

Г.О. Сімахіна, д-р.техн.наук

Штанько О.А.

ВИКОРИСТАННЯ КРІОТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОТРИМАННІ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК З ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ БУРЯКОЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Збереження здоров'я та збільшення тривалості повноцінного життя є пріоритетним завданням як у масштабах країни, так і для кожної людини зокрема.

Харчування населення відноситься до найважливіших чинників, що визначають здоров'я нації, її потенціал та перспективи розвитку. Здорове харчування є запорукою активного довголіття, підвищення стійкості організму до несприятливих впливів довкілля, забезпечує нормальний ріст та розвиток дітей, є ключовою умовою прогресу і якості життя.

Протягом останніх років спостерігаються стійкі несприятливі зміни в структурі харчування населення України. За різних причин сталось різке зниження споживання біологічно цінних продуктів – м'яса, молока, яєць, риби, овочів, фруктів, рослинних олій при одночасному відносно стабільному високому рівні споживання хлібопродуктів, сала, картоплі. У населення України спостерігається так званий "прихований голод" внаслідок дефіциту в харчовому раціоні вітамінів, особливо антиоксидантного ряду (А, Е, С), макро- і мікроелементів (йоду, заліза, цинку, кальцію, фтору, селену). Дефіцит основних харчових речовин став масовим, постійно діючим чинником. На гіповітамінози страждають до 90 % населення України. Ця ситуація призвела до диспропорції у хімічному складі раціону (нестача одних та надлишок інших харчових речовин), що є основним чинником ризику виникнення аліментарних хвороб різних органів та систем організму внаслідок незбалансованого харчування.

Проблема забруднення довкілля радіонуклідами, важкими металами внаслідок аварії на ЧАЕС та забезпечення населення харчовими продуктами здатними зменшити вплив, знешкодити або вивести зазначені речовини з організму набула в Україні державного значення. Так з 1 вересня 1995 року в Україні протирадіаційні харчові добавки підлягають державній реєстрації та гігієнічній регламентації, а в 1996 році створено комісію „Гігієнічної регламентації хімічних та біологічних речовин протирадіаційного призначення” при комітеті з питань гігієнічного регламентування МОЗ України, яка займається державною реєстрацією, контролем за якістю, розробкою стратегії пошуку, вивчення та застосування речовин, що володіють радіопротекторною дією.

Вчені України та інших країн (особливо країн СНД) займаються пошуком та розробленням нових харчових продуктів збагачених антиоксидантами, антиканцерогенами, речовинами радіопротекторної дії та мікроелементами, відсутність або нестача яких у раціоні харчування викликає так званий “прихований голод”.

З цією метою використовуються як традиційні джерела харчових добавок, так і нетрадиційні. Зокрема багато уваги приділяється дії харчових добавок та продуктів, що містять різноманітні мінеральні речовини, вітаміни та харчові волокна, на всі системи та функції організму.

На даний час в світі відомо багато способів отримання харчових добавок із рослинної сировини та побічних продуктів її переробки, але, в основному, ці способи передбачають теплову обробку, що негативно впливає на біологічну цінність кінцевого продукту, оскільки за теплової обробки значна частина поживних речовин, зокрема вітаміни, руйнується. Тобто для отримання продукту придатного до споживання доцільно використовувати технології, які б забезпечували збереження основних поживних речовин, що містяться в сировині.

Тому актуальним являється розробка і застосування ресурсозберігаючих і безвідходних технологій комплексної переробки вітаміновмісної сировини, отримання з неї фітодобавок, зниження втрат вітамінів та інших БАР,

використання нетрадиційних джерел БАР, створення харчових продуктів направленої лікувально-профілактичної дії, збагачених натуральними біологічно активними речовинами.

Таким чином отримання есенціальних біологічно активних речовин з рослинної сировини та побічних продуктів її перероблення є актуальним як з точки зору максимального використання усіх складових рослинних матеріалів, так і з метою розширення спектру ринку продуктів здорового харчування і забезпечення ними усіх верств населення України.

Одним із шляхів вирішення цього питання є використання в якості нетрадиційних джерел БАР цукровий буряк, та продукти його переробки – жом і мелясу, які містять багато мінеральних речовин, аміно- та оксикислот та інші

На даний час цукробурякове виробництво передбачає два види відходів, окрім товарного цукру, або побічної продукції – це жом і меласа. Жом в своєму складі містить майже 95% нерозчинних речовин, які знаходяться в буряку. Це такі речовини як целюлоза, гемицелюлоза, пектин (нерозчинна фракція), сапонін, мікро- та макроелементи та інші. Меляса ж навпаки є джерелом розчинних речовин, які в процесі екстракції перейшли в дифузійний сік, але в подальшому ході виробництва не видалилися з нього. Тобто жом і мелясу можна використати в якості досить дешевих і повноцінних джерел біологічно активних речовин.

Жом – це стружка цукрового буряку, яка пройшла стадію знецукрення (екстракцію). Під час екстракції майже всі розчинні речовини переходять в розчин (дифузійний сік), а знецукрена стружка містить нерозчинні речовини такі як целюлоза, гемицелюлоза, пектинові речовини, мінеральні речовини тощо.[1]

Клітковина та гемицелюлоза відносяться до харчових волокон, які за сучасною теорією адекватного харчування повинні бути невід'ємним компонентом їжі людини, впливаючи на моторно-евакуаційну функцію кишечника, ліпогенний потенціал жовчі, величину рН шлунку.

Меляса – це побічний продукт цукробурякового виробництва, який утворюється при центрифугуванні і являє собою складну суміш всіх хімічних речовин, які потрапили у виробництво з сировиною.

За даними О.А.Герасименка [2] меляса містить 44-50% цукрози, 22-27% води, 30-36% нецукрів, до них відносяться безазотисті речовини (7-8%), азотисті речовини (0,7-2,5%), мінеральні речовини (9,5-10%), а також 3-4% речовин, які є продуктами розкладу цукрози в процесі очистки.

Основним компонентом, меляси є цукроза, тобто цукор – один з найважливіших елементів процесу харчування людини, який дозволяє швидко поповнити, як і будь-який вуглевод, енергетичний запас людини. До складу меляси також входять фруктоза, глюкоза (біля 1%), які теж швидко засвоюються організмом, рафіноза (біля 1,5%), кестоза (0,4-0,6%) та галактоза (0,27-0,33%). [1,2]

Безазотисті органічні нецукри - пентозани арабан і галактан, а також продукти їхнього розщеплення - арабіноза і галактоза, що при виробництві цукру з буряка в процесі дефекації вапном не осаджуються і переходять у мелясу, що є продуктами розщеплення пектинових речовин, можуть бути використані для профілактики і лікування хвороб, які є наслідком аварії на Чорнобильській АЕС, отруєнь пестицидами, нітратами та інш.

Меляси містять також органічні кислоти: одноосновні — мурашину, оцтову, капринову, трикарбалилову, лауринову, пальмітинову; двухосновні — щавлеву, глутарову, малонову; оксикислоти — гліколеву, молочну, яблучну, винну, лимонну, а також альдегідо-, кето- та інші карбонові кислоти, з яких найбільшу цінність становлять двохосновні та оксикислоти (яблучна, щавлева, винна, лимонна та ін.), які сприятливо впливають на організм людини і створюють необхідну кислотно-лужну рівновагу. Вони розчиняють шлунковий сік, покращують апетит, пригнічують розвиток чужорідних бактерій, оздоровлюють мікрофлору крові, сприяють видаленню з організму шкідливих речовин.

Азотвміщуючі речовини. У мелясі міститься від 1,2 до 2,5 % (до маси меляси) загального азоту. Загальний азот меляси складається з азоту органічних

основ, амінокислот, білків, амідів, солей амонію і нітратів.[2,3]

На вміст азотистих речовин у мелясі впливають ґрунтово-кліматичні умови вирощування буряка, умови її збереження і технологічний режим переробки на цукрових заводах. Чим вище температура повітря в період вегетації буряку і менше кількість опадів, тим більше азотвміщучих речовин накопичується в буряку і відповідно в мелясі. При збереженні буряка вміст азотвміщуючих речовин зменшується.

По кількісному вмісту амінокислоти в мелясах займають друге місце після органічних основ. Будучи амфотерними з'єднаннями, амінокислоти утворюють солі і з кислотами, і з основами, причому кислотна група в амінокислот виражена різкіше, ніж основна. Солі амінокислот з лугами і луго-земельними металами добре розчинні у воді. Амінокислоти міцні з'єднання, тому в умовах цукрового виробництва не змінюються і концентруються в мелясі. Основна кількість амінокислот переходить у мелясу з буряка і небагато утвориться в результаті лужного гідролізу білків дифузійного соку. У мелясі міститься найбільша кількість глютамінової кислоти, здатної мимовільно відщеплювати воду і перетворюватися в пірролідонкарбонову кислоту: Таке перетворення відбувається й у процесі виробництва цукру. тому в меласі основна частина глютамінової кислоти знаходиться у виді пірролідонкарбонової. Під дією сильних кислот і основ пірролідонкарбонова кислота, гідролізуючись, знову перетворюється в глютамінову, яка широко застосовується в медицині, харчовій промисловості й інших галузях народного господарства.

Методом хроматографії і електрофорезу на папері ідентифіковано в мелясах 16 амінокислот (аспарагінова, серін, глютамінова, пролін, аланін, гліцин, валін, ізолейцин, лейцин, тирозин тощо).[3,4] Загальний вміст амінокислот у негідролізованих мелясах складає 3,5-13 %, причому в мелясах, отриманих з буряка, вирощеного в посушливих південних районах, вміст амінокислот більш високий.

В мелясі окрім вище названих амінокислот міститься ще один представник

азотовміщуючих речовин - бетаїн, який за своїм хімічним складом близький до лецитину – регулятора обміну речовин. Бетаїн до того ж сприяє засвоєнню білків і поліпшує роботу печінки.

Мінеральні речовини необхідні для підтримання організму людини у функціональному стані. Вміст мінеральних речовин в мелясах залежить від ґрунтово-кліматичних умов виростання буряка, а також від його сорту.

На склад золи в мелясі впливає технологічний режим роботи цукрових заводів, ступінь чистоти використовуваної води і якість вапняного каменю. Так, при додаванні соди і фосфату натрію з метою підвищення натуральної лужності соку, у мелясах збільшується вміст Na_2O . У результаті сульфатації, яка застосовується для зменшення забарвленості продуктів, у мелясу попадає деяка кількість SO_3^{2-} . Низький вміст у мелясі фосфорної кислоти свідчить про осадження частини цього нецукру у виді фосфату кальцію в процесі очищення. Вміст кальцію в мелассах залежить від якості роботи другої сатурації й інших станцій цукрового заводу.[1,2]

Найціннішим з макроелементів є калій, оскільки він являється головним хімічним подразником в організмі, визначаючи активність м'язів, нервів, серця; знижуючи вміст аміаку в клітинах; регулюючи водний обмін. Крім того калій, оскільки він є елементом рослинного походження краще засвоюється організмом людини.

У мелясі містяться також мікроелементи барій, свинець, бор, залізо, кобальт, мідь, срібло, кремній, стронцій, талій, цинк, марганець, молібден. Відомо, що кобальт, залізо, мідь і марганець необхідні для нормального протікання фізіологічних процесів у живих організмах. Особливу роль грає кобальт. Відсутність кобальту в кормі тварин негативно позначається на обміні речовин. У мелясу переходить майже весь кобальт, що міститься в буряку, що пояснюють утворенням іонами кобальту комплексних солей з органічними сполуками буряка. Нестача бору в ґрунті приводить до появи сухої гнилизни і псуванню серцевини буряка. Меляса, отримана зі здорового буряка, завжди містить сліди бора. Цинк є

коштовним мікроелементом для бродильних виробництв. Вивчення змісту мікроелементів у мелясах важливо як для встановлення її складу, так і для можливого використання в різних галузях (у бродильній промисловості, сільському господарстві і т.д.). Крім того відомо, що вживання препаратів цинку прискорює одужання хворих, нормалізує ріст дітей, зупиняє розвиток ревматизму, сприяє заживленню ран та виразок тощо.

Вітчизняні дослідники, аналізуючи меляси цукробурякових заводів УРСР різних районів бурякосіяння за виробничий сезон, знайшли такі мікроелементи: Al, Mg, Fe, Mn, Ni, Zn, Co, Ti, Mo, Cu, Pb, Sn, Si. По вмісту в мелясі мікроелементи були розділені на дві групи. До першої віднесені мікроелементи, кількість яких не перевищувало 10мг на 1 кг меляси. Це - Ni (1,6—7,6мг), Co (1,0— 7.6 мг). Zn (2,1-7,0 мг); Mo (1,0-1,2 мг),Pb (2,1-6,1 мг), а також Sn (1,0—4,1 мг, зустрічається не у всіх мелясах). До другої групи віднесені мікроелементи, кількість яких досягала чи перевищувала 100 мг на 1 кг меляси. До цієї групи віднесені: Al (93,0-690,9 мг), Mg (568,2-864,0 мг), Fe (82,6-265,8 мг). Mn (13.9-75,8 мг), Cu (10,5-69,1 мг) і Si (66,0-547,4 мг). Таке розходження в складі мікроелементів можна пояснити надходженням деяких з них у мелясу не тільки з буряка, але і з устаткування (наприклад, Fe, Pb і ін.), а також з допоміжних матеріалів, різних вод і т.д. Особлива роль у цьому відношенні належить вапняку. тому що крім Al, Fe, Mn, Mg він містить Ca і Si.[2,3,4]

Як бачимо меляса містить майже 90% необхідних людині біологічно активних елементів, до того ж мікро- та макроелементи меляси, в переважній більшості, знаходяться в органічному стані, тобто з'єднані з органічними речовинами в оптимальному співвідношенні для засвоєння їх організмом людини.

Аналіз літературних джерел дає змогу стверджувати, що отримання із меляси та жому бурякоцукрового виробництва харчових добавок з високим вмістом мінеральних елементів, амінокислот та розчинних вуглеводів є перспективним напрямом у розвитку харчової технології.

Оскільки меляса являється кінцевим продуктом бурякоцукрового виробництва, для отримання з неї продукту придатного для споживання недоцільно використовувати теплові процеси. При подальшому нагріванні меляси буде спостерігатися явище карамелізації та згорання речовин, які містяться в ній. При видаленні вологи з жому традиційними методами сушіння також значно руйнуються структура та поживні речовини, які знаходяться в ньому. Внаслідок чого жом втрачає свою поживну цінність в якості постачальника біологічно активних речовин. Тому й необхідно вести пошук нових технологій, щоб забезпечити максимально можливе збереження поживних речовин, які містяться в сировині. І одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання кріотехнологій які дають змогу отримати продукти профілактичної дії з високим вмістом природних біологічно активних речовин.

Все більшого поширення у світі набуває такий вид кріотехнологій як сублімаційне сушіння, принцип застосування якого заснований на використанні холоду в сполученні з вакуумом, значно знижує втрати поживних речовин порівняно із тепловим сушінням, майже не змінює структуру сировини та підвищує тривалість зберігання продуктів отриманих цим методом. [5,6,7] Маса продуктів сублімаційного сушіння складає від 1/4 до 1/10 початкової; упаковані належним чином, вони можуть тривалий час зберігатися без псування в звичайних складських умовах, при чому кількість мікроорганізмів, які знаходяться в початковому продукті стає меншою після висушування і зменшується в процесі зберігання. Так наприклад кількість *Saccharomyces cerevisiae* - близько 10% (від початкової кількості) після висушування і не змінюється при зберіганні протягом 10 років; грам-позитивні бактерії – *Brevibacterium flavum*, *B. lactofermentum*, *Corynebacterium acetoacidophilum* та *Streptococcus mutans* – після висушування знаходяться у кількості близько 80% порівняно від початкової кількості, після зберігання протягом 10 років кількість *Brevibacterium* та *Corynebacterium* майже не змінюється, а кількість *Streptococcus mutans* зменшується до 20%. Кількість грам-негативних бактерій після висушування таких як *Escherichia coli*, *Pseudomonas*

putida, *Serratia marcescens* та *Alcaligenes faecalis* становила близько 50% від початкової, а після зберігання впродовж 5 років їх кількість зменшувалась до 10%. [8]

Сублімаційне сушіння широко застосовується як у лабораторних, так і в промислових масштабах у медицині і біології (консервація складових крові і кровезамінників, біологічних препаратів, сироваток, мікробних культур, виробництво антибіотиків, гормональних препаратів і т.д.), у хімії (виробництво біологічних добрив, ряду полімерів і інших термолабільних матеріалів) і в харчовій промисловості (м'ясна, консервна, рибна промисловості та ін.).[6]

За допомогою сублімаційного сушіння виробляють консерви, що перевершують по якості продукти, законсервовані іншими методами, ліки, а також різні харчові добавки. Промислове виробництво харчових продуктів сублімаційного сушіння знайшло широке застосування в ряді країн і в даний час інтенсивно розвивається. Освоєно випуск значного асортименту сухих м'ясопродуктів, рибодуктів, фруктів, овочів і соків, готових кулінарних виробів і блюд, кава і т.д.[7]

В даний час загально визнано, що в процесі сублімаційного сушіння, як і при будь-якому методі переробки харчових продуктів, відбуваються деякі зміни властивостей вихідної сировини, але ці зміни мінімальні в порівнянні з результатами консервування продуктів раніше відомими методами: початкові якості продукту при сублімаційному сушінню зберігаються найбільшою мірою.

В нашій республіці теоретичні та експериментальні дослідження по сублімаційного сушіння зосереджено, в основному, в Харкові та Одесі, а з 1989р. проводяться і в Національному університеті харчових технологій під керівництвом академіка І.С. Гулого.[9]

Одне з останніх досягнень в області виробництва заморожених і сублімованих продуктів – застосування криогенних холодоагентів з низькою температурою кипіння – рідкого азоту, фреону та ін.

Найбільшого поширення отримав рідкий азот, використання якого зумовлюється двома чинниками: відносною інертністю і низькою температурою кипіння (-195,8 °C), що різко скорочує тривалість заморожування і збільшує потужність устаткування на одиницю виробничої площі.

Різде скорочення тривалості процесу заморожування значно покращило якість продуктів, а це дало змогу заморожувати нові види харчової сировини. За допомогою рідкого азоту за кордоном почали консервувати всі сорти фруктів та овочів, продукти м'ясної, рибної, хлібопекарської і кондитерської промисловостей.[10, 11]

Перевагами при використанні рідкого азоту є висока якість готової продукції, швидкість процесу заморожування, простота технології та устаткування, можливість автоматизації, невелика виробнича площа.

Крім того, низькотемпературне оброблення запобігає небажаним змінам сировини під дією власних ферментів, мікроорганізмів та окислювальних реакцій при контакті з киснем повітря.

Основним недоліком використання рідкого азоту як холодоагенту, що знижував ефективність його застосування, довгий час вважали високу вартість та великі витрати. Однак, зараз у всьому світі спостерігається тенденція до зниження вартості рідкого азоту за рахунок того, що у газовій промисловості при виробництві штучних матеріалів і кисню рідкий азот фігурує як побічний продукт. Його виробництво можна налагодити шляхом невеликих капіталовкладень.

Із вдосконаленням техніки та технології виробництва харчових продуктів із рослинної сировини вартість низькотемпературного перероблення зменшуватиметься, а в деяких випадках буде нижчим за традиційні теплові способи.[12]

Економічний та соціальний ефекти від впровадження низькотемпературних (кріогенних) технологій досить високі, враховуючи їхні переваги: невелика маса готових продуктів; практично повне збереження первинних властивостей

сировини; можливість зберігання сублімованих продуктів при звичайних умовах; різке скорочення витрат при їх транспортуванні на великі відстані.

Таким чином для забезпечення збереження основних поживних речовин, що містяться в сировині, в кінцевому продукті придатному до споживання доцільно використовувати кріотехнології.

Оскільки меляса являється кінцевим продуктом бурякоцукрового виробництва, для отримання з неї продукту придатного для споживання недоцільно використовувати теплові процеси. При подальшому нагріванні меляси буде спостерігатися явище карамелізації та згорання речовин, які містяться в ній. При видаленні вологи з жому традиційними методами сушіння також значно руйнуються структура та поживні речовини, які знаходяться в ньому. Внаслідок чого жом втрачає свою поживну цінність в якості постачальника БАР.

Підсумовуючи викладене можна стверджувати, що використання кріотехнологій при виробництві біологічно активних добавок до їжі з побічних продуктів бурякоцукрового виробництва дасть змогу отримати якісний продукт з високим вмістом біологічно активних речовин та порівняно невисокої вартості, що дасть змогу забезпечити необхідними функціональними речовинами практично всі верстви населення України.

Література

1. Сапронов А.Р. Технология сахара – М.:Колос, 1998 – 418 с.
2. Герасименко А.А., Олянская С.П., Гривцева Э.А. Меласса и мелассообразование в свеклосахарном производстве - К.: Вища школа, 1984. – 318с.
3. Белова Л.Д., Рябчук В.А. Аминокислотный состав свекловичной мелассы // Хлебопекарная и кондитерская промышленность.– 1992. - №7, с.37.
4. Н.Г.Гулюк Хроматографическое и спектрофотометрическое исследование состава мелассы // М.: Сахарная промышленность», №10 1991 С.23-25.

5. Сімахіна Г.О. Розроблення та вдосконалення технологій цукристих речовин та цукромістких харчових добавок: Дис...д-ра техн.наук: 05.18.05. – Київ, 1999. – 443 с.

6. *Охлаждение и замораживание мясных продуктов с помощью криогенных жидкостей*: № И – 34786 – 10 с.

7. C. Ratti Hot air and freeze-drying of high value foods: a review // Journal of Food Engineering. Vol. 49(4) – 2001 pp. 311-319.

8. Y.Miyamoto-Shinohara, T.Imaizumi, J.Sukenobe et al. Survival rate of microbes after freeze-drying and long-term storage // Cryotechnology 2000.- Vol. 10. pp.251-255.

9. Одержання продуктів харчування з високим вмістом біологічно активних речовин/ І.С.Гулий, М.О.Прядко, Г.О.Сімахіна, В.І.Асаулюк // Харчова та переробна промисловість. - 1993. - №10. - С. 9-10.

10. K. McDonald, Da-Wen Sun Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review // Journal of Food Engineering. Vol. 45(2) – 2000 pp. 55-65.

11. H. Vega-Mercado, M.M. Gongora-Nisto, G. V. Barbosa-Canovas Advances in dehydration of foods // Journal of Food Engineering. Vol. 49(4) – 2001 pp. 271-289.

12. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 240 с.