реакції — через елімінування гідроксильних груп біля третього атома вуглецю, що призводить до утворення дезоксиозонів, які при відщепленні води утворюють фурфурол (пентозу) і 5-оксиметилфурфурол (гексозу).

Зміна кольору готових чипсів залежно від вмісту редукуючих цукрів у картоплі представлено на рис. 3.

Ступінь потемніння отриманих чипсів значною мірою залежить від кількості редукуючих цукрів. Як видно з отриманих даних, між вмістом редукуючих цукрів у бульбах картоплі та кольором чипсів існує пряма залежність - чим вищі значення кольору чипсів, тим менший вміст редукуючих цукрів у картопляних бульбах. Зважаючи на цю залежність, можна визначати придатність вибраного сорту для переробки на картопляні чипси.

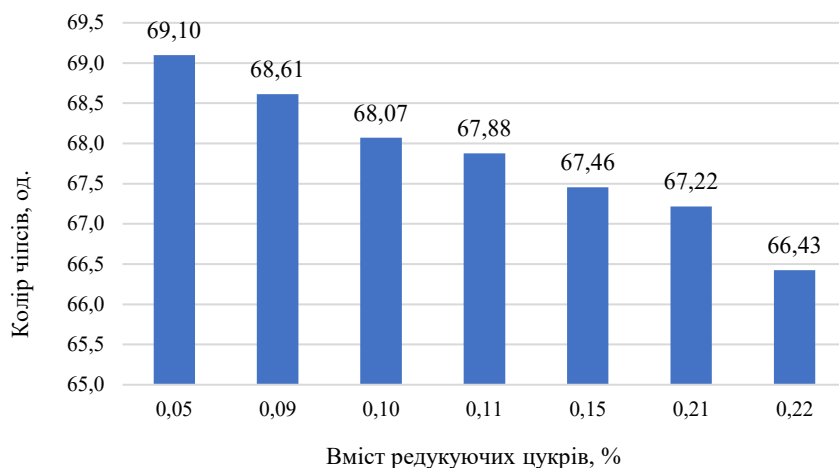


Рис. 3. Зміна кольору чіпсів залежно від вмісту редуруючих цукрів

Висновки. Результати досліджень свідчать про те, що в усіх сортах картоплі, які було досліджено, одним з головних факторів, що впливає на якість готових чіпсів, є вміст редууючих цукрів (глюкози і фруктози) у бульбах під час збору урожаю і в процесі зберігання картоплі. Високий рівень редууючих цукрів у картоплі приводить до отримання чіпсів з темно-коричневим забарвленням, що погіршує їх привабливість для споживачів та може привести до утворення специфічних смакових сполук, які надають продукту не зовсім приємної гіркоти. Для виробництва високоякісних картопляних чіпсів важливо використовувати спеціально підібрані сорти картоплі з низьким вмістом редууючих цукрів, що забезпечує золотисте забарвлення готового продукту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войцешина, Н. І. (2006). *Технологічні властивості картоплі залежно від сорту, умов вирощування та зберігання*: дис. ... канд. с.-г. наук: 05.18.03 — первинна обробка та зберігання продуктів рослинництва / Інститут картоплярства УААН. Немішаєво.
2. Дударєв, І. М., Кузьмін, О. В. (2023). *Чипси з рослинної сировини*: монографія. Одеса: Олді+.
3. Калина, В. С., Вечеря, Г. М. (2016). Аналіз існуючих технологій виробництва картопляних чіпсів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*, 19(2), 146—152.
4. *Картопля* / за ред. А. А. Бондарчука, М. Я. Полоцького, В. С. Куценка. Біла Церква, 2007. Т. 3.
5. *Картоплярство: селекція* / за ред. А. А. Бондарчука, Т. М. Олійник. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020.
6. Коваленко, О. А., Ковбаса, В. М., Купріянова, Т. М., Гребень, Б. В., Нагорний, В. Ю. (2016). Дослідження процесу обсмаження картопляних чіпсів. *Харчова наука і технологія*, 10(2), 32—36.
7. Коваленко, О., Ковбаса, В., Батраченко, О., Купріянова, Т. (2015). Зміна редууючих цукрів картоплі при різних умовах її зберігання: *матеріали 81 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів*. К.: НУХТ.
8. Кожушко, Н. С., Гончаров, М. Д. (2000). Технологічна оцінка картоплі на придатність до промислової переробки. *Картоплярство*, 30, 51—60.
9. Лисогор, О. А., Ковбаса, В. М. (2014). Вплив редууючих цукрів на якість смажених картоплепродуктів: *матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченій 130-річчю НУХТ*. К.: НУХТ.

10. Лисогор, О. А., Ковбаса, В. М., Купріянова, Т. М. (2014). Сировина для виробництва картопляних чіпсів. *Продовольчі ресурси. Серія: Технічні науки*, 3, 40—43.
11. Amjad, A., Javed, M. S., Hameed, A., Hussain, M., Ismail, A. (2019). Changes in sugar contents and invertase activity during low temperature storage of various chipping potato cultivars. *Food Science and Technology*, 40(5), 340-345. URL: <https://doi.org/10.1590/fst.00219> (Last accessed: 15.05.2025).
12. Goyal, B., Goyal, P. (2018). Manufacturing of potato chips and its quality improvement. *Journal of Food Processing & Technology*, 9(12).
13. Parvin, D., Ahmed, J. U., Hossain, M. M., & Mohi-Ud-Din, M. (2019). Quest for Suitable Storage Condition for Sustainable Processing Quality of Potato Tubers. *Journal of Agricultural Research*, 23(2), 61—78. URL: <https://gau.edu.bd/aba/wp-content/uploads/sites/320/2020/09/6.pdf> (Last accessed: 15.05.2025).
14. Zhiwei, C., Asunta, L. Thompson, Jawahar, Jyoti. (2024). Influence of Storage Conditions on Four Chipping Potato Cultivars Developed in North Dakota. *Journal of Food Science*, 13, 17. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11511073/pdf/plants-13-02868.pdf> (Last accessed: 15.05.2025).