

УДК 547.458-044.963:[664.853.046:634.11]

Наталія Сапожнікова

Одеська національна академія харчових технологій, Україна

РОЗРАХУНОК ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН

Nataliya Sapozhnikova

CALCULATION OF THE CONSISTENT PATTERN OF THERMAL DEGRADATION OF THE PECTIN

Термічна обробка – невід’ємна складова будь-якої технології виробництва консервованих продуктів - це попередня теплова обробка сировини, стерилізація (пастеризація). Поряд з безумовними перевагами термічної обробки, такими як розм’якшення тканини, надання еластичності сировині, видалення повітрі, інактивація ферментів, забезпечення мікробіологічної безпеки готового продукту та його стабільність при наступному зберіганні, є й ряд суттєвих недоліків. Теплова обробка викликає неминуче зниження органолептичних властивостей та харчової цінності готового продукту. Зміна окремих показників, яка має місце під дією тепла, буває різною в залежності від сировини (продукту) [1].

Яблука широко використовуються для промислової переробки на території України. Зокрема, з них виготовляють соки з м’якоттю, нектари, соуси, пасти, повидла та джеми, пюре-напівфабрикати, продукти для дитячого та лікувально-профілактичного харчування. Традиційні технології виробництва цих продуктів передбачають обов’язкову попередню теплову обробку сировини при температурі 95 ± 2 °C впродовж 5...15 хв, при якій спостерігається деградація пектинових речовин яблук, що веде до руйнування нерозчинних форм пектину, збільшення розчинних полісахаридів і, відповідно, до підвищення в’язкості плодової маси. Реологічні показники плодової маси обумовлюють не тільки якість продукту, а й зміну його властивостей при подальшому зберіганні та використанні.

Оскільки зовнішніми факторами, які впливають на швидкість розщеплення протопектину, є температура та активна кислотність середовища, були проведені експериментальні дослідження впливу цих факторів на гідроліз протопектину яблук.

Протопектин у рослинній тканині зв’язаний різними типами зв’язку (водневими, іонними, ковалентними, складно ефірними, цукровими при утворенні ланцюгів полігидроксигруп тощо), які руйнуються при нагріванні і пектин переходить у розчинний стан. Розрив цих зв’язків у протопектині залежить від температури, тривалості теплової обробки сировини чи напівфабрикату, рН середовища.

Теплова обробка сприяє деполімеризації, порушує водневі зв’язки у пектинових речовинах з подальшим їх набуханням і розчиненням. Внаслідок втрати цілісності серединного шару, зниження міцності тканини та збільшення масової частки розчинного пектину відбувається розм’якшення паренхимної тканини сировини, збільшення в’язкості пюреподібної плодової маси. Теплова обробка при 95 °C інактивує ферментативну систему яблук. Переходу протопектину у водорозчинний стан сприяють висока температура та рН сировини, що приводить до руйнування водневих та іонних зв’язків у протопектині.

Дослідження можливості регулювання процесу переходу протопектину в розчинну форму за рахунок зміни рН середовища при температурі 95 °C показало, що при рН 3 та рН 6 швидкість розм’якшення паренхімної тканини сировини зростає в порівнянні з рН 4 та рН 5, що корелює з літературними даними. Дослідження показали, що найбільша швидкість деполімеризації пектину спостерігається при значенні рН 3 та рН 6, яка відбувається за 13 хв. Швидкість проходження процесу знижується при значенні рН 4 та рН 5.

Таким чином, температура, тривалість обробки та рН середовища активно впливають на швидкість перетворення протопектину у розчинну його форму, змінюючи ступінь полі-

меризації пектину. Кисле та лужне середовище сприяють зменшенню молекулярної маси пектину і зменшенню кількості метоксильних груп. Розчинність пектину при значенні рН 3 та рН 6 зростає на 50 % у порівнянні з пектином у середовищі, де рН 4 та рН 5.

Обробка протертої яблучної маси при температурі 95 °С впродовж 16 хв сприяє зниженню концентрації протопектину на 60 % при рН 3 і рН 6 та на 10 % і 30 % при рН 4 і рН 5 відповідно.

Різницю в швидкості переходу протопектину в розчинну форму при сталій температурі та змінному рН середовища можна пояснити наступними факторами. Наявність слабких водневих і ковалентних зв'язків у пектинових речовинах призводить до того, що молекула пектину повільно деполімеризується навіть при кімнатній температурі. Глюкозидний зв'язок легко порушується при температурі нижче температури кипіння, а присутність у розчині кислот чи лугів каталізує гідроліз протопектину. Збільшення тривалості обробки пюреподібної яблучної маси при рН 3 та рН 6 призводить до подальшого гідролізу водорозчинного пектину з втратою метоксильних груп і утворенням низькомолекулярних олігомерних сполук.

З метою регулювання процесу деструкції протопектину шляхом зміни температури було досліджено процес гідролізу пектинових речовин яблук в змінному температурному полі. Відсутність зміни вмісту розчинного пектину в діапазоні температур 20...30 °С та незначне зростання водорозчинного пектину в діапазоні температур 20...60 °С обумовлено дією ферментів пектинметилестерази та полігалактуронази. При цьому знижується ступінь етерифікації розчинного пектину. В інтервалі температур від 60 °С до 80 °С відбувається розм'якшення тканин м'якоті, у сольових зв'язках протопектину проходять іонообмінні реакції. Іони Na^{2+} і K^{2+} заміщують в сольових зв'язках іони Ca^{2+} , Mg^{+2} в результаті ці зв'язки руйнуються і клітинні стінки втрачають жорсткість, збільшується кількість водорозчинних пектинових речовин. При температурі 90 °С спостерігається максимальний вміст водорозчинного пектину (0,9 %), подальше збільшення температури призводить до термічного руйнування ланцюга пектинових речовин, зміну структури клітин сировини.

Криві зміни масової частки протопектину мають експоненціальний характер, подібно до кривих руйнування мікроорганізмів [1] і деяких хімічних компонентів плодів [2], тобто процес переходу протопектину в розчинний пектин відповідає кінетиці хімічної реакції 1 - го порядку. Математична обробка кривих дозволила визначити кінетичні константи D та використати їх для розрахунку константи швидкості руйнування протопектину яблук K (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Залежність кінетичної константи D та константи швидкості руйнування протопектину яблук K від рН

рН	D, хв	K x 10 ⁻² , хв ⁻¹
3	25	4,0
4	55	1,8
5	45	2,2
6	20	5,0

Таблиця 2 – Залежність кінетичної константи D та константи швидкості руйнування протопектину яблук K від температури

Температура, °C	D, хв	K x 10 ⁻² , хв ⁻¹
20	714	0,14
30	370	0,27
40	230	0,43
50	149	0,68
60	111	0,90
70	51	1,96
80	38	2,63
90	18	5,55
100	16	6,25

Аналіз експериментальних даних показав, що найменша константа швидкості руйнування протопектину яблук при температурі $95 \pm 2^\circ\text{C}$ і рН 4 ($K = 1,8 \times 10^{-2}$, хв⁻¹) та при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ і рН 3,5..3,7 ($K = 0,14 \times 10^{-2}$, хв⁻¹). На підставі одержаних даних про вплив умов переробки сировини на перехід протопектину в розчинний пектин, керуючись константою D та K можна прогнозувати досягнення на етапі промислової переробки яблук заданого вмісту протопектину, тим самим регулювати технологічні властивості пюреподібної яблучної маси, зокрема її в'язкість.

Література

1. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва/ Б.Л.Флауменбаум, А.Т. Безусов, В. М. Сторожук, Г. П. Хомич. – Одеса: Друк, 2006. – С. 400.
2. Хаддад Бассам Махфуд. Разработка технологии низкометоксилированного пектина для получения консервированных желеобразных продуктов: дис. ... канд. тех-х наук: 05.18.13 / Хаддад Бассам Махфуд. - Одеса, 1993. – С. 126.
3. Донченко, Л. В. Пектин: основне свойства, применение и производство / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М.: ДеЛиПринт, 2007. – С. 276.