

Фролова Н.Е., канд. техн. наук
Домарецький В.А., д-р техн. наук
Кошова В.Н., канд. техн. наук

ВПЛИВ ПРОТЕОЛІЗУ БІЛКІВ СОЛОДУ ГОРОХУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СУСЛА

Великою проблемою сьогодення харчової промисловості є високі витрати сировини. Значною мірою це залежить від способу її перероблення. Так, у разі слабких ферментативних процесів під час пророщування зерна спостерігається збільшення витрат сировини при виробництві спирту, екстрактів, напоїв [1, 2].

Горох - високобілкова сировина, перероблення якої має свої труднощі. Вони базуються на його фізіологічній будові, яка дає змогу міцно утримувати запасні речовини в тканинах сім'ядоль, а взаємозв'язок частки білка з крохмальними зернинами (білково-вуглеводний комплекс) знижує здатність до гідролізу запасних речовин зерна як власною ферментною системою, так і ферментами іншого походження [3]. Як наслідок, під час вироблення з гороху солоду спостерігаються помірні ферментативні процеси, які знижують вихід екстрактивних речовин при подальшому його затиранні.

З іншого боку, білкові сполуки солоду гороху характеризуються високою споживчою якістю. Близько 85...92 % загального білка становлять легкорозчинні білки - альбуміни та глобуліни, до складу яких входять майже всі незамінні амінокислоти. Білок солоду гороху характеризується високими поліфункціональними властивостями, такими як здатність до утворення стабільної піни та білково-жирових емульсій [4].

Використання ферментних препаратів для гідролізу білково-вуглеводного комплексу солоду гороху сприятиме підвищенню його технологічних властивостей.

Метою даної роботи було вивчення дії протеолітичних ферментних препаратів різної субстратної специфічності на білкові сполуки солоду гороху з вибором найбільш ефективного джерела ферменту.

У роботі використовували стандартний ферментний препарат протосубтилін Г20х, а також ферментні препарати, комерційні назви яких лужна протеаза, металопротеїназа (продуценти *Bacillus subtilis*-103), протеаза С (*Acromonium chrysogenum*), проназа Е (*Streptomyces griseus*).

У табл. 1 наведено характеристики ферментних препаратів.

Ферментні препарати для гідролізу білкових сполук солоду гороху

Таблиця 1

Препарат	Оптимум рН	Одиниця активності на 1 г ферменту
Протосубтилін Г20х	6,0...7,0	73,6
Лужна протеаза	8,5	97,12
Металопротеїназа	7,0	62,4
Проназа Е	9,0	4784,6
Протеаза С	10,5...11,0	883,2

Дослідження проводили із солодом гороху, вологість якого 5,7 % і вміст білкових речовин - 26,8 %. Режими гідролізу: гідромодуль - 1:6, температура - 55 °С,

тривалість - 40 хв. Ферментні препарати використовували у вигляді водних розчинів, які готували з урахуванням протеолітичної активності (ПА) ферментів та мали забезпечувати введення в затір 0,3 од. ПА на 1 г сухих речовин (СР) солоду гороху. Після закінчення гідролізу затір кип'ятили 5 хв для інактивації ферментів

Під час оброблення результатів застосовували термін "вихід білка", який характеризував кількість азотних речовин ферментативного гідролізату у відсотках початкового їх вмісту в солоді гороху, а також "ступінь гідролізу" (СГ), який визначався за співвідношенням змінного азоту, що накопичувався в розчинах після часткового та повного (кислотного) гідролізу. При повному (кислотному) гідролізі білків солоду гороху утворювалося 2600 мг амінного азоту на 100 г СР солоду. Визначали також розчинний, аміний азот, вміст сухих речовин [5].

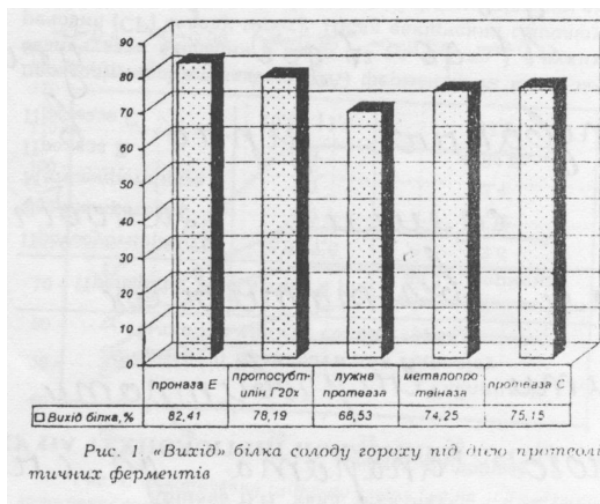


Рис. 1 «Вихід» білка солоду гороху під дією протеолітичних ферментів

На рис. 1 показано вихід білка солоду гороху під дією протеаз різної субстратної специфічності, з якого видно, що дія пронази Е та протосубтиліну Г20х збільшує кількість розчинних білкових сполук зерна на 78...82 % від початкового вмісту їх. При таких самих умовах протеаза С та інші ферментні препарати збільшують цей показник лише на 70...75 %. Це можна пояснити тим, що білкові сполуки мають різноманітний склад амінокислотних залишків, а ферментні препарати, що деградують білки, проявляють специфічність до розриву пептидних зв'язків тільки між

відповідними амінокислотами 14). Дані дослідження свідчать про більшу специфічність до пептидних зв'язків білка солоду гороху пронази Е та протосубтиліну Г20х. Для протеази С зв'язками, що важко гідролізуються, є ті, у створенні яких беруть участь пролін, серин, аспаргінова та глутамінова амінокислоти [7], а солод гороху відзначається значним вмістом саме цих амінокислот [4].

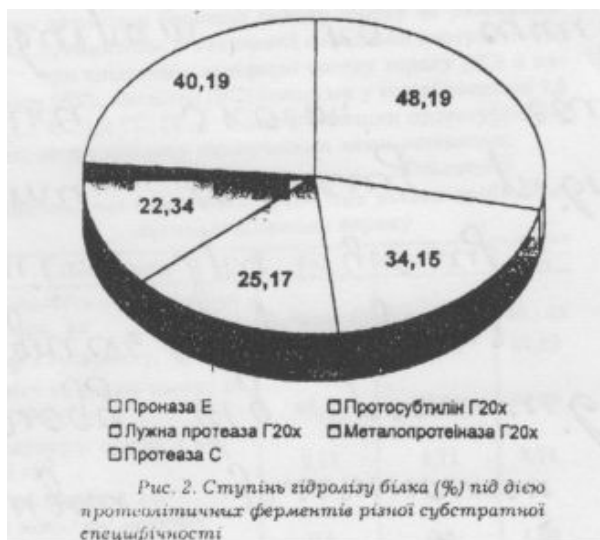


Рис. 2. Ступінь гідролізу білка (%) під дією протеолітичних ферментів різної субстратної специфічності

На рис. 2 показано ступінь гідролізу (СГ) білка солоду гороху. З рисунка видно, що при дії пронази Е СГ становить більше ніж 48 %, при дії протеази С - 40 %. Ступінь гідролізу при дії бактеріальних ферментних препаратів становить 30...34 %.

Отримані дані можна пояснити більш різноманітним складом ферментних композицій пронази Е та протеази С порівняно з бактеріальними ферментними препаратами. Так, протеаза С має у своєму складі три лужні, дві нейтральні протеази та препарати пептидаз, що вміщують ферменти карбокси-, лейцин-, ди-, три-,

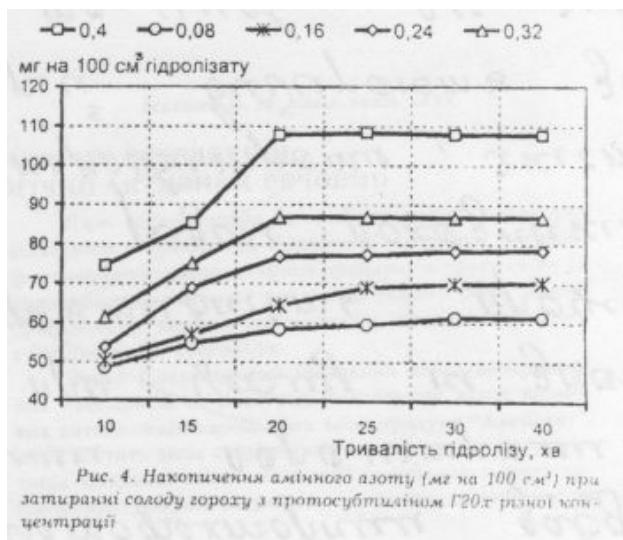
тетрапептидої активності [7]. Проназа Е складається, на думку різних дослідників, з 11...13 протеаз, 3 аміно- пептидаз і 5 карбоксипептидаз [7, 8]. Ферментна композиція бактеріальних препаратів (*Bacillus subtilis*) вміщує ендопептидазу, карбокси-, аміно-,

екзопептидази та дипептидазу [У]. З бактеріальних ферментних препаратів найбільш глибокий гідроліз здійснює протосубтилін Г20х (СГ = 34,15 %).

Ферментний комплекс препаратів *Bacillus subtilis* відзначається вмістом деякої кількості амілолітичних ферментів [9], під дію яких підпадає і вуглеводний комплекс солоду гороху. Це збільшує в гідролізаті вміст сухих речовин. При однакових умовах з іншими ферментними препаратами найбільший вміст сухих речовин забезпечує протосубтилін Г20х - 9,35 % (рис. 3).



уваги брали тривалість гідролізу та концентрацію ферменту. Вплив на гідролізні процеси рН затору не вивчався через збіжність оптимуму рН дії протосубтиліну Г20х з природним рН затору. Ферментний гідроліз проводили при гідромодулі 1:6, температурі 55 °С протягом 40 хв. Концентрацію ферменту змінювали від 0,08 до 0,4 од. ПА на 1 г СР солоду гороху. Ефективність гідролізу оцінювали за накопиченням амінного азоту (мг на 100 см³ гідролізату).



Використовуючи методи математичної статистики, ми встановили математичні залежності накопичення амінного азоту від тривалості гідролізу. Оптимізація полінома, за умов досягнення вихідної змінної свого максимуму, дала змогу отримати оптимальну тривалість гідролізу - 25 хв.

Поглиблення ступеня гідролізу можна досягти, підвищуючи концентрацію ферментного препарату. Згідно з даними, наведеними на рис. 4, збільшення дози протосубтиліну Г20х з 0,08 до 0,4 од. ПА підвищує вихід змінного азоту майже в 2

Внаслідок проведених досліджень видно, що найкращі результати показали проназа Е та протосубтилін Г20х. Проназа Е виробляється фірмою "Serva" (ФРН), протосубтилін Г20х - вітчизняний ферментний препарат з високим ступенем очищення (виробляється на ВО "Ензим" м. Ладижин), тому саме протосубтилін Г20х найбільш доцільно використовувати для поглиблення гідролізу білкових сполук солоду гороху.

Визначаючи режими дії протосубтиліну Г20х на білково-вуглеводний комплекс солоду гороху, до

Залежності накопичення амінного азоту від концентрації ферментного препарату та тривалості гідролізу (рис. 4) показують, що незалежно від концентрації в заторі протосубтиліну Г20х швидке накопичення амінного азоту здійснюється перші 15...25 хв. Зменшення інтенсивності накопичення амінного азоту після 25 хв може пояснюватися прогресивним зниженням кількості вільних ділянок субстрату, а також інгібуванням процесу продуктами гідролізу.

рази. За допомогою методів математичної статистики нами було встановлено оптимальну концентрацію протосубтиліну Г20х - 0,36 од. ПА.

Таким чином, оптимальними режимами дії протосубтиліну Г20х на білкові сполуки солоду гороху можна вважати: $t = 52...55\text{ }^{\circ}\text{C}$, тривалість - 25 хв при концентрації ферментного препарату 0,32 од. ПА на 1 г СР солоду.

Доцільність використання протосубтиліну Г20х для приготування екстрактів і напоїв вивчали в процесі приготування сусла при різних варіантах затирання солоду гороху.

Досліджували технологічні показники сусла (табл. 2) при затиранні борошна солоду гороху за режимами: ГС₁, - прийнятими в технології солодових екстрактів [2]; ГС₂ - при спільному затиранні солоду гороху (ГС) з ячмінним (ЯС), вівсяним (ВС) солодами у співвідношенні 1,5 ЯС:1,5 ВС: 1.0 ГС; ГС₃ - з використанням протосубтиліну Г20х, за попередньо визначеними нами режимами.

Технологічні показники сусла при різних варіантах затирання солоду гороху

Таблиця 2

Показники	ГС ₁	ГС ₂	ГС ₃
Тривалість оцукрювання, затору, хв	Більше 60	Більше 60	20...25
Вихід екстракту, % СР	33,46	67,70	62,02
Вміст амінного азоту, мг на 100 см ³	46,42	41,15	71,29
Редуруючі цукри, г на 100 см ³	2,91	6,71	5,74
Кольоровість, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	0,5	0,5	1,05
Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину КтаОН на 100 см ³	1,77	1,75	2,26
Відносна в'язкість	2,23	2,24	1,53

Дані табл. 2 показують, що прийняті в технології солодових екстрактів режими затирання сировини в разі використання солоду гороху неефективні (ГС₁), неефективним є і спільне затирання солоду гороху із солодами високої здатності до оцукрювання (ЯС, ВС) - (ГС₂). Про це свідчать тривале оцукрювання затору та низький вихід екстракту (33,46 %). При використанні протосубтиліну Г20х затір оцукрюється за 25 хв, вихід екстракту збільшується майже в 2 рази, вміст амінного азоту - більше ніж в 1,5 рази. Це можна пояснити тим, що під дією протосубтиліну Г20х здійснюється деградація як запасних білків, так і білків, зв'язаних з крохмалем, що значно збільшує поверхню, доступну амілазам.

Висновки. Для одержання високоякісного сусла при затиранні солоду гороху доцільно використовувати мікробні ферментні препарати. З ферментних препаратів протеолітичної дії найбільш ефективним є протосубтиліп Г20х, який збільшує кількість розчинних білкових сполук на 78 %. Оптимальними режимами дії протосубтиліну Г20х є: $t = 52...55\text{ }^{\circ}\text{C}$, тривалість - 20 хв при концентрації 0,32 од. ПА на 1 г СР солоду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецкий В.А., Хиврич Б.И. Сырье для производства новых экстрактов и напитков лечебно-профилактического назначения. - К.: Б. и., 1990.
2. Технологія солодових екстрактів, концентрату квасного сусла і квасу / Н.О. Ємельянова, Н.Я. Гречко, В.М. Кошова, В.Х. Суходол - К.: Б. и., 1994.

3. Дюкаржиев А.С. Атакуемость крахмальных гранул с прикрепленным белком // Изв. АН Каз. ССР. - 1982. - № 2.
4. Отчет о научно-исследовательской работе "Разработать и освоить технологию пророщенного гороха для использования в продуктах лечебно-профилактического назначения. - К.: КТИИП, 19.93. - № ГР 0192.0023294.
5. Химико-технологический контроль производства солода и пива / Под ред. П.И. Мальцева. - М.: Пищ пром-сть, 1976.
6. Ферменты / М. Диксон, Э. Уэбб. - М.: Мир. 1986.
7. Крестьмнова И.Н., Васильева Л.И. Ферментные препараты для изучения белковых гидролизатов и смесей аминокислот, не содержащих пептидов // Проблемная биохимия и микробиология. - 1985. - Вып. 1.
8. Грачева И.М. Технология ферментных препаратов. - М.: Агропромиздат, 1987.
9. Ферментные препараты в пищевой промышленности / Под ред. ВЛ. Калуняца. - М.: Пищ. пром-сть, 1975.

Надійшла до редколегії 13.03.97 р.