

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЯКОСТІ СОКУ *SORGHUM SACCHARATUM* У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ СТЕБЕЛ****Н.О. Григоренко**, к.т.н., с.н.с.,

завідувач лабораторії досліджень молекулярно-генетичного поліморфізму

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

ORCID ID: 0000-0001-7291-6331

**С.Г. Даниленко**, к.т.н., с.н.с.,

завідувач відділом біотехнології

Інститут продовольчих ресурсів НААН

ORCID ID: 0000-0003-4470-4643

**Н.І. Штангеева**, д.т.н., професор,

Національний університет харчових технологій

В статті представлені результати досліджень щодо зберігання стебел сорго цукрового для промислового застосування. Особливої уваги приділено питанню організації постійного і рівномірного постачання сировини при переробці сорго цукрового на харчові і технічні потреби. За умов вирішення цього питання можливо організувати технологічний процес та отримувати якісну продукцію в необхідних обсягах. Одним із головних факторів подовження тривалості виробничого сезону переробки сорго цукрового є можливість зберігання стебел сорго як промислової сировини. Наявність різних точок зору щодо терміну зберігання стебел сорго свідчить про невизначеність характеру змін процесів, які відбуваються у сировині при зберіганні, та оптимального терміну зберігання сировини. Тому, проведені дослідження ставили за **мету** визначити оптимальний термін зберігання сировини без суттєвих змін показників технологічної та мікробіологічної якості соку сорго цукрового. **Предметом досліджень** були проби соку сорго цукрового, отримані методом пресування подрібнених стебел, які заклали на зберігання. Для дослідження були залучені два гібриди сорго цукрового – Мамонт і Зубр (селекції СГІ - Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН). При вирішенні поставленої мети в роботі використовувались стандартизовані фізико-хімічні та мікробіологічні **методи** досліджень. **В результаті** проведених досліджень встановлено, що фізіологічно зрілі стебла сорго зберігаються протягом місяця за умов закладання їх без ознак ураження хворобами, що дозволяє отримати сік без суттєвих змін показників технологічної якості. Впровадження встановленого терміну зберігання стебел сорго цукрового у промислових масштабах може суттєво подовжити виробничий сезон з переробки даної сировини та здешевити вартість кінцевого продукту.

**Ключові слова:** цукрове сорго, термін зберігання, стебла, технологічна якість, сік сорго, мікробіологічні показники, хвороба, бура плямистість.

**RESEARCH OF CHANGE OF TECHNOLOGICAL QUALITY OF SORGHUM SACCHARATUM JUICE IN THE PROCESS OF STORAGE OF STEMS**

*N. Grygorenko, Ph.D, Technics, Senior Researcher,  
Head of the Laboratory of Molecular Genetic Polymorphism  
Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS  
ORCID ID: 0000-0001-7291-6331*

*S. Danylenko, Ph.D, Technics, Senior Researcher,  
Head of the department of biotechnology  
Institute of Food Resources of NAAS  
ORCID ID: 0000-0003-4470-4643*

*N. Stangeeva, D-r, Technics, Professor  
National University of Food Technology*

*The article presents the results of research on the storage of sorghum sugar stalks for industrial use. Particular attention is paid to the organization of a constant and uniform supply of raw materials for the processing of sugar sorghum for food and technical needs. Under the conditions of the solution of this issue it is possible to organize a technological process for obtaining quality products in the required volumes. One of the main factors in extending the length of the production season for the processing of sorghum is the possibility of storing stems of sorghum as industrial raw material. The presence of different perspectives on the shelf life of sorghum indicates the uncertainty of the nature of the changes in processes occurring in the raw material during storage and which shelf life of the raw material is optimal. Therefore, the research was aimed at determining the optimal shelf life of raw materials without significant changes in the technological and microbiological quality of sugar sorghum juice. The subject of studies were samples of Sorghum saccharatum sap, obtained by pressing of crushed stems that were deposited were analyzed. Two hybrids of Sorghum saccharatum – Mamont and Zubr (selection by National Center of Seed and Nutritional Sciences) for the curing experiment were chosen. In solving the set goal, standardized physic-chemical and microbiological research methods were used in the work. The results of the conducted research it has been established that physiologically mature stems of sorghum are preserved for a month, in conditions of laying them without signs of disease this allows to obtain sap without significant changes in the indicators of technological quality. Implementation of the established shelf life of sugar sorghum on an industrial scale can significantly extend the production season for the processing of this raw material and reduce the cost of the final product.*

***Keywords:** sorghum saccharatum, shelf life, stems, technological quality, sorghum juice, microbiological indices, disease, brown spot.*

**Актуальність проблеми.** За умов організації виробництва по переробці сорго цукрового на харчові і технічні потреби виникає проблема організації постійного і рівномірного постачання сировини. Результатом вирішення даного завдання буде успішне проведення технологічного процесу та отримання якісної продукції у необхідній кількості.

Для вирішення даного завдання необхідно залучати у переробку сировину сорго цукрового залежно від вегетаційного періоду дозрівання: на початковому етапі переробляти ранньостиглі та середньостиглі сорти і гібриди, а на завершальному – пізньостиглі.

Крім того, тривалість виробничого сезону, в значній мірі, залежить від можливості зберігання стебел сорго як промислової сировини. Раціональний термін зберігання стебел сорго цукрового можна вважати одним із головних факторів подовження виробничого сезону отримання цукровмісного продукту.

Із наукових джерел відомі різні думки щодо терміну зберігання стебел сорго цукрового. Так, наприклад, вчені [1] надають перевагу тривалому терміну зберігання стебел у закритих сховищах, але відмічають динаміку зменшення вмісту цукрів. Таку точку зору підтримують науковці та переробники Міжнародного холдингу сорго-соевих компаній «Слов'янське поле» [2]. Вони вважають, що тривале зберігання стебел сорго цукрового можливе за умов вилучення листя і відокремлення волотті перед закладанням їх у скирти, оскільки наявність листя створює сприятливі умови для розвитку всіх мікроорганізмів, що в свою чергу призводить до втрати цукрів, а наявність зернової волоті додатково вводить в сік надлишкову кількість крохмалю, який ускладнює процеси фільтрування в подальшій технологічній переробці.

За даними [3], можливе нетривале зберігання стебел сорго. Так при зберіганні стебел протягом 72 годин в соку сорго не змінюється вміст сухих речовин та цукрози. Таку точку зору підтримують і автори [4], зберігання протягом двох днів можливе, але в нормальних кліматичних умовах, без впливу заморозків.

Наявність різних точок зору щодо терміну зберігання стебел сорго свідчить про невизначеність характеру змін процесів, які відбуваються у сировині при зберіганні і який термін зберігання сировини є оптимальним. Тому є підстави вважати за необхідність проведення детальних досліджень в цьому напрямку.

Проведені дослідження ставили **за мету** визначити оптимальний термін зберігання сировини без суттєвих змін показників технологічної та мікробіологічної якості соку сорго цукрового.

При вирішенні поставленої мети в роботі використовувались як загальноприйняті, так і спеціальні **методи досліджень**.

Так, визначення вмісту сухих речовин у соку здійснювали рефрактометричним методом, а у стеблах – ваговим; вмісту загальних цукрів у соку – міднометричним методом Люффа-Шорля [5]; кислотність соку – титрометричним методом у перерахунку на молочну кислоту, а чистоту розраховували як відношення вмісту загальних цукрів до сухих речовин соку сорго цукрового.

Якість соку сорго цукрового перевіряли за мікробіологічними показниками: кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (кМАФАНМ), кількість дріжджів і плісняви (Др і Пл) та наявність бактерій групи кишкових паличок (коліформи) (БГКП) визначали згідно з [6,7].

Визначення технологічної якості сировини проводили в період, коли зерно перейшло стадію воскової стиглості та затверділо. В цей період стебло сорго цукрового містить близько 80–90% соку.

В ході досліджень аналізували проби соку сорго цукрового, отриманого методом пресування подрібнених стебел, які закладали на зберігання. Для дослідження були залучені два гібриди сорго цукрового – Мамонт і Зубр (селекції СГН- Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН). Підготовлені зразки стебел сорго цукрового відокремлювали від листя та зернової волоті і складали на попередньо підготовлених відкритих площадках, де зберігали за фактичних умов жовтня 2017 року (6...12°C).

Слід зазначити, що при закладанні стебел сорго цукрового на зберігання окремо відбирали зразки, на листках і стеблах яких спостерігалися плями бурого кольору, що свідчить про ураження їх хворобою гелмінтоспоріозу (бура плямистість). Збудником хвороби є недосконалий гриб *Helmirothosporium turcicum* Pass. Міцелій гриба розвивається спочатку міжклітинно у паренхімній тканині, а потім проникає у судинну систему листків, а в подальшому вражає стебло, міжвузля. Хвороба призводить до передчасного опадання листя, а іноді і до ламання стебел, та як наслідок, до зниження урожайності зеленої маси [8,9].

Зовнішній вигляд рослин закладених на зберігання представлено на рисунках 1, 2.



Рис. 1. Гібрид Мамонт



Рис. 2. Гібрид Зубр

При візуальному обстеженні рослин сорго цукрового можна стверджувати, що інтенсивність ураження більше прослідковується у гібрида Зубр, що пов'язане з меншою стійкістю даних рослин до хвороби. Крім того, гібрид Зубр має й нижчі вихідні показники технологічної якості: вміст сухих речовин у стеблах  $CP_{\text{стебел}} = 31,2\%$ ; вміст сухих речовин у соку  $CP_{\text{соку}} = 14,0\%$ ; загальний вміст цукрів соку  $Цк = 11,06\%$ ; чистота соку  $Ч = 79,00\%$ , в той час як у гібрида «Мамонт» ці показники відповідно склали:  $CP_{\text{стебел}} = 25,1\%$ ;  $CP_{\text{соку}} = 18,2\%$ ;  $Цк = 16,78\%$ ;  $Ч = 92,20\%$ .

Для дослідження змін технологічних та мікробіологічних показників соку сорго в процесі зберігання стебел проводили відбір зразків кожні 7 діб, подрібнювали їх, віджимали сік і визначали у ньому вказані показники та розраховували чистоту соку.

Технологічні показники досліджуваної сировини в процесі зберігання, наведені у табл. 1 та 2.

Таблиця 1

**Технологічні показники соку сорго цукрового гібриду Мамонт в процесі зберігання стебел**

Термін зберігання стебел, діб	Вміст $CP_{\text{стебел}}$ сорго, %	Вміст $CP_{\text{соку}}$ сорго, %	Загальний вміст цукрів соку, % до маси соку	Чистота соку, %	Кислотність соку сорго у перерахунку на молочну кислоту, мг/100см <sup>3</sup>
1 доба	25,1	18,2	16,78	92,20	194,4
6 доба	27,5	18,4	16,72	90,87	201,8
12 доба	28,4	18,6	16,61	89,30	248,4
18 доба	29,5	19,0	16,59	87,31	252,0
24 доба	30,6	19,6	16,49	84,13	272,0
30 доба	32,5	19,8	16,36	82,63	302,0

Аналіз наведених у таблиці 1 даних свідчить про те, що якість стебел гібрида Мамонт змінюється за зберігання протягом 30 діб. При цьому не відмічається суттєвої динаміки погіршення технологічної якості соку, що свідчить про високий біологічний потенціал стійкості даного гібриду до збудника хвороби бурої плямистості. Однак спостерігається підвищення вмісту сухих речовин у стеблах, що пов'язане з випаровуванням вологи. Також, відмічається незначне, в межах допустимих значень, для технологічного перероблення, розкладання цукрів та підвищенням вмісту органічних кислот, що фіксується збільшенням титрованої кислотності у перерахунку на молочну кислоту. Це пов'язане з тим, що рослина як живий організм, витрачає на природній, фізіологічний процес дихання вуглеводи, кількість яких зменшується, і, як наслідок,

зменшується чистота соку. Однак ці зміни у якості сировини не є суттєвими, і вона залишається придатною для подальшої технологічної переробки на харчові та технічні цілі [10].

Таблиця 2

**Технологічні показники соку сорго цукрового гібриду Зубр в процесі зберігання стебел**

Термін зберігання стебел, днів	Вміст СР стебел сорго, %	Вміст СР соку сорго, %	Загальний вміст цукрів соку, % до маси соку	Чистота соку, %	Кислотність соку сорго у перерахунку на молочну кислоту, мг/100см <sup>3</sup>
1 доба	31,2	14,0	11,06	79,00	363,3
6 доба	32,6	13,6	9,88	72,70	496,8
12 доба	36,0	11,6*	8,11	70,00	663,3

\*- сік сорго, за час зберігання стебел змінив колір від світло-зеленого до молочно-коричневого

В той же час, при зберіганні стебел сорго цукрового гібриду Зубр (табл. 2) значно погіршується їх технологічна якість, що пов'язано з суттєвим ураженням рослини хворобою гелмінтоспоріозу. Це підтверджується підвищенням кислотності соку у перерахунку на молочну кислоту, що свідчить про інтенсивний розклад цукрів до органічних кислот і як наслідок, до падіння чистоти соку.

Крім того, як свідчать візуальні спостереження (рис.3), хвороба на 12 добу зберігання стебел гібриду Зубр, через листковий апарат потрапляє до серцевини стебла де поширюється вражаючи сік. В соку сорго відбуваються незворотні процеси розкладання цукрів до органічних кислот, а також утворення забарвлених речовин – меланоїдинів [11]. Всі ці негативні наслідки роблять його непридатним для подальшої переробки.



**Рис.3. Прояви на стеблі хвороби гелмінтоспоріозу, на 12 добу зберігання гібриду Зубр**

Результати мікробіологічних показників соку сорго за зберігання стебел (табл. 3, та рис. 4) також підтверджують попередні дослідження. Так, відмічаються закономірні зміни мікробіологічних показників соку сорго в залежності від концентрації в ньому цукрів. Прослідковується пряма залежність між вмістом мікробіоти у соку та вмістом у ньому цукрів. Зокрема, з таблиці 3 та рис. 4 видно, що за поступового зменшення вмісту цукрів у соку сорго відмічається поступове зменшення кількості мезофільних аеробних і

факультативно анаеробних мікроорганізмів і дріжджів та плісняви від  $4,3 \times 10^6$  КУО до  $1,8 \times 10^5$  і від  $2,4 \times 10^4$  до  $3,0 \times 10^3$  відповідно. Вміст бактерій групи кишкових паличок впродовж зберігання соку лишався на одному рівні, а саме в  $0,001 \text{ см}^3$ . Така тенденція може пояснюватись тим, що вуглеводи використовуються мікроорганізмами при їх життєдіяльності.

Таблиця 3

Мікробіологічні показники соку сорго цукрового гібриду Зубр за зберігання стебел

Термін зберігання стебел	кМАФАнМ, КУО/см <sup>3</sup>	Кількість плісняви і дріжджів, (Др і Пл), КУО/см <sup>3</sup>	Наявність БГКП, см <sup>3</sup>
1 доба	$1,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^3$	0,001
6 доба	$1,7 \times 10^6$	$1,1 \times 10^4$	0,001
12 доба	$7,2 \times 10^5$	$7,0 \times 10^4$	0,001

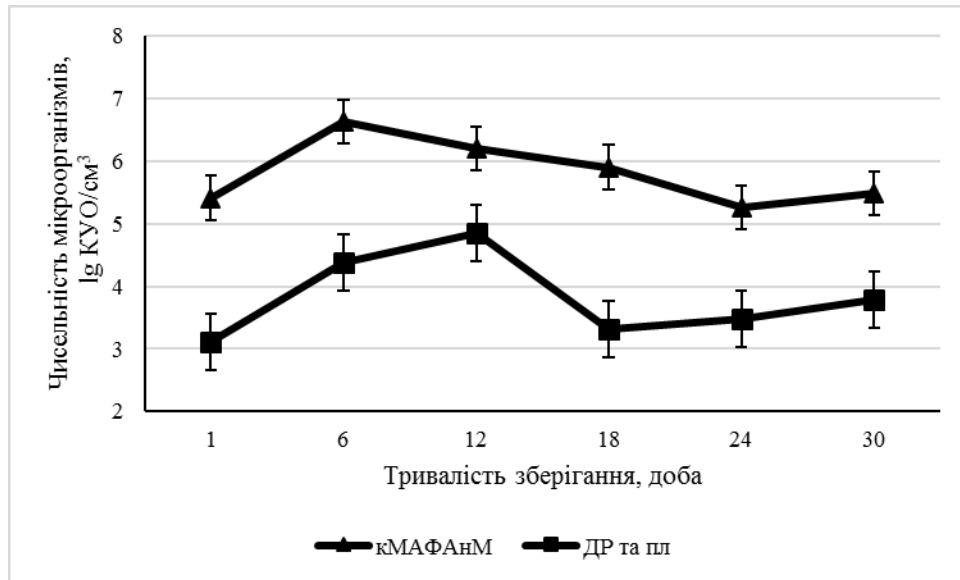


Рис. 4. Зміна чисельності мікроорганізмів у продовж зберігання соку сорго цукрового гібриду Мамонт

### Висновки

В результаті проведених досліджень можна стверджувати, що стебла високопродуктивного гібриду Мамонт сорго цукрового, є стійкими до хвороб і можуть зберігатись протягом 30 діб без суттєвих змін технологічних і мікробіологічних показників соку сорго. Більш тривалий період зберігання не є доцільним, оскільки тенденція випаровування вологи і розкладання цукрів буде продовжуватись і надалі, що, призведе до погіршення якісних показників отриманого соку. Це, в свою чергу, буде негативно впливати на процес його подальшої переробки. Крім того, за умов закладання стебел на тривале зберігання необхідно намагатись максимально вилучати зразки сорго уражені збудником хвороби *Helmiri-thosporium turcicum* Pass. В процесі вегетації необхідно проводити ретельні обстеження посівів і, за перших проявів хвороби, застосовувати фунгіциди, дозволені до використання в Україні.

**Бібліографія**

1. Mengoni O. Sorgo zuccherino e i suoi sciroppi / O.Mengoni // *Lindustria saccarifera italiana Italy*. – 1976. – V.69. – № 1. – S. 5-10.
2. Сорго в ЦЧР (научное издание) / С.В. Кадыров, В.А. Федотов, А.З. Большаков и др. – Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2008. – 80 с.
3. Ferraris R. Использование сахарного сорго в качестве сырья для получения сахара / R. Ferraris, G. Steward // «*Journal Australian Institute Agricultural Science*». – 1979. – V. 45. – №3, – P. 156-164.
4. Delavier. Sorghum für die Zuckerproduktion / Delavier // «*Z.f.d. Zucekind*» 20 – 1970. – № 12, – P.640-641.
5. Технологія цукристих речовин. Лабораторний практикум / М.П. Купчик, Л.П.Рева, Н.І. Штангеева та ін. – К.: НУХТ, 2007. – 393 с.
6. ДСТУ 4323:2004 Цукор. Методи визначення мікробіологічних показників: чинний з 2005-10-01. – Київ: Держспоживстандарт України, – С. 10.
7. ДСТУ ГОСТ 30726-2002 Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій виду *Escherichia coli* (ГОСТ 30726-2001, IDT): чинний з 2003-01-01. – Київ: Держспоживстандарт України, – С. 14.
8. Скорий В.М. Енергетичні рослини в Україні / В.М. Скорий. – К.: Фенікс, 2009. – 224 с.
9. Запольська Н.М. Особливості розвитку бурої плямистості сорго цукрового та заходи по її обстеженню / Н.М. Запольська, К.М. Шендрик // *Біоенергетика*. – 2015. – № 2, С. 31.
10. Григоренко Н.О. Шляхи пошуку розширення асортименту продукції цукрової галузі України / Н.О. Григоренко, В.О. Штангесв, Л.М. Хомічак, І.Г. Гріненко // *Цукор України*. – К. – 2016. – №6-7 (126-127). – С. 41-44.
11. Бобровник Л.Д. Фізико-хімічні основи очистки у цукровому виробництві / Л.Д.Бобровник. – К.: Вища шк., 1994. – 255 с.

**References**

1. Mengoni, O., 1976. Sorgo zuccherino e I suoi sciroppi. *Lindustria saccarifera italiana Italy*, 69(1), 5-10.
2. Kadyrov, S.V., V.A. Fedotov, A.Z. Bolshakov, Yu.N. Klepko, S.M. Bondarenko, A.N.Krickij and O.A. Usatova. 2008. Sorgo v CChR (nauchnoe izdanie) – Sorghum in the TAC (scientific edition). Rostov to the Don: ЗАО «Rostizdat», 80 (in Russian).
3. Ferraris, R. and G. Steward. 1979. Ispolzovaniye sakharnogo sorgo v kachestve syria dlya polucheniya sakhara – The use of sugar sorghum as a raw material for the production of sugar. *Journal Australian Institute Agricultural Science*, 45(3), 156-164 (in Russian).
4. Delavier. 1970. Sorghum für die Zuckerproduktion. *Z.f.d. Zucekind*, 20(12), 640-641.
5. Kupchik, M.P., L.P. Reva, N.I. Stangeeva. 2007. Tehnologiya cukristih rechovin. *Laboratornij praktikum – Technology of sugary substances. Laboratory workshop*. Kyiv: National University of Food Technology, 393 (in Ukrainian).
6. DSTU 4323:2004 Cukor. Metodi viznachannya mikrobiologichnih pokaznikov – DSTU 4323:2004 Sugar. Methods for the determination of microbiological indicators. In forse: 2005-10-01. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrajinu – State Commerce Committee of Ukraine for food technical regulation and policy support (in Ukrainian).
7. DSTU GOST 30726, IDT. Ukraine Produkti harchovi. Metodi viyavlennya ta viznachennya kilkosti bakterij vidu *Escherichia coli*. 2001. – DSTU GOST 30726, IDT. Food products. The methods for determining the number of bacteria of the species *Escherichia coli*. In forse: 2003-01-01. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrajinu – State Commerce Committee of Ukraine for food technical regulation and policy support (in Ukrainian).

8. Skorij, V.M. 2009. Energetichni roslini v Ukraine. K: Feniks – Energy plants in Ukraine. Kyiv: Feniks, 224 (in Ukrainian).

9. Zapolska, N.M. and K.M. Shendrik. 2015. Osoblivosti rozvitku buroyi plyamistosti sorgo cukrovogo ta zahodi po yiyi obstezhennyu. Bioenerhetyka. – Features of the development of brown spotting sugar sorghum and measures for its inspection. Bioenergy. 2, 31 (in Ukrainian).

10. Grigorenko, N.O., V.O. Shtangeyev, L.M. Homichak and I.G. Grinenko. 2016. Shlyahi poshuku rozshirennya asortimentu produkciyi cukrovoyi galuzi Ukrayini. Tsukor Ukrainy. K. – Ways of searching for expansion of the assortment of products of the sugar industry of Ukraine. Sugar Ukraine. Kyiv, 6-7(126-127), 41-44.

11. Bobrovník, L.D. 1994. Fiziko-himichni osnovi ochistki u cukrovomu virobnictvi. K.: Vyscha shk. – Physico-chemical basis of purification in sugar production. Kyiv: Higher school, 255.