

В лабораторних умовах виготовлені експериментальні зразки напоїв, визначені їх органолептичні та фізико-хімічні (табл. 3) показники якості.

Слід зазначити, що за фізико-хімічними показниками напої відповідають вимогам діючих в Україні нормативних документів.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники напоїв

| Показник | Напій «Весняна свіжість» | Напій «Вранній бриз» |
|---|--------------------------|----------------------|
| Вміст сухих речовин, % | 5,4 | 6,1 |
| Кислотність, см ³ розчину гідроксиду натрію з конц. 0,1 моль/дм ³ | 3,15 | 3,59 |
| pH | 3,38 | 3,1 |

Проаналізовані мікробіологічні показники готових напоїв. Патогенні мікроорганізми (*Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*), бактерій групи кишечно-паличкоподібних, плісневих грибів та дріжджів у зразках не виявлено. Таким чином, при дотриманні технологічного регламенту виготовлення, введення в склад напоїв рослинного екстракту не погіршує мікробіологічні показники продукту.

Готові зразки напоїв мають приємний запах, гармонічний оригінальний смак з пряними нотами. Обидва напої мають насичений колір, непрозорі, що обумовлено властивостями використовуваного сировини.

Висновки

Проведені дослідження показали, що рослинні екстракти є перспективними для введення в склад безалкогольних напоїв оздоровчого профілю. Вони дозволяють надати напоїв нові оригінальні органолептичні властивості та збагатити їх біологічно активними речовинами, зокрема антиоксидантної дії. Для оптимізації процесу екстрагування цільовою є попередній етап створення фітокомпозицій з декількох видів рослинної сировини та їх подальше спільне екстрагування. Це дозволяє економити час та спрощує саму технологію.

Література

1. Урюпін Е.А. Здорові тенденції на ринку безалкогольних газуваних напоїв // Пиво та напої. – 2006. – № 1. – С. 52.
2. Тимошин А.В. Фруктово-ягідне та дикоросле рослинне сировина в виробництві безалкогольних напоїв // Пиво та напої. – 2010. – № 3. – С. 16.
3. Виробництво безалкогольної промисловості. Методи визначення сухих речовин: ГОСТ 6687.2-90. – [Чинний від 1991-07-01]. – М.: ИПК Видавництво стандартів, 2002. – 13 с.
4. Керівництво по методам контролю якості та безпеки біологічно активних добавок до їжі: Р. 4.1.1672-03. – [Дієвий від 2003-07-01]. – М.: ИПК Видавництво стандартів, – 2003. – 183 с.
5. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity // LWT. – 1995. – V. 28. – P. 25 – 30.
6. Запрометов М.Н. Основи біохімії фенольних сполучень. – М.: Наука. – 1976. – 123 с.

УДК 641.3:612.396/398

Вивчення впливу екзо- та ендогенних факторів на зміни біологічно активних речовин рослинної сировини

Мазуренко І.К., канд. техн. наук., ст. наук. співр., Філіпова Л.Ю.,
Ракулєнко Н.А., ст. наук. співр.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Науково-дослідний та проектний інститут стандартизації та технологій екобезпечної та органічної продукції», м. Одеса

У статті наведено результати вивчення найбільш важливих джерел впливу на втрати показників якості рослинної сировини та визначено напрями перетворень основних її компонентів.

In the article the results of study of the most ponderable sources of influence are resulted on the losses of indexes of quality of digister and certainly directions of transformations of its basic components.

Ключові слова: рослинна сировина, біологічно активні речовини, перетворення харчових нутрієнтів

Харчова цінність продуктів обумовлена ступенем збереження природних компонентів, зниженням їхніх втрат і перетворень під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів, частина з яких має визначальне значення. До таких факторів, безперечно, слід віднести температуру, тривалість перебування продукту у відповідній фазі, вологість, активність води, наявність кисню, а також активну кислотність, які визначають інтенсивність протікання ферментативних та неферментативних процесів під час зберігання і перероблення овочів, фруктів, ягід.

Вплив окремих факторів на зміни відповідного нутрієнту та механізм його руйнування широко вивчається сучасною наукою, але, як свідчить практичний досвід розроблення технологій виробництва фруктово-овочевої продукції, є ряд особливостей, що ускладнюють раніш вивчені механізми, які полягають у наступному. Харчовий продукт (сировина) – це складна полікомпонентна система, елементи якої мають індивідуальну лабільність до впливу ендо- та екзофакторів, різну реакційноздатність. Можна припустити, що механізми, наприклад, окислення аскорбінової кислоти під впливом вільного кисню на модельних розчинах та у харчовій системі будуть різні. У процесі перероблення на харчову систему впливають, як правило, одночасно декілька факторів, що також визначає особливості зміни окремих харчових нутрієнтів, тобто склад харчової системи є визначальним фактором для вивчення особливостей перетворення окремих харчових нутрієнтів під впливом інших чинників.

Рослинна сировина вважається важливим джерелом широкого переліку натуральних харчових нутрієнтів, які є життєво необхідними для формування збалансованих, повноцінних харчових продуктів. Одночасно лише обмежений перелік речовин володіє значною біологічною активністю або є незамінними для організму людини – рослинні білки, аскорбінова кислота, каротиноїди, органічні кислоти, фенольні речовини, полісахариди, ступінь збереження яких у процесі перероблення сировини є одним із критеріїв формування функціональних властивостей харчових продуктів.

Результати проведених аналітичних досліджень свідчать, що однією з основних причин зниження якості харчових продуктів зі втратою біоактивних компонентів є їхня хімічна деструкція. Значну роль у хімічних перетвореннях компонентів відіграють процеси ферментативного та неферментативного окислення нутрієнтів.

Для рослинної сировини найбільш характерними окислювально-відновлювальними системами є аскорбатредуктазна та фенолхінонна. За даними наукових джерел ці окислювально-відновлювальні системи є зворотними [1, 2].

Дослідження механізмів окислювальних процесів включало перевірку в умовах спланованого експерименту відомих закономірностей, які можуть стати основою для розроблення нових технологій:

— швидкість реакції окислення збільшується за наявності металів (Co, Mn, Fe, Cu), кисню (ферментативне окислення);

— швидкість реакції окислення збільшується під впливом світла, температури, кислотності, які сприяють утворенню вільних радикалів та залученню до реакцій взаємодії молекул харчових нутрієнтів сировини (неферментативне окислення);

— швидкість реакції окислення може бути різко пригальмована зі застосуванням інгібіторів окислювальних процесів – антиокислювачів/ антиоксидантів.

Для дослідження основних закономірностей та механізмів процесів окислення вуглеводів, поліфенолів, вітамінів, білків, визначено фактичний вміст цих елементів у фруктах, овочах – їхнього основного натурального джерела.

Обрані види сировини подрібнювали на шматочки розміром від 5 мм до 7 мм та протирали через сито з діаметром отворів 1,2 мм. Середня тривалість процесу для кожного виду сировини становила 10 хв. Створено умови для ферментативної активності, в першу чергу, поліфенолоксидази, аскорбатредуктази за рахунок вільного доступу кисню.

Критерієм оцінки стабільності або деструкції найбільш лабільних компонентів, які, перш за все, залучаються до реакції окислення, прийнято ступінь втрат відповідної речовини під впливом ферментативних процесів – показник кольору та масова частка оксиметилфурфуролу (індикатори утворення продуктів окислення).

Окислювальні процеси, які супроводжують первинне перероблення рослинної сировини, каталізуються в основному ферментами – оксидоредуктазою або оксидазою. Вплив на цьому етапі неферментативних перетворень незначний.

Експериментальні дослідження свідчать, що під час первинного перероблення фруктів, при порушенні субклітинних структур, визначальним є окислення аскорбінової кислоти і фенольних сполук. Про-

цес подрібнення сировини, який проводили в експериментальних умовах, за тривалістю максимально наближений до промислових умов та орієнтовно становить 10 хв. За цей період окислювальні перетворення в сировині характеризуються втратою аскорбінової кислоти від 14,2 % до 31,4 %, фенольних речовин – від 1,8 % до 3,3 % від їхнього вмісту у свіжій сировині. Максимальні втрати аскорбінової кислоти в яблуках, персиках та, відповідно, і фенольних сполук, пов'язані з активністю іонів заліза та міді, вміст яких у цих фруктах достатньо високий та які додатково прискорюють окислювальні процеси. Для малини, вишні і чорної смородини, в меншій мірі слив, встановлено незначні втрати аскорбінової кислоти, що в умовах експерименту обумовлюється високим вмістом оксикислот (до 1,7 %), які інактивують оксидази, тим самим зберігаючи аскорбінову кислоту від окислення. Але, як свідчать результати експерименту, вищезазначений механізм у моделях із одночасно високим вмістом оксикислот та моно- і дисахаридів (яблука, персики, абрикоси, вишні) викликає інші перетворення нутрієнтів – утворення різних окислених сполук, що підтверджується зміною інтенсивності забарвлення та накопиченням темнозабарвлених сполук. Для кількісної оцінки утворення темнозабарвлених сполук введено показник масової частки оксиметилфурфуролу. Слід відзначити, що на цьому етапі досліджень незначне накопичення оксиметилфурфуролу від 0,6 мг/кг до 0,9 мг/кг відзначається у рослинній сировині з високим вмістом моно- і дисахаридів (від 8,5 г до 10 г) та органічних кислот (від 1,2 г до 1,7 г). При цьому зміни масової частки білка, моно- і дисахаридів незначні – не перевищують 0,8 % та 1,7 % відповідно. Утворення темнозабарвлених сполук у проведеному експерименті не пов'язане з реакцією Майяра, а є, в основному, результатом ферментативного окислення фенолів до темнозабарвлених хінонів та каталітичного впливу кислот на редукувальні цукри. Отримані дані дозволяють також зробити висновок щодо оборотності фенольної окислювально-відновлювальної системи. Подрібнену фруктову м'якоть витримували додатково протягом 10 хв, після чого визначали масову частку фенольних речовин і аскорбінової кислоти. Встановлено, що після додаткового витримання втрати аскорбінової кислоти максимальні і складають від 75 % до 85 %, а фенольних сполук – не перевищують 10 %. Це свідчить, що продукти окислення фенольних речовин (хінони) окислюючи аскорбінову кислоту, самі ж відновлюються до фенолів. Такий висновок потребує більш глибокого обґрунтування для подальшого застосування антиокислюючих властивостей аскорбінової кислоти та фенольних сполук.

Для виключення ферментативного впливу на процеси перетворення нутрієнтів свіжої сировини (яблук, груш, абрикосів, персиків, чорної смородини, малини, слив) її бланшували парою за температури $(96 \pm 2) ^\circ\text{C}$ протягом 10 хв. Від моменту інактивації ферментів ми припускаємо, теоретично, що подальші можливі втрати біоактивних речовин здійснюються під впливом кисню, температури, активної кислотності (рН).

Кінетику неферментативного окислення та механізм теплової деструкції аскорбінової кислоти, полісахаридів та моно- і дисахаридів, поліфенольних сполук вивчено на модельному середовищі (буферна система) та в сировині після бланшування.

Дані експерименту свідчать, що при інактивації ферментів значно знижуються окислювальні перетворення аскорбінової кислоти і фенольних сполук. Втрати аскорбінової кислоти до 16,8 % пов'язані з активністю багатовалентних металів Cu^{2+} та Fe^{3+} , а також реакційністю продуктів окислення фенольних сполук. Аналогічні дослідження проведено за температурними режимами: $96 ^\circ\text{C} - 20$ хв; $96 ^\circ\text{C} - 30$ хв. Встановлено, що за 30 хв втрати аскорбінової кислоти досягають 50 %, при цьому накопичення темнозабарвлених сполук збільшується у 1,5 – 2 рази, тобто у незмінному температурному режимі основним фактором, який впливає на розвиток реакцій неферментативного окислення, є тривалість температурного впливу та склад харчового продукту.

Отримані дані щодо динаміки підвищення втрат моно- і дисахаридів та білка є підтвердженням термічного характеру реакції вуглеводів з амінокислотами, проміжним продуктом якого є оксиметилфурфурол.

Дані кінетичних параметрів процесів деструкції харчових нутрієнтів у серії експериментів, де змінними були температура фруктової або овочевої суміші – від $78 ^\circ\text{C}$ до $98 ^\circ\text{C}$ (застосовується для бланшування сировини), від $100 ^\circ\text{C}$ до $120 ^\circ\text{C}$ (пастеризація або стерилізація готового продукту) та величина рН (від 3,0 до 5,5), узгоджуються з результатами попередніх досліджень – в частині втрат аскорбінової кислоти у процесі теплового оброблення сировини при температурі $96 ^\circ\text{C}$ протягом 30 хв. Розрахований період напіврозпаду аскорбінової кислоти при температурі $98 ^\circ\text{C}$ складає 26,2 хв. Для руйнування 50 % фенольних сполук за аналогічним тепловим режимом необхідно 57,2 хв.

Результати експериментів свідчать, що окислення лабільних харчових компонентів протікає більш інтенсивно на різних стадіях теплового впливу (неферментативні процеси) та призводить до утворення темнозабарвлених сполук.

Підтвердженням цьому є зростання масової частки оксиметилфурфуролу у моделях фруктового і овочевого пюре в тест-пробірках, яке відзначається починаючи з витримання проби продукту протягом

25 хв: при температурі 100 °С – 4,5 мг/кг; при температурі 110 °С – 14,2 мг/кг; при температурі 120 °С – 24,0 мг/кг (при нормативному значенні цього показника – не більше 20,0 мг/кг готового продукту).

Відомо, що вихідними речовинами, з яких утворюється оксиметилфурфурол, є редукувальні цукри, зокрема глюкоза та фруктоза [3, 4]. Прийнято вважати основним шляхом утворення оксиметилфурфуролу реакції вуглеводів з амінокислотами. Але з даних, отриманих експериментально, видно, що більш інтенсивне накопичення оксиметилфурфуролу є характерним для фруктів з високим вмістом органічних кислот та фруктози при аналогічних умовах температурного впливу. Тобто реакційна здатність фруктози, при однакових умовах, в утворенні оксиметилфурфуролу вища, ніж глюкози. Це підтверджується експериментально: при витримуванні протягом 25 хв при 110 °С подрібнених яблук, груш, абрикосів, основним моносахаридом яких є фруктоза, швидкість утворення оксиметилфурфуролу орієнтовно в 3 рази вища у порівнянні з малиною, сливами, вишнею, чорною смородиною – основним моносахаридом яких є глюкоза.

Результатами експериментальних досліджень встановлено, що температура не єдиний фактор утворення оксиметилфурфуролу. У подрібнених фруктах і ягодах (яблуках, чорній смородині, малині) після витримування протягом 25 хв відзначається окислення аскорбінової кислоти, кінцевим продуктом якого, як свідчить наукові джерела, є фурфурол – проміжний продукт утворення оксиметилфурфуролу [5]. Цей новий механізм утворення оксиметилфурфуролу потребує подальшого дослідження.

Проведена серія експериментів спрямована на вивчення та систематизацію основних факторів та напрямів змінення кількісного та якісного складу харчових нутрієнтів внаслідок впливу ферментативних та неферментативних процесів, які не є уніфікованими, характеризуються значними відмінностями і залежать від виду сировини та її хімічного складу.

Проведеними дослідженнями встановлено, що на зміни масової частки каротиноїдів у рослинній сировині та продуктах її перероблення впливають різні фактори. Втрати каротиноїдів пов'язані з відходами каротиновмісної сировини на перших стадіях її технологічного оброблення, зміною співвідношення цис- та транс-ізомерів, процесами окислення.

Для вивчення механізмів деструкції каротиноїдів обрано види сировини, які є їхнім основним натуральним джерелом: морква, гарбуз, томати, кавуни, абрикоси.

Результати вивчення їхнього хімічного складу свідчать, що вищенаведені культури характеризуються достатньо широким діапазоном вмісту каротиноїдів, основними представниками яких у абрикосах, моркві, гарбузах є β -каротин (до 93 %), у помідорах, кавунах – лікопін (до 78 %).

Вивчено вплив окремих технологічних процесів підготовки каротиновмісної сировини – подрібнення, теплового оброблення та факторів, які супроводжують ці етапи: ферментативна активність, активний кисень, температура, тривалість, вільна волога, активна кислотність.

Дослідження ступеня механічного впливу та супровідних факторів проведено у три етапи. На першому етапі встановлено втрати каротиноїдів при порушенні цілісності структури плоду (подрібнення сировини) – на стадії механічного впливу втрати каротиноїдів складають у загальному від 1,6 % до 16,6 %.

На другому етапі досліджень вивчали вплив термічної дії та тривалості на кінетику деструкції каротиноїдів. Для цього подрібнену масу гарбуза, моркви, абрикосів, томатів, кавунів запаювали в тест-пробірки та моделювали тепловий вплив у діапазоні температур від 80 °С до 120 °С з аналізуванням проб кожні 5 хв.

Як свідчать результати досліджень, під впливом температур в інтервалі від 80 °С до 90 °С втрати каротиноїдів у модельних зразках складають від 4,6 % до 14,0 %. Після інактивації ферментів при температурі вище 98 °С спостерігається гальмування швидкості реакції окислення, після чого з підвищенням температури вміст каротиноїдів залишається відносно стабільним. Це пояснюється тим, що кисень є важливим фактором прискорення ферментативного або неферментативного окислення молекули каротину. Тобто загальні втрати каротиноїдів під впливом термічної дії (в інтервалі температур від 80 °С до 120 °С) в середньому складають від 9 % до 15 %.

Встановлено, що ступінь руйнування каротиноїдів у більшій мірі залежить також від хімічного складу сировини (вільна волога та активна кислотність). При аналогічних параметрах механічного і теплового впливу максимальні втрати каротиноїдів – до 32 % відзначено в абрикосах, помідорах (рН від 3,5 до 3,9, масова частка вологи 95,5 %); до 27 % – у кавунах (рН від 4,6 до 5,1, масова частка вологи 92,6%) та не вище 21 % – у моркві та гарбузах (рН від 5,1 до 5,6, масова частка вологи від 87,6 % до 90,6 %).

Різна швидкість термічної деструкції каротиноїдів залежно від рівня кислотності продуктів може стати критерієм обґрунтування складу продуктів на основі каротиновмісної сировини та технологій їхнього виготовлення.

Структура продукту, який містить каротин, лікопін, також значно впливає на стійкість каротиноїдів. На залежність втрат каротиноїдів від активної кислотності в умовах змінного теплового впливу впливає

також масова частка вологи у відповідній сировині. Характер втрат за цими факторами пов'язаний як з окислювальною деструкцією, так і з ізомеризацією. Більш наочно обидва вищезазначені механізми можна прослідкувати на прикладах визначених втрат β -каротину в абрикосах та лікопіну у томатах. У кислому середовищі, як вже відзначалося, більш інтенсивно відбуваються зміни стійкості подвійних зв'язків у молекулі каротину, що призводить до зменшення довжини хвилі максимуму поглинання та прояснення забарвлення (епоксидна ізомеризація), а також до зміни співвідношення цис- та транс-ізомерів каротину. Такий механізм при механічному або тепловому впливі супроводжується не тільки загальними втратами каротину і лікопіну, але й зниженням А-вітамінної активності продукту.

Результати досліджень мають практичне значення для проектування моделей рецептур функціональних продуктів та технологій їхнього виготовлення: переважаючими напрямками руйнування каротиноїдів є неферментативні окислювальні перетворення та неокислювальні зміни, пов'язані з ізомеризацією.

Висновки

За результатами досліджень визначено найбільш вагомі джерела впливу на втрати показників якості рослинної сировини та напрямки перетворень основних її компонентів:

- окислювальне потемніння, пов'язане з активністю фенолхіноної та аскорбатредуктазної ферментних систем та з активізацією окислювально-відновлювальних реакцій;
- термічна деградація вуглеводів, фенолів, органічних кислот, аскорбінової кислоти з розривом – С – С – та – С – Н – зв'язків із утворенням фурфуролу, оксиметилфурфуролу;
- часткове руйнування структури білка зі втратою основних амінокислот, яке пов'язане із взаємодією редукувальних цукрів з амінокислотами за реакцією Майяра, яка спричиняється на етапі ферментативного окислення вуглеводів та під впливом термічної дії;
- перетворення (ізомеризація і окислення) каротиноїдів.

Вивченню факторів, які впливають на інтенсивність хімічних реакцій та, відповідно, на втрати лабільних біоактивних речовин – вологість, активність води, активна кислотність, наявність кисню, температура, тривалість перебування об'єкту в певній фазі, необхідно приділити особливу увагу через те, що вони найбільш повно відображають загальні характеристики уніфікованого технологічного процесу перероблення рослинної сировини.

Література

1. Метлицкий, Л.В. Биохимия плодов и овощей. [Текст] / Л.В. Метлицкий. – М.: Экономика, 1970. – 271 с.
2. Скорикова, Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов [Текст] / Ю.Г. Скорикова. – М.: Пищевая про-сть, 1973. – 232 с.
3. Марх, А.Т. Биохимия консервированных плодов и овощей [Текст] / А.Т. Марх. – М.: Пищевая про-сть, 1973. – 370 с.
4. Метлицкий, Л.В. Основы биохимии плодов и овощей [Текст] / Л.В. Метлицкий. – М.: Экономика, 1976. – 349 с.
5. Букин, В.Н. Биохимия витаминов. Избранные труды [Текст] / В.Н. Букин. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

УДК 663.8

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ

Лилишенцева А. Н., канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский государственный экономический университет», г. Минск

Комарова Н.В.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», г. Минск

Было проведено изучение функциональных свойств пищевых волокон из выжимок плодоовощного сырья, в целях использования их как потенциальных источников волокон для обогащения пищи. Исследован компонентный состав волокон, соотношение растворимых и нерастворимых пищевых волокон.

We studied the functional properties of dietary fiber from fruit and vegetable raw bagasse, in order to use them as potential sources of fibers for food fortification. Investigated the component composition of the fibers, the ratio of soluble and insoluble dietary fibers.