

Фролова Н. Е., канд. техн. наук
Домарецький В. А., д-р техн. наук
Хіврич Б. І.,
Кошова В. М., канд. техн. наук

НОВІ СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ СОЛОДУ ГОРОХУ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА

У вітчизняній та зарубіжній літературі [2, 3, 4] наведено повідомлення про структурні зміни вуглеводів і білків під час виробництва солоду із зернових культур. Солод гороху порівняно з горохом має низьку здатність набухання у воді, а також тривалий час варіння. Такі його властивості можуть свідчити про структурні зміни білка та крохмалю під час отримання солоду.

Метою роботи було вивчення та порівняння мікроструктури сім'ядоль гороху та солоду з нього, а також визначення фізико-хімічних показників, які є найбільш чутливими до змін просторової конфігурації складових зерна. Для вивчення мікроструктури зерна використовували метод порівняння поверхонь зрізу сім'ядоль, збільшених у 1000 та 4000 разів, отриманих у полі скануючого електронного мікроскопа. Як свідчать фотографії (рис. 1), мозаїки структурних складових клітин сім'ядоль гороху та солоду однакові і представлені насамперед зернами крохмалю різного розміру (КЗ). Середній діаметр крохмальних зернин коливається від 20 до 30 мкм.

На рис. 1, а, б показано зріз сім'ядоль гороху. На всіх зернах крохмалю можна побачити “прикріплений білок” у вигляді оболонки різної товщини. Цю оболонку добре видно на рис. 1, б. Фотографія дає можливість оцінити міцність крохмального зерна, яке майже не зазнало руйнувань під час виготовлення зрізу.

Привертає увагу комірчаста структура білкової матриці БМ, в якій щільно упаковано крохмальні зерна. Це цементує загальну структуру клітини, в якій майже немає повітряних порожнин. При механічних напруженнях крохмальні зерна легко випадають із своїх комірок, залишаючи чітко сформований осередок (О на рис. 1, б), який дає можливість судити про їхні розміри та форму.

Клітинна оболонка не зростається з білковою матрицею, яка, як “кубик у кубик”, вільно розміщується в клітині і разом з крохмальними зернами легко з неї випадає.

На рис. 1, в, г показано внутрішню структуру клітини солоду гороху. Як свідчать фотографії, складові елементи клітини зсунулися, багато зернин крохмалю випало, що зумовило появу значних повітряних порожнин. Це стало можливим завдяки руйнуванню внутрішніх клітинних зв'язків під час солодування гороху. Зріз крохмального зерна (рис. 1, г) втратив свою чіткість та гладеньку поверхню. На ній з'явилися глибокі тріщини, розколи. Вона стала щербатою, лускоподібною. Такий стан поверхні крохмального зерна може свідчити про появу в її структурі деякої крихкості. Білкова матриця відділилася від оболонки і зазнала суттєвих руйнувань. Подекуди вона ніби “змита”, що дає можливість заглянути всередину клітини та спостерігати упакування крохмальних зернин. Часом вона зберегла свою форму у вигляді комірок, з яких випали крохмальні зерна, в окремих місцях можна помітити її обривки у вигляді тонких стрічок та перемичок. “Прикріплений білок” став тоншим, компактнішим, міцніше обгортає крохмальні гранули.

На рис. 1, в можна побачити невеликого розміру кулькоподібні утворення, що об'єднуються білковою матрицею. Це алеїронові зерна АЗ, які наповнені білками і, як правило, не містять ніяких сторонніх включень. Руйнування білкової матриці під час солодування гороху визволяє більшу частину їх і дає змогу вільно розміщуватися в клітині.

Під час солодування гороху зазнають змін і міжклітинні оболонки (рис. 1, в). Вони понабрякали та відшарувалися від білкової матриці. В деяких місцях можна побачити їхні уривки.

Отже, структура сім'ядоль гороху в процесі солодування зазнає помітних змін як у білкових сполуках, так і в крохмальних зернах.

Вплив змін у мікроструктурі солоду гороху на біохімічні властивості зерна вивчали за здатністю білкових речовин і крохмалю поглинати воду та набухати.

Ступінь набухання білкових сполук гороху та солоду з нього визначали з використанням сітчастого стаканчика, в який вносили відповідну наважку. Стаканчик ставили у воду, температура якої становила 17...18 °С. Після 20 хв дослідів і стікання рідини стаканчик зважували. Результатом вважали відношення маси стаканчика із зразком до і після замочування у відсотках до маси білка у вихідному зразку. При цьому вважали, що в холодній воді набухають лише білкові сполуки, а крохмаль лише адсорбує поверхнею деяку кількість води, яку для гороху та солоду вважали однаковою.

Водопоглинальну здатність білкових сполук (ВП) визначали за даними попереднього дослідів за формулою (1), зробивши заміри кількості води (см³), що стікала крізь сітчасту поверхню стаканчика, за формулою:

$$ВП = \frac{C - B}{B - a}$$

де а - маса вільного сітчастого стаканчика; В - маса сітчастого стаканчика із зразком; С - маса сітчастого стаканчика з набухлою пробою.

Виділення крохмалю з гороху і солоду з нього здійснювали за методикою [5], згідно з якою білки з крохмального розчину відмивали 0,06 %-м розчином лугу та спиртовими розчинами різних концентрацій. Досліди з вивчення набухання крохмалю проводили за методикою викладеною в праці [6]. У мірний циліндр поміщали 1 г СР крохмалю, заливали 10 см³ дистильованої води перемішували і ставили у водяну баню, в якій вода нагрівалась із швидкістю 2 °С за хвилину до температури 90 °С. При цій температурі витримували 30 хв. Об'єм, який займав крохмальний клейстер при 90 °С, виражали в кубічних сантиметрах на грам (см³/г). Здатність зернин крохмалю зв'язувати воду та розчинятися в ній вивчали за методикою Шоха [7].

Результати дослідів показали, що білкові сполуки гороху мають на 25 % меншу здатність до набухання і на 17 % меншу водопоглинальну здатність, ніж білкові сполуки гороху. Це може пояснюватися новими фізико-хімічними та структурними властивостями солоду гороху, зокрема його білкових сполук. Відомо, що при замочуванні та пророщуванні зерна білкові сполуки набухають в значно більшій мірі, ніж крохмаль [8]. Молекули води уклинюються між поліпептидними ланцюгами, розривають природні зв'язки, беруть участь в утворенні нових зв'язків. Під час висушування солоду набухлий білок віддає вологу крохмалю, набухання якого з підвищенням температури сушіння зростає. Внаслідок цього утворюються асоціації гідрофобного білка [8], що і може зумовлювати зниження здатності білкових сполук

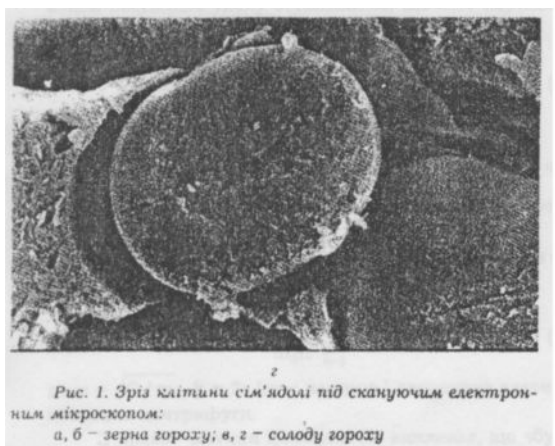
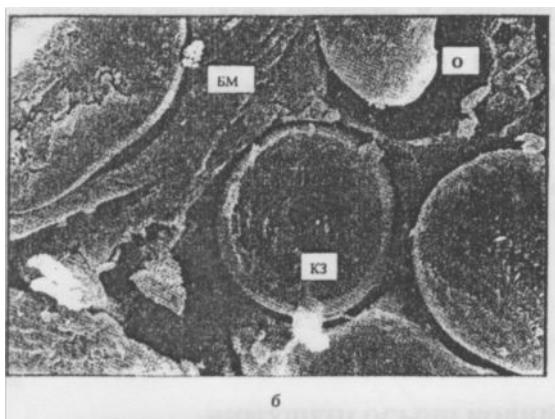
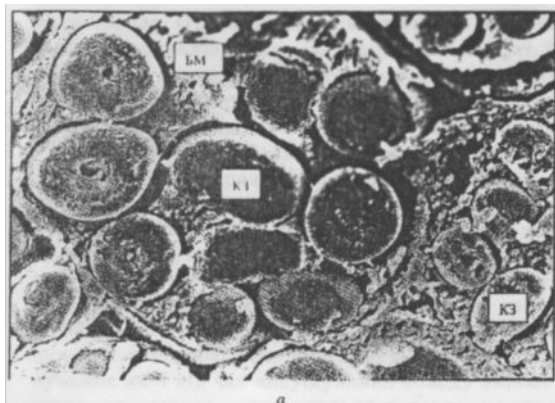


Рис. 1. Зріз клітини сім'ядолі під скануючим електронним мікроскопом:
а, б – зерна гороху; в, г – солоду гороху

солоду гороху всмоктувати та затримувати воду. Цьому процесу сприяє одночасно високий вміст в горосі білка та крохмалю [4].

Вагомі висновки про структурні зміни в крохмалі солоду гороху були отримані після вивчення його здатності набухати, зв'язувати воду та розчинятися в ній. За нашими дослідженнями, об'єм, який займав крохмаль гороху при 90 °С, становив 13 см³ на 1 г СР крохмалю, об'єм крохмалю солоду гороху - 11,2 см³ на 1 г СР. За даними Ліча [3, 6], крохмаль гороху належить до тих крохмалів, що помірно набухають, а крохмаль солоду гороху - до крохмалів, які набухають обмежено.

Здатність крохмалю гороху та солоду

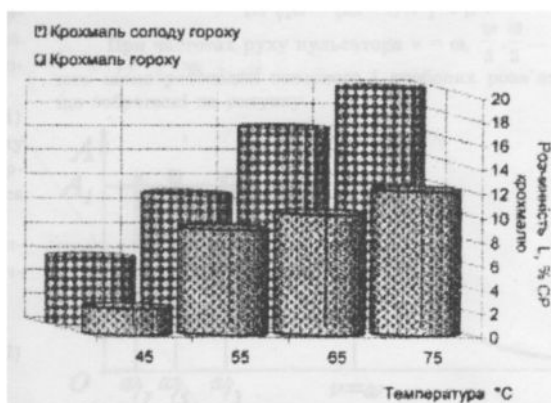


Рис. 3. Розчинність крохмалів гороху і солоду у воді при різних температурах

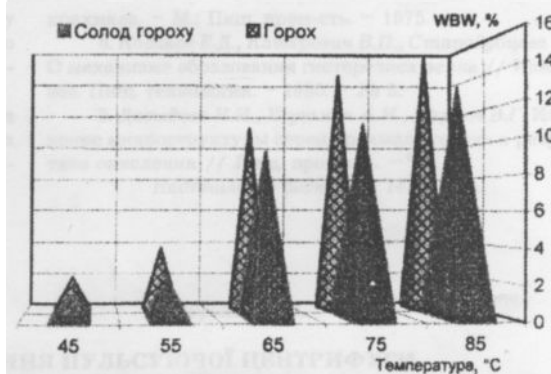


Рис. 2. Здатність крохмалів гороху і солоду зв'язувати воду при різних температурах

зв'язувати воду і розчинятися в ній вивчали при температурах 55, 65, 75, 85, 95 °С. На рис. 2 показано здатність горохового та солодового крохмалів зв'язувати воду, а на рис. 3 - розчинятися в ній при різних температурах.

Отримані результати показують, що характер зміни здатності крохмалю гороху та його солоду цілком однаковий, але крохмаль солоду вбирає воду в меншій кількості, ніж крохмаль гороху (рис. 2).

За розчинністю у воді крохмалі гороху та солоду різняться суттєвіше, особливо при температурі 75 °С. При цій температурі зразок крохмалю гороху розчинявся у воді майже в 2 рази швидше, ніж крохмаль солоду. Отримані дані свідчать про різні властивості крохмалю гороху та солоду, які можуть бути пов'язані з новою структурою солодового крохмалю. Умови, за яких крохмаль гороху може структурно змінюватися, створюються вже на стадії його замочування. Швидке набухання білкової матриці підвищує її тиск на крохмальні зерна. Цьому сприяє і міцність клітинних оболонок гороху та щільність упакування крохмальних зернин у білковій матриці. В первісній структурі крохмалю виникають напруження, що призводять до послаблення і зрушення зв'язків, за допомогою яких полісахаридні ланцюжки зберігають свою упорядковану структуру. По зв'язках, що звільнюються, приєднується вода, випаровування якої під час висушування солоду змінює положення складових крохмального зерна з утворенням більш компактної структури. В літературі це явище зветься "зшиванням" поліланцюжків крохмалю по зв'язках, що звільнилися [3, 8]. При цьому підкреслюється, що таке "зшивання" значною мірою пов'язане з амілозою, підвищеною часткою якої характеризуються крохмалі гороху та солоду [9].

Висновок. Результати дослідів показали, що під впливом солодування в зерні гороху утворюється нова структура, що може позитивно впливати на подрібнювальні та інші технологічні властивості солоду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крикунова М.И., Байков В.Г. Влияние температуры сушки ячменя на его ферментный и белковый комплексы // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1980. - №6.
2. Axcell B.Jankovsky D. Dryng - the crucial factor in determining mait quality // Brewers digest. - 1983. - № 8.
3. Трегубое Н.Н. Химия и технология крахмала. - М.: Пищ. пром-сть. - 1975.
4. Чижов Ю.А. Содержание сырого протеина и крахмала в семенах гороха. Закономерное варьирование и взаимосвязь // Изв. АН СССР. Сер. биол. наук. - 1981. - № 4.
5. Писанский А.П. О методе выделения кукурузного крахмала в связи с его биохимическими свойствами // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1981. - № 2.
6. Мухтарова В.П. Изучение крахмала зернобобовых культур // Прикл. биохим. и микробиология. - 1978. - Т. 8. - Вып. 6.
7. Рихтер М.Р. Избранные методы исследования крахмала. - М.: Пищ. пром-сть. - 1975.
8. Казаков Е.Д., Кашерович В.П., Стародубцева Р.А. О механизме образования гистерезиса зерна // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1980. - № 5.
9. Давыдова Н.И., Жушман А.И., Карпов В.Г. Изменение микроструктуры зерен крахмала гороха в результате окисления // Пищ. пром-сть. - № 2.

Надійшла до редколегії 14.03.97 р.