

МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЦУКРУ

К. Д. Скорик – професор Інституту післядипломної освіти НУХТ, к.т.н.

Втрати цукру у бурякоцукровому виробництві обумовлені цілим рядом різних причин: низькими технологічними якостями цукрових буряків, значною кількістю зеленої маси, сторонніх домішок, бур'янів, що надходять у переробку, порушеннями технологічних регламентів (температура, час перебування, рН, лужність тощо), надмірно активною життєдіяльністю різних видів мікроорганізмів та ін. Розшифровка неврахованих втрат в умовах цукрового заводу може бути виконана лише спеціалізованими групами аналітиків високої кваліфікації, що не завжди має місце. Проте існує значна кількість відносно простих методик визначення нецукрів, що за результатами аналізів у виробничій лабораторії дає можливість звести до реального мінімуму невраховані втрати сахарози та встановити більш точно оптимальний технологічний режим при переробці цукрових буряків різної якості. Нижче розглянуто деякі з цих методик визначення нецукрів, які є корисними для заводської практики.

ВИЗНАЧЕННЯ САХАРОЗИ МЕТОДОМ СПИРТОВОЇ ДИГЕСТІЇ

У результаті дії ряду бактерій в цукрових буряках утворюються поліцукриди: декстран і леван. Найчастіше це відбувається при ушкодженні буряків морозом з наступним відставанням. Серед слизотворюючих мікроорганізмів переважають ті, які утворюють декстран.

Декстран – оптично активна речовина, його $\alpha_d^{20} = +203^\circ - 233^\circ$. Наявність декстрану викликає похибку при визначенні цукристості буряків методом водної дигестії. Іноді ця помилка дуже велика (до кількох процентів).

За різницею між цукристістю бурякової стружки, визначеної методом гарячого чи холодного водного дигерування, і вмістом цукрози в буряковій стружці, визначеним методом спиртової екстракції або спиртової дигестії, обчислюють поправку на наявність декстрану чи левану в буряках. Цю поправку визначають при переробці цукрових буряків, уражених слизовим бактеріозом, не рідше одного разу за зміну. Величину поправки віднімають від середнього за зміну значення вмісту цукру в буряковій стружці, визначеного методом водної дигестії.

Дослідженнями встановлено, що різниця поляризації фільтрату водної і спиртової екстракції дорівнює приблизно потроєному вмісту декстрану в буряках (при соковому коефіцієнті 90 ± 1 %).

Якщо поляризація фільтрату спиртової екстракції вища, ніж поляризація дигерату водної дигестії, то в буряках є леван, або соковий коефіцієнт вище 91 %.

ВИЗНАЧЕННЯ α -АМІНОАЗОТУ

Наявність α -аміноазоту в цукрових буряках значно ускладнює отримання з них цукру та підвищує втрати. До складу α -аміноазоту входять амінокислоти й аміді (без бетаїну). Вказані нецукри практично не видаляються при очищенні соку і переходять в мелясу. Знання кількості α -аміноазоту необхідні для оцінки технологічних якостей буряків, прогнозування вмісту цукру в мелясі, одержання термостійких продуктів, оптимізації технологічних процесів.

У зарубіжній практиці визначення кількості α -аміноазоту в буряках поряд з визначенням цукру, калію, натрію і редуруючих речовин використовується для стимулювання вирощування буряків поліпшеної якості, в яких кількість α -аміноазоту складає 0,02...0,03 % до маси буряків, що відповідає вмісту 1,43...2,14 моль на 100 г буряків.

У буряках, що виростили в посушливі роки, при незбалансованому внесенні азотних добрив кількість α -аміноазоту може бути в 5...7 разів вищою. При переробці таких буряків неминучий високий вміст цукру в мелясі, «закисання» продуктів, високий вміст солей кальцію, підвищена кольоровість напівпродуктів, цукру. Кількість α -аміноазоту в сиропі складає приблизно 30...50 % α -аміноазоту цукрових буряків за рахунок утворення пірролідонкарбонОВОЇ кислоти.

ВИЗНАЧЕННЯ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ

Вміст молочної кислоти в буряках нормальної якості невеликий (0,003...0,01 % до маси буряків). У неінфікованому дифузійному соку міститься 0...25 мг на 100 г соку молочної кислоти. Під дією термофільних мікроорганізмів вміст молочної кислоти може різко зрости за рахунок її утворення з сахарози і скласти 100...200 мг на 100 г соку.

Вважається, що з двох молекул сахарози утворюється близько однієї молекули молочної кислоти. В дифузійний сік молочна кислота також може потрапляти з барометричною водою та залишками транспортерно-мийної води.

На основній defeкації утворення молочної кислоти відбувається за рахунок лужно-термічного розкладу редукувальних речовин, при випарюванні соку й уварюванні утфелів – за рахунок розкладу саха-

рози при значеннях рН вище оптимальних. Молочна кислота, яка утворилася, накопичується в м'ясі (0,14...0,25 % до маси буряків).

Високий вміст молочної кислоти в продуктах свідчить про розкладання сахарози. Молочна кислота є одним з джерел утворення розчинних солей кальцію.

РОЗРАХУНОК НЕВРАХОВАНИХ ВТРАТ ВІД ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ

Знаючи вміст молочної кислоти в клітинному і дифузійному соках, можна визначити орієнтовні втрати цукрози від життєдіяльності мікроорганізмів (див. табл. 1). У розрахунку використано коефіцієнт перерахунку від молочної кислоти до цукрози, який дорівнює 2,0.

Бажано, щоб приріст кількості молочної кислоти при дифундуванні не перевищував 0,06 %, інколи він може сягати 2 % при катастрофічному стані на дифузії.

Таблиця 1

Втрати цукру від життєдіяльності мікроорганізмів

Сік	Кількість продукту до маси буряків, (% до м. б.)	Вміст молочної кислоти, % до маси		Приріст молочної кислоти в % до м. б.	Втрати цукру від життєдіяльності мікроорганізмів, в % до м. б.
		соку	буряків		
Клітинний сік	0,9 (90)	0,04	0,036	—	—
Дифузійний сік, проба 1	1,3 (130)	0,06	0,078	0,042	0,084
Дифузійний сік, проба 2	1,3 (130)	0,12	0,156	0,120	0,240

ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ

Контроль дифузійного процесу за допомогою визначення рН дифузійного соку не є достатнім через високу буферність дифузійного соку. Особливо високу буферність мають дифузійні соки, отримані з буряків, що виростили в посуху, а також буряків, ушкоджених хворобами. Об'єктивність контролю збільшується при паралельному визначенні рН20 нормального, дифузійного соків, соків з різних зон дифузійного апарату, жомопресової води. Навіть при рН20 цих продуктів близько 6,0 на дифузії можуть мати місце високі невраховані втрати цукру від кислотоутворення за рахунок дії мікроорганізмів.

Для оперативного контролю дифузійного процесу корисно визначати кислотність нормального, дифузійного соків, соків з різних зон дифузійного апарату.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН У ДИФУЗІЙНОМУ СОКУ

Від кількості розчинних пектинових речовин у дифузійному соку залежить фільтраційна здатність соку I сатурації. В дифузійному соку доброї якості вміст пектинових речовин не перевищує 0,1 %. При вмісті пектинових речовин 0,2 % маємо сік погіршеної якості, можливі утруднення при фільтруванні. При невитримуванні оптимального технологічного режиму дифундування також змінюється їх якісна характеристика.

Пектинові речовини, отримані при нормальній температурі дифундування, мають невелику молекулярну масу та таку ж кількість метоксильних груп, легко осаджуються спиртом, утворюючи щільний осад. Їх спиртовий коагулят не сорбує повітря і рівномірно розподіляється в об'ємі рідини.

Пектинові речовини, екстраговані при підвищеній температурі, мають більшу молекулярну масу, є гідрофільними, утримують більшу кількість метоксильних груп, мають значну сорбційну здатність до бульбашок повітря. Коагулят таких пектинових речовин у спиртовому розчині спливає на поверхню рідини.

Таким чином, вигляд спиртових коагулятів пектинових речовин залежить від якісних розбіжностей в їх складі (молекулярної маси, кількості метоксильних груп) та кількості розчинних пектинових речовин у дифузійному соку.

В пробірці до 2 см³ дифузійного соку, який отримано при відомих параметрах дифундування, додається 5 см³ 96 %-ного етилового спирту. Пробірку енергійно струшують. Після 5-ти хв витримки спостерігають зовнішній вигляд коагуляту. Якщо коагулят — дрібні пластівці, що рівномірно розподілені по всьому об'єму рідини в пробірці, вміст пектинових речовин невеликий; якщо коагулят на вигляд прозорий желатинозний згусток, пронизаний бульбашками повітря, що спливає на поверхню рідини й утримується там, то в дифузійному соку вміст пектинових речовин надто високий, необхідно нормалізувати умови дифундування.

ВИЗНАЧЕННЯ НІТРИТІВ У ДИФУЗІЙНОМУ СОКУ

В процесі бурякоцукрового виробництва під дією утворюючих спори мікроорганізмів *Mesentericus*, *Subtilis*, *Stearothermophilus* разом із розкладом сахарози проходить перетворення нітратів в нітрити: NO-3 → NO-2. По накопиченню нітритів у дифузійному соку можна судити про розвиток мікроорганізмів. В неінфікованому соку вміст нітритів не перевищує 1 мг/л, при сильному інфікуванні вміст нітритів може досягати 100 мг/л. Слід пам'ятати, що вже при

вмісті нітратів у дифузійному соку понад 3 мг/л можливо одержання товарного цукру з підвищеним вмістом золи.

Крім того, наявність інформації стосовно вмісту нітритів (NO-2) у цукрі дозволяє робити певні висновки і про ступінь інфікування верстату заводу та напівпродуктів. При незначному інфікуванні вміст нітритів в цукрі не перевищує 0,15 мг/кг цукру.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ДЕКСТРАНУ У ДИФУЗІЙНОМУ СОКУ

Для визначення вмісту декстрану в дифузійному соку ВНДЦП розроблена модифікація метода Робертса, найбільш придатна для застосування в заводських умовах. Метод ґрунтується на осадженні поліцукридів із цукрових розчинів шляхом додавання спирту з подальшим селективним осадженням декстрану сульфатом міді. Декстран визначають колориметричним способом – методом фенол-сірчаної кислоти за різницею між загальним і залишковим вмістом поліцукридів після осадження декстрану. Вимірювання оптичної густини проводять за допомогою спектрофотометра або фотоелектроколориметра з монохроматором чи інтерференційним світлофільтром (наприклад, КФК-3) при довжині хвилі $\lambda = 480$ нм і довжині кювети $L = 10$ мм.

Узагальнені відомості про методики визначення окремих нецукрів та оцінки неврахованих втрат у виробництві наведені в табл. 2.

Впровадження сучасних методик хіміко-технічного контролю в практику цукрового виробництва вимагає додаткових зусиль щодо оснащення виробничих лабораторій заводів новими приладами та обладнанням. Крім того, слід враховувати необхідність сучасної апаратурної бази, атестованих методик аналізів, висококваліфікованого персоналу для ефективної роботи лабораторій. Значну користь приносить також підвищення кваліфікації інженерно-технічних працівників технологічної служби підприємств, що створює передумови для прискореного впровадження необхідних приладів і методів аналізів у практику роботи вітчизняних заводів, закріплення та розвитку навичок роботи з сучасною апаратурою. Досвід передових підприємств галузі свідчить на користь ефективної роботи при комплексному впровадженні нових методик аналізів, засобів контролю, автоматизації та обчислювальної техніки, що реально підвищує технічний рівень вітчизняної цукрової промисловості, якість та конкурентоспроможність готової продукції.

Методики визначення нецукрів та втрат цукру

№ п/п	Нецукор	Реактив для визначення	Довжина хвилі λ , нм	Середовище	Освітлювач	Концентрації	Примітки
1.	α -аміноазот в цукрових буряках	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ CH_3COO $\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	620 ± 10	$\text{pH} = 6,1 \dots 6,3$	Не потрібен	$\leq 0,025$ % до м. б. – добре $0,025 \dots 0,04$ % до м. б. – задовільно $> 0,04$ % до м. б. – погано (може бути до 0,15 %)	Цукроамінна реакція Майларда: PP + амід. Пініння утфелів, відтоків, меляси.
2.	α -аміноазот в дифузійному соку	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ CH_3COO $\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	620 ± 10	$\text{pH} = 6,1 \dots 6,3$	Не потрібен	$0,02 \dots 0,03$ % до м. б. – задовільно $> 0,04$ % до м. б. – погано	Підвищені втрати цукру
3.	Редукувальні речовини (PP) в цукрових буряках	Класичний метод з реактивом Мюллера			Нейтральний розчин оцтового кислого свинцю	Від 0,01 до 5 % до м. б. (інколи до 13 %) У свіжих буряках PP 0,01...0,1 % до м. б.	Приріст PP за норм. умов дифундування $\leq 0,04$ % до м. б.
4.	Редукувальні речовини (PP) в дифузійному соку	3,5-ДНСК	490	кисле	Свинцевий оцет : оцтовокислий свинець 5 : 4	$\leq 0,15$ % до м. б. – добре $0,15 \dots 0,25$ % до м. б. – задовільно $> 0,25$ % до м. б. – погано	При $> 0,2$ % давати дезінфектант. Термостійкий очищений сік: PP $< 0,02 \dots 0,03$ %
5.	Молочна кислота (МК) в цукрових буряках	FeCl_3	400	$\text{pH} = 2,4$	$\text{CuSO}_4 + \text{CaO}$	В цукрових буряках нормальної якості вміст МК $0,003 \dots 0,01$ % до м. б.	Вміст МК в мелясі $0,14 \dots 0,25$ %

№ п/п	Нецукор	Реактив для визначення	Довжина хвилі λ , нм	Середовище	Освітлювач	Концентрації	Примітки
6.	Молочна кислота (МК) в дифузійному соку	FeCl_3	400	$\text{pH} = 2,4$	$\text{CuSO}_4 + \text{CaO}$	$\leq 25...30$ мг/100 г д.с. – добре $30...50$ мг/100 г д.с. – задовільно > 100 (200) мг/100 г д.с. – погано	Необраховані втрати $\text{Цк} = \text{МК} \times 2 \times a$, де a – відкачка д.с.
7.	Нітрити (NO_2) в дифузійному соку	Реактив Грісса	520	кисле	Не потрібен	< 1 мг/л д.с. – добре вже при $3...5$ мг/л д.с. зола в цукрі зростає $> 30...40$ (100) мг/л д.с. сильно інфікований	До 35 мг/л д.с. рН д.с. не змінюється. Втрати цукру підвищуються
8.	Нітрити (NO_2) в цукрі	Реактив Грісса	520	кисле	Не потрібен	$\leq 0,15$ мг/кг – добре $> 0,15$ до $(1,5$ мг/кг) – інфікований верстат	Не завжди є взаємозалежність зола – вміст нітритів
9.	Декстран	Фенол + H_2SO_4	480	кисле	Спирт, трихлоруксусна кислота	$0...0,004$ % до м. д.с. – добре до $0,02$ % до м. д.с. – утруднена фільтрація $> 0,1$ % до м. д.с. – зупинка заводу	Застосовують фермент декстраназу. Для декстрану $\alpha_D^{20} = +203^\circ - 233^\circ$
10.	Пектинові речовини (ПР) у дифузійному соку (якісне визначення)	Етанол	–	–	Не потрібен	$\leq 0,1$ % до м. д.с. – добре $0,1...0,2$ % до м. д.с. – задовільно $> 0,2$ % до м. д.с. – погано	Низькомолекулярні продукти розкладу ПР утворюють каламуть у сиропі. Дб сиропу знижується на $1...1,3$ % при вмісті мезги в д.с. 10 г/л