

ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЦУКРОВОЇ МОЛОЧНО-ВОСКОВОЇ СТАДІЇ СТИГЛОСТІ ТА ЙОГО ЗМІНИ В ПРОЦЕСІ ДОЗРІВАННЯ

Вивчено динаміку змін хімічного складу зерна кукурудзи цукрової в процесі її дозрівання при зберіганні в різних умовах. Визначена закономірність зміни хімічного складу зерна кукурудзи цукрової в процесі дозрівання на рослині від запилення до біологічної стиглості.

Ключові слова: кукурудза цукрова, кут обертання глюкози, натуральна речовина, абсолютно суха речовина (АСР).

Колтунов В. А., Коваль А. В. Химический состав зерна кукурузы сахарной молочно-восковой стадии спелости и его изменения в процессе созревания. Изучена динамика изменений химического состава зерна кукурузы сахарной в процессе ее созревания при хранении в различных условиях. Определена закономерность изменения химического состава зерна кукурузы сахарной в процессе созревания на растении от опыления до биологической спелости.

Ключевые слова: кукуруза сахарная, угол вращения глюкозы, натуральное вещество, абсолютно сухое вещество (АСВ).

Koltunov V. A., Koval A. V. Chemical composition of corn sugar milk-wax stage of ripeness and its changes during maturation. Studied dynamics of changes in the chemical composition of corn sugar in the process of maturation during storage in different conditions. Defined pattern changes the chemical composition of corn sugar during ripening on the plant from pollination to biological maturity.

Keywords: sweet corn, rotation glucose, a natural substance, entirely dry matter (EDM).

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Кукурудзу цукрову вирощують в основному для консервної промисловості і для використання качанів молочно-воскової стадії стиглості у відвареному вигляді, а також для заморожування. В кулінарії використовують для супів, гарнірів, рагу та як самостійну страву. У продаж поступає у вигляді качанів із зернівками. Зерна технічної стиглості гарно наліті, мають жовте забарвлення, гладеньку поверхню, при натисканні лопають виділяючи при цьому молочко. Показником споживної стиглості сформованих качанів кукурудзи цукрової є вміст крохмалю, чим його менше, тим вища якість кукурудзи. Але на жаль у діючому стандарті РСТ УССР 297-91 [1] цей показник не фігурує.

Молоді качани мають ніжні, соковиті, солодкі зерна, що переважають за поживними властивостями усі відомі овочеві культури. У стані молочно-воскової стиглості зерна мають видовжену форму. Біологічно стиглі зерна зморшкуваті і прозорі, що відрізняє цукрову кукурудзу від зернової.

Качани мають переважно циліндричну форму, зовні обгорнуті кількома видозміненими листками, мають стрижень з 8-12 правильних рядів зерен, округлої, клиновидної, витягнутої або подовженої форми. Переважає жовте або біле забарвлення зерен, але існують сорти з помаранчевим, рожевим, червоним та чорним забарвленням.

Вище викладене свідчить про високу споживну цінність цукрової кукурудзи, але даних хімічного складу обмаль, вони відносні навіть у Церевітінова, а ті що зустрічаються в літературі – суперчливі. Вказана суперечливість виникає із-за того, що часто не вказується сорт (гібрид), місце і умови вирощування, фаза стиглості, день від початку молочно-воскової стиглості, тощо.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Найбільш повно проаналізовано вміст поживних речовин в зерні кукурудзи цукрової молочної стиглості у роботі Т. Р. Стрельникової [2]. За її даними у зерні (% на сиру речовину) сума цукрів становить 4,6, сахарози 2,84, моноцукру 1,58, декстрину 5,7, крохмалю та жиру 7,5, білка 15,2. Вміст триптофану становить 1,03 (% на білок) та аскорбінової кислоти 9,2 мг/100г сирової речовини.

Інше джерело [3] стверджує, що зерно у фазі молочної або молочно-воскової стиглості містить 10-15 % білків, 65-70% вуглеводів, 4-7% цукру, 10-15 мг/100г аскорбінової кислоти, присутні каротин, вітаміни: E, **B₁**, **B₂**, **B₆**, PP, мінеральні солі калію, кальцію, заліза, фосфору, міді, нікелю та магнію.

Згідно узагальненим даним авторським колективом крупних вчених овочівників Росії [4] в зерні кукурудзи цукрової міститься 20-25 % сухої речовини, 4-6 % суми цукрів, 1,8-2,2 % клітковини, 4,5-5,1 % сирого білка, 10-15 мг/100 г сирової речовини аскорбінової кислоти, 0,2-1.0 мг/100г каротину.

За даними [5,6] зернівка у фазі молочно-воскової стиглості містить до, %: 32,2 сухих речовин, 24,0 – вуглеводів, 10,0 – декстринів, 3,7 – сирого протеїну, майже 80 % елементів періодичної системи Менделєєва та не містить нітратів. У складі її білка такі незамінні для організму людини амінокислоти, як лізин і триптофан. Качани мають гарні смакові властивості завдяки наявності декстринів.

За калорійністю цукрова кукурудза посідає перше місце серед овочів, у 100 г зерна стадії молочної стиглості міститься 530-340 Ккал [7].

Згідно даних досліджень проведених на кафедрі товарознавства та експертизи харчових продуктів КНТЕУ (Коваль А.В, Дідух Н.О.) під керівництвом Колтунова В.А. встановлено, що згідно мало численних даних сортовипробування у кукурудзи цукрової різних груп стиглості вміст загального цукру коливається в межах 4,0-19,3%, а вміст сухих речовин у межах 18,2-37,8%. Практично відсутні дані по вмісту крохмалю і навіть врожайності багатьох сортів і гібридів.

Як стверджує Т. Р. Стрельникова [2], зерно цукрової кукурудзи багате найбільш повноцінними легкозасвоюваними формами білка. В ньому накопичується багато водорозчинних білків і значно менше, ніж у інших підвидів кукурудзи, утворюється спирторозчинних. Незеїнова фракція білка в зерні кукурудзи цукрової являється повноцінною в харчовому відношенні, так як містить всі незамінні амінокислоти. Зерно виділяється високим вмістом триптофану і лізину. Крім того воно містить вітаміни B_1 , B_2 , B_6 , С, РР, Н, а також каротиноїди і різні органічні кислоти. Поживні речовини добре зберігаються при заморожуванні.

Цілі статті. Ретельних досліджень споживних властивостей кукурудзи цукрової в Україні не проводилось. Не знайдено нами і досліджень по зміні хімічного складу зерна кукурудзи цукрової в процесі дозрівання, після збирання врожаю качанів і їх зберігання.

Отже, дослідження зміни хімічного складу кукурудзи цукрової при зберіганні представляється нам проблемою *актуальною*.

Мета роботи – вивчити динаміку зміни хімічного складу зерна кукурудзи цукрової в процесі її дозрівання при зберіганні в різних умовах.

Завдання полягає у виявленні закономірностей кількісної зміни хімічних речовин в процесі зберігання в охолодженому стані.

Предмет досліджень – гібрид кукурудзи цукрової Кокані F1 внесений до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні [8]. Для досліджень кукурудзу цукрову вирощували у фермерському господарстві Вінницької області на міцних чорноземах, які характерні для зони Центрального Лісостепу.

Хімічні аналізи проводили на кафедрі товарознавства та експертизи харчових продуктів КНТЕУ наступними методами:

- вміст сухої речовини визначали ваговим методом [9].
- вміст розчинної сухої речовини – рефрактометричним способом (ГОСТ 28561-90) [12];
- вміст білка методом спалювання згідно ДСТУ 7169:2010 [13];

- вміст цукрів на сиру масу визначали за методом Бертрана [10, 11];
- вміст жиру визначали методом Сокслета (ГОСТ 13496.15-97) [14];
- вміст клітковини згідно ГОСТ 13496.2-91[15];
- вміст крохмалю – згідно ГСТУ 46.045:2003 [16].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Наші дослідження (табл. 1) показали, що кут обертання глюкози (S°) в загальному цукрі коливається від 3,60 до 4,50, масова частка крохмалю у натуральній речовині становить від 3,59 до 4,66%, а у АСР – від 17,56 до 18,84%. Значні коливання спостерігались у вмісті клітковини в натуральній речовині (0,36-0,97%), а у АСР – від 1,78 до 3,98%.

Таблиця 1

Вміст вуглеводів у зерні кукурудзи молочно-воскової стиглості

№ зразка	Суха речовина, %	α - кут обертання глюкози (S°), (ПСР)	Масова частка крохмалю у натуральній речовині, %	Масова частка крохмалю у АСР, %	Масова частка клітковини у натуральній речовині, %	Масова частка клітковини у АСР, %
1	20.00	4.40	3.68	18.42	0.44	2.20
	20.68	4.40	3.81	18.42	0.50	2.42
2	20.40	4.20	3.59	17.59	0.36	1.78
	20.97	4.20	3.69	17.59	0.40	1.93
3	21.02	4.45	3.92	18.63	0.55	2.60
	21.01	4.40	3.87	18.42	0.58	2.74
4	24.46	4.20	4.29	17.59	0.93	3.83
	24.50	4.25	4.36	17.80	0.97	3.98
5	25.04	3.60	3.77	15.08	0.80	3.20
	25.06	3.65	3.83	15.28	0.85	3.39
6	23.00	4.20	4.04	17.56	0.72	3.14
	23.06	4.25	4.10	17.80	0.74	3.22
7	24.70	4.50	4.65	18.84	0.64	2.60
	24.73	4.50	4.66	18.84	0.60	2.42

Спостерігались також значні коливання вмісту сирого протеїну і білка у АСР, відповідно 14,69-18,06% і 11,25-15,00% (табл. 2). Сирий протеїн і білок

не коригували з коливанням у кукурудзи вмістом сухої речовини. Дані таблиць 1 та 2 свідчать про високі споживні властивості кукурудзи вирощеної на чорноземних ґрунтах Вінницької області. Як видно з табл. 2 природний процес дозрівання зерна кукурудзи цукрової докорінно змінює їх хімічний склад, який був в стадії молочної стиглості на 20 день після запилення.

Таблиця 2

Вміст білкових речовин у зерні кукурудзи молочно-воскової стиглості

№ зразка	Суша речовина у натуральній речовині, %	Загальний азот у натуральній речовині, %	Загальний азот у АСР, %	Білковий азот у натуральній речовині, %	Білковий азот у АСР, %	Сирий протеїн у натуральній речовині, %	Сирий протеїн у АСР, %	Білок протеїн у Натуральній речовині, %	Білок у АСР, %
1	20.00	0.55	2.75	0.42	2.10	3.44	17.19	2.62	13.12
	20.68	0.59	2.85	0.45	2.18	3.69	17.81	2.81	13.62
2	20.40	0.59	2.89	0.49	2.40	3.69	18.06	3.06	15.00
	20.97	0.60	2.86	0.48	2.29	3.75	17.87	3.00	14.31
3	21.02	0.58	2.76	0.47	2.23	3.62	17.25	2.94	13.94
	21.01	0.58	2.76	0.45	2.14	3.62	17.25	2.81	13.37
4	24.46	0.64	2.62	0.48	1.96	4.00	16.37	3.00	12.25
	24.50	0.65	2.65	0.44	1.80	4.06	16.56	2.75	11.25
5	25.04	0.60	2.50	0.46	1.84	3.75	15.62	2.88	11.50
	25.06	0.63	2.51	0.48	1.92	3.94	15.69	3.00	12.00
6	23.00	0.54	2.35	0.44	1.91	3.38	14.69	2.75	11.94
	23.06	0.55	2.39	0.47	2.04	3.44	14.94	2.94	12.75
7	24.70	0.63	2.55	0.52	2.10	3.94	15.94	3.25	13.12
	24.73	0.66	2.67	0.49	1.98	4.12	16.69	3.06	12.37

При переході від молочної до повної стиглості збільшується вміст декстринів, крохмалю, жиру і зменшується кількість цукру, білка і згідно літературних даних – аскорбінової кислоти. Найбільш динамічною групою речовин в зерні кукурудзи цукрової являються вуглеводи. Відомо, що за 1,5 тижні після запилення качанів вміст цукру може знизитись у три рази, декстринів і крохмалю збільшитись і п'ять разів. В період після молочно-воскової стиглості накопичення крохмалю йде більш повільно, а вміст декстринів змінюється незначно.

Нашими дослідженнями встановлено, що на ринку м. Києва кукурудза цукрова надходить з широким інтервалом вмісту сухих речовин (від 10 до 16%), тобто як в стадії молочної так і молочно-воскової стиглості. Відповідно в зерні такої кукурудзи і значні коливання вмісту цукру та інших речовин. Таке становище залежить від того, що в рекомендаціях радять збирати кукурудзу в стадії молочної стиглості і в стадії молочно-воскової стиглості. Але ці стадії мають різні тривалості проходження, а тому товарна якість, хімічний склад і кулінарні властивості качанів змінюються щоденно. Потрібно визначити господарські, товарні, товарознавчі критерії для встановлення оптимальних строків збирання і розробити метод об'єктивної оцінки оптимальної стадії стиглості.

На основі узагальнення літературних даних нами визначена закономірність зміни хімічного складу зерна кукурудзи цукрової в процесі його дозрівання на рослині від запилення до біологічної стиглості (табл.3).

Таблиця 3

Динаміка зміни хімічного складу зерна кукурудзи цукрової в процесі дозрівання (% від сухої речовини)

День після запилення	Вміст сухої речовини, %	Вміст хімічних речовин у сухій речовині, %				
		цукор	крохмаль	декстрини	білок	жир
20	27.2	22.0	28.0	15.9	17.2	0.5
21	28.1	21.8	28.2	16.5	17.0	1.0
22	29.0	20.5	28.4	17.0	16.8	1.4
23	29.9	18.6	28.6	17.8	16.5	1.8
24	30.8	15.9	28.8	18.2	16.3	2.3
25	33.0	15.0	30.0	19.2	16.1	2.5
26	35.2	14.0	32.0	20.9	15.9	3.0
27	37.4	12.5	34.0	22.0	15.8	3.5
28	38.6	12.0	35.0	23.5	15.6	4.0
29	39.7	11.5	36.0	22.3	15.3	4.5
30	40.8	11.0	37.0	21.8	15.0	5.0
31	42.0	10.2	38.0	20.3	14.8	5.6
32	43.0	9.0	39.5	19.6	14.5	6.2

Дані таблиці 3 свідчать, що за 12 днів вегетаційного періоду, коли проходять фази молочної, молочно-воскової стиглості і настає фаза біологічної стиглості вміст сухої речовини в зерні зростає на 15,8%, крохмалю

на 11,5%, декстрину – на 3,7%, жиру – на 5,7%, а зниження цукру на 13%. Таким чином фаза молочної і молочно-воскової стиглості настала за 5 діб і качани стали швидко втрачати смакові якості.

За даними Х.С. Даскалова, Н.Б. Колева (1958), Н.С. Василенко (1962), Н.І. Чулкова, Н.С. Чулкова (1966), В.І. Едельштейна (1962) сорти і гібриди кукурудзи істотно відрізняються за вмістом вуглеводів, білка, жиру і триптофану в зерні, але від ступеня ранньостиглості хімічний склад залежить незначно. У пізніх сортів відмічається дещо понижений вміст цукру при порівняно однаковому вмісті сухої речовини. Вміст вуглеводів, білка і аскорбінової кислоти в зерні залежить не тільки від сорту, але і від погодних умов. Наприклад, вміст сахарози в одному і тому ж сорті може коливатись у спекотне літо в межах 72-79% загальної суми цукрів, а у зволене прохолодне – 33-64% (Стрельникова Т.Р.), що значно впливає на смакові якості качана.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином процес дозрівання кукурудзи цукрової відбувається короткий проміжок часу, протягом якого погіршуються її смакові якості за рахунок значної втрати вмісту цукру і підвищення крохмалю, білка, декстринів та жиру. Зібраний качан залишається після збирання біологічною відкритою системою у якій відбуваються всі процеси життєдіяльності притаманні живому рослинному організмові, направлені на одержання повноцінного насіння, тобто процеси досягання і сходять на нівель споживні властивості. Тому, завдання подальших досліджень полягає у тому, щоб загальмувати процеси дозрівання максимально можливий строк.

Список використаних джерел

1. Кукуруза сахарная свежая (початки) : РСТ УССР 297-91. – [чинний від 01.01.1992]. – К.: Госплан УССР. – 1991. – 10с. – (Республиканский стандарт Украинской ССР).
2. Стрельникова Т.Р. Овощеводство Молдавии / Т.Р. Стрельникова. – Кишинева: Картия молдовеняскэ, 1970. – С.422-433.
3. Орлова Н.Я. Продовольчі товари. Фрукти, ягоди, овочі, гриби та продукти їхньої переробки : Підручник / Н.Я. Орлова, П.Х. Пономарьов. – 2-ге вид. перер. і доповнене. К.: КНТЕУ, 2008. – 416 с.
4. Справочник по овощеводству / В.И. Алексишин, А.В. Алпатьев, Р.А. Андреева и др.; сост. В.А. Брызгалев. 2-е изд., перер. и дораб. – Л.: Колос. Ленинградское отделение, 1982. – 511с.
5. Гаврилюк В.М. Комора вітамінів / В.М. Гаврилюк, Н.В. Здольник, В.О. Гопчак // Насінництво. — 2005. — № 2. — С.18—22.
6. Лихочвор В.В. Кукурудза / В.В. Лихочвор, Р.Р. Проць. — Л. : НВФ "Українські технології", 2002. — 48 с.

7. Біологічні особливості кукурудзи : електронна енциклопедія сільського господарства. — Режим доступу : <http://www.agroscience.com.ua/plant/biologichni-osoblyvosti-kukurudzy>
8. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні у 2014 році (чинний станом на 12.03.2014) ; Державна ветеринарна та фіто санітарна служба України. — Режим доступу : <http://vet.gov.ua/node/919>.
9. Методика физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве. Под ред. В.Ф. Белика. — М., 1970. — С. 46–49.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Картофель, овощные и бахчевые культуры. — М.: Колос, 1975. — Вып. 4— 183 с.
11. Завертайло Т.Ф. Селекция сахарной кукурузы на качество зерна / Т.Ф. Завертайло. — Кишинев: Штиинца, 1980. — 110 с.
12. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : (ГОСТ 28561-90). — [дата введения 01.07.1991]. — М.: Стандартиформ. — 2011. — 11с. — (Межгосударственный стандарт).
13. Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирого протеїну : (ДСТУ 7169:2010), (на заміну РСТ УССР 359-75) - [чинний від 01.07.2011]. — К. Держспоживстандарт.— 2010. — 22с. — (Національний стандарт України).
14. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира : (ГОСТ 13496.15-97), (в замен ГОСТ 13496.15-85) — [введен 21.11.1997]. — М. Стандартиформ. — 2011. — 11с. — (Межгосударственный стандарт).
15. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой клетчатки : (ГОСТ 13496.2-91), (в замен ГОСТ 13496.2-84) — [введен 01.07.1992]. — М. Стандартиформ. — 2009. — 6с. — (Межгосударственный стандарт).
16. Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості : (ГСТУ 46.045.2003), (на заміну ГОСТ 10-003345-86-93). — [чинний від 01.01.2004]. — К. — 2004. — 12с. — (Галузевий стандарт України).

*Стаття рекомендована до друку професором КНТЕУ Мельниченко С.В.
Стаття поступила в редакцію 10.11.2015 р.*