

Актуальні питання мікробіологічного контролю у виробництві цукру

Н.А. Гусятинська, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри техногенно-екологічної безпеки, Національний університет державної податкової служби України

В статті обґрунтовано актуальність мікробіологічного контролю як складової системи управління якістю у виробництві білого цукру. Надано загальний аналіз мікрофлори сировини та її впливу на технологічний процес виробництва цукру. На основі експериментальних досліджень мікробіологічних та технологічних показників дифузійного соку зроблено висновки щодо ефективності проведення мікробіологічного контролю з метою уникнення втрат сахарози внаслідок розкладання та покращення якості білого цукру. Означено завдання мікробіологічного контролю у виробництві цукру.

Ключові слова: дезінфекція, якість цукру, дезінфікуючі засоби, дифузійний сік.

В статье обоснована актуальность микробиологического контроля, как составляющей системы управления качеством в производстве белого сахара. Проведен общий анализ микрофлоры сырья и ее влияния на технологический процесс производства сахара. На основе экспериментальных исследований микробиологических и технологических показателей диффузионного сока сделаны выводы об эффективности проведения микробиологического контроля в целях избежания потерь сахарозы в результате разложения и улучшения качества белого сахара. Определены задачи микробиологического контроля в производстве сахара.

Ключевые слова: дезинфекция, качество сахара, дезинфицирующие средства, диффузионный сок.

In the article the relevance of microbiological control as a component of quality control in the production of sugar. Courtesy of the overall analysis of the microflora of raw materials and its impact on sugar production process. Based on experimental studies of microbiological and technological indicators juice conclusions regarding the efficiency of microbiological control in order to avoid losses due to the decomposition of sucrose and improve the quality of white sugar. Determined basic task of microbiological control in the production of sugar.

Key words: disinfection, quality sugar, disinfectants, diffusion juice.

Безпечність продуктів харчування є актуальним питанням сьогодення, що стосується як споживачів, так і виробників у сфері харчової промисловості. Інтеграція сільськогосподарських і харчових галузей промисловості, глобалізація торгівлі продуктами харчування змінюють існуючі системи виробництва та реалізації харчових продуктів. В таких умовах забезпечення якості продукції є пріоритетом при визначенні її конкурентоздатності.

Передумовою успішної роботи підприємств на сучасному ринку є наявність системи управління якістю згідно вимог міжнародних стандартів, зокрема – ISO серії 9000, і відповідного сертифікату. Серед ряду проблем, що постають перед підприємствами цукрової галузі, слід виділити недостатньо ефективну базу оперативного технологічного контролю якості сировини, проміжних продуктів виробництва та готової продукції. Необхідно звернути увагу на відсутність мікробіологічних лабораторій та практики мікробіологічного контролю у більшості підприємств цу-

крової галузі. В той же час, до вимог національних стандартів – ДСТУ 4623-2006 «Цукор білий. Технічні умови» та ДСТУ 3696-98 «Меляса бурякова. Технічні умови», включено й мікробіологічні показники якості.

Слід зазначити, що мікробіологія цукрового виробництва – як окремий напрямок галузевої науки, сформувалась на початку ХХ ст. На етапі зародження найбільша увага приділялася вивченню захворювань цукрових буряків під час вегетації та зберігання [1]. Так, у 1900 році було створено мікоентомологічну станцію у м. Сміла Київської губернії. Зі створенням у 1927 році лабораторії сировини (згодом виокремлено лабораторію мікології та мікробіології) при Українському науково-дослідному інституті цукрової промисловості (м. Київ) розпочалось систематичне вивчення мікологічної флори кагатної гнилі цукрових буряків. В лабораторії працювали видатні вчені-мікологи М.М. Підоплічко, С.Ф. Морочковський. У зв'язку з реорганізацією інституту у Всесоюзний інститут цукрової про-

мисловості, у 1931 році було створено лабораторію мікробіології і фітопатології, в якій проводилась наукова робота в напрямках вивчення мікрофлори кагатної гнилі цукрових буряків; хвороб цукрових буряків під час вегетації, фізіології та біохімії збудників кагатної гнилі цукрових буряків. Лабораторія об'єднала роботу фітопатологічних відділів дослідно-селекційних станцій Голоцукру, що сприяло проведенню великого обсягу наукових досліджень з метою забезпечення технологічної якості цукрових буряків під час зберігання.

зати на велику трудомісткість, тривалість, матеріаломісткість мікробіологічних аналізів. Окрім того, для впровадження в практику технологічного контролю виробництва мікробіологічних методів аналізу необхідно забезпечити створення та функціонування спеціалізованої мікробіологічної лабораторії, що потребує як встановлення додаткового обладнання, так і наявності кваліфікованих працівників.

В той же час слід відмітити, що перебіг мікробіологічних процесів у виробництві білого цукру як з буряків, так і з тростинного цукру-сирцю, не-

Таблиця 1

Мікробіологічні показники якості продуктів цукрового виробництва

Назва показника	Нормативний документ	
	ДСТУ 4623-2006 «Цукор білий. Технічні умови»	ДСТУ 3696-98 «Меляса бурякова. Технічні умови»
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0 x 10 ³	1,0 x 10 ⁵
Плісеневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0 x 10	1,5 x 10 ⁴
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0 x 10	-
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г	Не допускають	-
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не допускають	-

Наукові основи мікробіології та мікробіологічного контролю у виробництві цукристих речовин ґрунтуються на загальних теоретичних положеннях та досягненнях сучасної науки. Практичні положення, що стосуються мікробіологічного контролю виробництва цукру, викладено у посібниках «Руководство по микробиологическому контролю сахарного производства» (1968 р.), «Указания по ведению микробиологического контроля свеклосахарного производства» (1984 р.). Необхідно відзначити внесок ВНИИСП (згодом УкрНДІЦП) у становлення мікробіологічного контролю бурякоцукрового виробництва і, зокрема к.т.н. Находкіної В.З. У ВНДІЦП виконано ряд науково-дослідних робіт, спрямованих на розроблення способів дезінфекції у виробництві, удосконалення методик проведення мікробіологічних аналізів сировини та продуктів виробництва. Велика увага приділялась розробленню галузевих стандартів щодо мікробіологічних показників готової продукції (цукор-пісок, сироп, цукор-рафінад, меляса), порядку відбору і підготовки проб, методик визначення мікробіологічних показників.

Поряд з вищевказаним необхідно зазначити, що, незважаючи на наявну методологічну базу, методи мікробіологічного аналізу не набули широкого впровадження у практику лабораторного контролю цукрового виробництва. Серед причин, що гальмували цей процес, слід вка-

гати впливає на ефективність виробництва та якість готової продукції [3-6]. Зокрема, внаслідок розвитку кагатної гнилі погіршується якість сировини, що призводить до зменшення виходу та зниження якості білого цукру. Перебіг мікробіологічних процесів під час екстрагування сахарози з бурякової стружки спричинює розкладання сахарози, утворення ряду кислот, декстрану, що призводить до значних втрат сахарози у виробництві, погіршення якості білого цукру, а в окремих випадках – до зниження продуктивності заводу. Вищевказані наслідки мікробіологічних процесів у виробництві цукру свідчать про актуальність проведення контролю та розроблення заходів щодо їх попередження та усунення, а також забезпечення санітарних умов виробництва для випуску готової продукції згідно вимог ДСТУ (таблиця 1).

Отже, актуальність мікробіологічного контролю цукрового виробництва зумовлена як пріоритетністю дотримання вимог нормативних документів щодо біологічної чистоти цукру, так і необхідністю зменшення втрат сахарози під час зберігання та перероблення буряків чи тростинного цукру-сирцю.

Під час зберігання цукрових буряків виникають, а іноді й швидко розвиваються ураження, які спричиняють масове загнивання коренеплодів в кагатах чи польових кучах. Інтенсивність розвитку кагатної гнилі залежить, в першу чергу, від умов зберігання та початкового стану коренепло-

дів. Основними збудниками кагатної гнилі при зберіганні цукрових буряків є міцеліальні гриби, серед яких ідентифіковано більше 150 видів, зокрема з найбільш поширених родів: *Fusarium*, *Phoma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Gliocladium*, *Verticillium*, *Botrytis*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Alternaria* тощо. До найбільш активних збудників кагатної гнилі належать види: *Botrytis cinerea*, *Phoma betae*, *Fusarium culmorum*, *Mucor mucedo*, *Rhizopus nigricans*, *Sclerotinia intermedia* [1]. До складу кагатної гнилі входить також бактеріальна мікрофлора (за даними С.Ф. Морочковського, більше 60 видів). Існує декілька типів бактеріозів, які можуть уражати цукрові буряки як під час вегетації, так і зберігання, спричиняючи ослизнення бурякової тканини, утворення сухих наростів, почорніння судинно-волоконистих пучків коренеплоду. Зазвичай розвиток бактеріальних мікробіологічних процесів відбувається внаслідок ураження коренеплодів міцеліальними грибами, що призводить до повного розкладання органічних сполук після відмирання рослинної тканини. Проте слід зазначити, що деякі активні види бактерій здатні до самостійного ураження коренеплодів цукрових буряків, зокрема *Erwinia Betae*, *Corynebacterium beticola*.

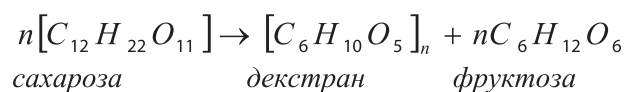
Одним із найбільш вузьких місць, з точки зору розвитку мікробіологічних процесів у виробництві цукру з буряків, є дифузійний апарат [3-5]. Внаслідок перебігу мікробіологічних процесів під час екстрагування зменшується вміст сахарози та погіршується якість дифузійного соку. Серед ряду причин, що зумовлюють інтенсивність мікробіологічних процесів, слід виділити: недотримання температурного режиму процесу екстрагування, наявність коренеплодів, уражених кагатною гниллю чи слизистим бактеріозом, недостатній ступінь відмивання буряків, низьку якість живильної води. Мікрофлора дифузійного соку представлена бактеріями, дріжджами та міцеліальними грибами, загальна кількість яких в 1 см³ соку коливається від десятків тисяч до десятків мільйонів. Необхідно зазначити, що в процесі екстрагування міцеліальна мікрофлора не розвивається, проте спори мікроорганізмів залишаються у дифузійному соку, і як свідчать дослідження, частково можуть зберігатися протягом всього технологічного процесу і впливати на мікробіологічну забрудненість густих продуктів та, відповідно – білого цукру. Цей факт підтверджується видовою характеристикою мікрофлори білого цукру та меляси [4].

Найбільшу небезпеку під час технологічного процесу спричинює розвиток бактеріальної мікрофлори, представленої, в більшій мірі, циліндричними (паличкоподібними) та сферичними (коковими) бактеріями. Паличкоподібні бактерії поділяються на такі, що утворюють ендоспори (*Bacillus*, *Clostridium*), і на такі, що не утворюють ендоспор (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*). Необхідно зазначити, що спори бактерій виявляють ви-

соку стійкість до дії фізико-хімічних факторів, що знижує ефективність дезінфекційних заходів у виробництві.

Інтенсивний розвиток бактеріальної мікрофлори в умовах екстрагування сахарози зумовлений особливостями розмноження бактерій. Так, шляхом простого ділення кількість бактеріальних клітин може збільшуватися удвічі через кожні 20-30 хв. [7]. Швидкість розмноження бактерій залежить від поживності середовища, його вологості, температури, аерації. Крім того, на швидкість розмноження впливає кількість мікробних клітин, внесених у поживне середовище: чим більше внесено мікробних клітин, тим швидше в перші години вони розмножуються, що пояснюється надходженням в середовище проміжних продуктів обміну речовин мікроорганізмів – стимуляторів росту. Оскільки оптимальна температура розвитку більшості бактерій становить 25...38 °С то значна частина мезофільних бактеріальних клітин гине під час технологічного процесу виробництва. Проте, існують термофільні бактерії, життєдіяльність яких продовжується за більш високих температур (40...65 °С), що призводить до перебігу ряду біохімічних реакцій розкладання органічних сполук і, зокрема сахарози. В основному бактерії розвиваються у нейтральному або слаболужному середовищі. Більшість бактерій є аеробами, і тільки деякі з них вважаються факультативними анаеробами.

Основними джерелами надходження мікроорганізмів у дифузійний апарат є бурякова стружка та живильна вода. В кагатній гнилі виявлено різні види гетероферментативних молочнокислих бактерій [8]. Паличкоподібні форми (*Lactobacillus brevis*) зброджують цукри буряків з утворенням молочної, оцтової, мурашиної кислот, етилового спирту та СО₂, а гетероферментативні коки роду лейконосток (*Leuconostoc mesenteroides*, *L. dextranicum*) у середовищах, що містять цукор, утворюють слизові капсули, які складаються з полісахариду декстрану, що утворюється при гідролізі сахарози:



Оптимальна температура розвитку слизоутворювальних бактерій становить 30...37 °С, проте за рахунок наявності капсул, клітини виявляють більшу стійкість до дії високих температур та хімічних речовин. Так, їх загибель відбувається при обробленні паром за температури 105...115 °С. Необхідно також зазначити, що нейтральне або слабо лужне середовище сприяє розвитку слизоутворювальних бактерій, в той час як у кислому середовищі їх життєдіяльність пригнічується [7, 8].

В кагатній гнилі виявлено амоніфікуючі (гнилісні) та маслянокислі бактерії. Оптимальною

логічному контролю виробництва.

Активний розвиток мікробіологічних процесів може мати локальний характер, тому при ситуативному оцінюванні у дифузійному апараті важливо здійснювати аналіз екстракту, відібраного з різних точок по довжині чи висоті апарату [11]. У таблицях 2 та 3 наведено результати досліджень вмісту мікроорганізмів та продуктів їх метаболізму – молочної кислоти, нітритів, загального вмісту кислот у дифузійних установках нахиленого та колонного типів. Під час досліджень проби екстракту відбирали з різних зон по довжині чи висоті дифузійного апарату. Аналіз результатів (табл. 2) показав, що у нахиленому дифузійному апараті спостерігається поступове накопичення молочної кислоти у напрямку руху живильна вода – дифузійний сік, що пояснюється протитечієм екстрагуванням сахарози з бурякової стружки. Згідно одержаних експериментальних даних за умови стабільної роботи дифузійної установки, найбільший приріст молочної кислоти спостерігався у зонах 4-ї та 1-ї камер нагріву. Високий приріст молочної кислоти у екстракті, відібраному у зоні 1 камери нагріву, зумовлений як наявністю локальних ділянок недогріву сокостружкової суміші, так і її переходом з бурякової стружки. Так, середній вміст молочної кислоти у буряковому соку коливається в межах 2...12 мг/100 см³ соку, що в значній мірі залежить від стану коренеплодів, наявності загнилих, підмерзлих тощо. Збільшення приросту вмісту молочної кислоти у екстракті, відібраному із зони 4 камери нагріву, зумовлено перебігом мікробіологічних процесів внаслідок зниження температурного режиму та надходження живильної води, яка може містити значну кількість мікроорганізмів.

Необхідно зазначити, що молочна кислота є виключно продуктом розкладання сахарози внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів. В той же час, під час екстрагування відбувається перебіг процесу кислотного гідролізу сахарози з утворенням ряду органічних кислот. Тому приріст загального вмісту кислот завжди спостерігається у нахилено-

му дифузійному апараті у разі утворення застійних зон («пробування»), що пояснюється не тільки активним розвитком мікробіологічних процесів, але й розкладанням сахарози внаслідок автокаталітичної реакції [2]. Зменшення вмісту мікроорганізмів у соку, відібраному у зонах, що відповідають 2-3 камерам нагріву нахиленого дифузійного апарату, є наслідком пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів за температури 70...72 °С.

Аналіз мікробіологічної забрудненості, вмісту молочної кислоти та нітритів у дифузійному соку та пробах, відібраних з різних точок колонної дифузійної установки, свідчить про інтенсивний розвиток мікроорганізмів у нижній частині колони (табл. 3).

Серед можливих причин розвитку мікробіологічних процесів у нижній частині колонного дифузійного апарату слід звернути увагу на недостатньо ефективну організацію та проведення заходів щодо дезінфекції. Зокрема, важливо забезпечити необхідну кількість точок введення дезінфекційного засобу з врахуванням наявного стану розвитку мікробіологічних процесів у дифузійному апараті. Слід враховувати, що частинки розвареної бурякової стружки можуть тривалий час перебувати у нижній частині колони внаслідок утворення застійних зон або недоочищення ситової поверхні. За даними проведеного дослідження саме в цій зоні колонного апарату було виявлено високий вміст слизоутворювальних мікроорганізмів.

Таким чином, актуальність створення мікробіологічних лабораторій на підприємствах цукрової галузі зумовлена як фактором обов'язковості контролю показників якості готової продукції відповідно до нормативних документів, так і можливістю покращення техніко-економічних показників виробництва та підвищення виходу цукру, за рахунок запобігання мікробіологічним процесам.

До основних завдань мікробіологічного контролю цукрового виробництва належить:

- аналіз мікробіологічних процесів при зберіганні сировини (буряків, тростинного цукру-сирцю);

Таблиця 3

Технологічні та мікробіологічні показники бурякового, дифузійного соків та екстракту, відібраного по висоті колонного дифузійного апарату

Показники	Точки відбору				
	Буряковий сік (стружка)	Дифузійний сік	Низ колони	Середня частина колони	Верх колони
Вміст молочної кислоти, мг/100 см ²	9,9	15,4	12,0	5,7	3,5
Вміст нітритів, мг/дм ³	6,8	24,4	21,3	8,1	6,3
Загальний вміст мікро-організмів, КУО, млн/см ³	6,7	8,4	7,2	5,1	3,7
Вміст слизоутворювальних бактерій, КУО, млн/см ³	1,1	1,3	1,9	0,8	0,6

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

- виявлення шляхів потрапляння мікроорганізмів у технологічний процес виробництва цукру;
- визначення мікробіологічної забрудненості технологічних продуктів на окремих станціях виробництва;
- встановлення критичних точок оперативного контролю можливого перебігу мікробіологічних процесів у виробництві;
- розроблення заходів, спрямованих на запобігання мікробіологічних процесів і зменшення втрат сахарози;
- забезпечення умов для виробництва білого цукру високої якості відповідно до вимог біологічної чистоти ДСТУ;
- контроль мікробіологічної забрудненості білого цукру і меляси при зберіганні та відвантаженні споживачам.

Існуючі відмінності в технологічному оснащенні цукрових заводів потребують диференційованого підходу щодо дезінфекції на окремих стадіях технологічного процесу, зокрема: обладнання, технологічних вод, проміжних продуктів. Таким чином, тільки на основі результатів мікробіологічного контролю можливим є розроблення дієвого плану заходів щодо дезінфекції у виробництві, а у випадку необхідності – внесення оперативних змін в порядок проведення дезінфекції на стадіях виробничого процесу. Для забезпечення та організації роботи мікробіологічних лабораторій необхідно удосконалити галузеві регламенти, рекомендації, методики тощо.

Отже, сучасні реалії глобалізації ринку харчової продукції потребують впровадження нових підходів у вирішенні проблеми якості як ключової у формуванні передумов успішного бізнесу та гарантуванні безпеки споживачу. Ігнорування сучасних тенденцій у питанні контролю якості продукції може негативно вплинути на конкурентоспроможність вітчизняного цукру як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках. ■

Список використаних джерел

1. Морочковский С.Ф. Грибная микрофлора кагатной гнили сахарной свеклы / С.Ф. Морочковский. – М. : Пищепромиздат, 1948. – 214 с.
2. Хелемский М.З. Биохимия в свеклосахарном производстве / М.З. Хелемский, М.Л. Пельц, И.Р. Сапожникова. – М. : Пищ. пром-сть, 1977. – 224 с.
3. Nystrand R. Состав и биохимическая активность термофильной микрофлоры экстракционного аппарата / R. Nystrand, G. Naska // Zuckerindustrie. – 1987. – Nr 9 (т 112). – P. 771–777.
4. Находкина В.З. Микробиология и микробиологический контроль в свеклосахарном производстве / В.З. Находкина. – М. : Пищевая пром-сть, 1975. – 94 с.
5. Гусятинська Н.А. Питання мікробіологічного контролю та вибору антисептика при екстрагуванні цукрози / Н.А. Гусятинська // Цукор України. – К. : НАЦУ – 2006. – №6. – С. 12-15.
6. Гусятинська Н.А. Особливості мікробіологічного контролю у виробництві цукру з тростинного цукру-сирцю / Н.А. Гусятинська // Цукор України. – К. : НАЦУ – 2010. – №3. – С. 32-36.
7. Богданов В.М. Техническая микробиология пищевых продуктов / В.М. Богданов, Р.С. Баширова, К.А. Кирова и др. – М. : Пищевая промышленность, 1968. – 744 с.
8. Бронштейн Д.Г. Микробиология и микробиологический контроль в сахарном производстве / Д.Г. Бронштейн. – М. ЦИНТИпищепром, 1964. – 48 с.
9. Белостоцкий Л.Г. Указания по ведению микробиологического контроля свеклосахарного производства / Л.Г. Белостоцкий, В.З. Находкина. – К. : ВНИИСП, 1984. – 164 с.
10. Чернявская Л.И. Источники инфицирования стружки и микробиологический экспресс-метод определения потерь сахарозы вследствие разложения / Л.И. Чернявская, О.В. Леонтьева, Ю.А. Зотова // Цукор України. – 2003. – №2. – С. 11-13.
11. Гусятинська Н.А. Наукове обґрунтування та розроблення фізико-хімічних методів інтенсифікації вилучення сахарози з цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук.: спец. 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння» / Н.А. Гусятинська; Нац. ун-т харч. технолог. – К., 2008. – 41 с.

ЦІКАВІ НОВИНИ

Вчені навчилися отримувати цукор з соломи і цвілі

Дослідники Віденського технологічного університету відкрили набагато легкий і економічний процес отримання еритрита, натурального цукрозамінника, виявивши, що особливий вид цвілі *Trichoderma reesei* специфічним чином впливає на хімічні елементи соломи. Досі еритрит виробляли тільки з особливого виду дріжджів, одержуваних з висококонцентрованою патоки. Вченим вдалося генетично модифікувати грибок таким чином, щоб збільшити кількість виробленого еритрита до необхідного рівня. Одержуваний таким чином підсолоджувач за смаком еквівалентний 70-80% солодкості цукру.

Джерело: The Science