

ФЕРМЕНТАТИВНИЙ ГІДРОЛІЗ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ МОЛОКА

Т. П. Синенко, аспірантка

ORCID ID: 0000-0002-5300-5142

Сумський національний аграрний університет

Н. Е. Фролова, доктор технічних наук

ResearcherID: D-7515-2019

Національний університет харчових технологій

Проведено експериментальні дослідження закономірностей ферментативного гідролізу сироваткових білків. Підібрано протеази різного походження (тваринного, рослинного та мікробного). Закономірності гідролізу сироваткових білків вивчали за наступними параметрами: концентрація ферменту та субстрату, рН середовища, температура та тривалість процесу. Встановлено, що отримання продукту з високим ступенем гідролізу можливе при використанні ферментного препарату Протолад в концентрації 5%, при концентрації білкового субстрата 20%, при цьому середовище має бути лужним, значення рН складає 8,0, а температура процесу має бути 60°C. Результати досліджень можуть бути використані при розробленні натуральних смакоароматичних добавок.

Ключові слова: молочна сироватка, концентрат сироваткових білків, ферментативний гідроліз, пепсин, папаїн, Протолад.

Постановка проблеми. Виробництво натуральних ароматизаторів на основі білкової сировини тваринного чи рослинного походження пов'язано з використанням біотехнологічних методів. Дані методи включають ферментативні реакції розщеплення або трансформації білків.

Молочна сироватка, яку отримують як побічний продукт при виробництві кисломолочних і твердих сирів та казеїну, є цінним джерелом білкових речовин (0,6–0,8%). Понад 90% білків складає група сироваткових білків (СБ): β -лактоглобулін, α -лактальбумін, імуноглобулін, альбумін сироватки крові, протеозопептони, лактоферін, ферменти та інші мінорні білки [1]. Біологічна цінність СБ обумовлена повноцінною кількістю незамінних амінокислот, першочергово метіон+цистином, що є лімітованими в сирому молоці [2]. СБ з різним вмістом білка (30–95%) використовуються в харчовій промисловості у вигляді концентратів, отриманих ультрафільтрацією молочної сироватки [3].

Науковими дослідженнями [4, 5] показано, що наявність в білкових продуктах пептидів різної довжини, а також амінокислот формує їх смакоароматичні властивості. Це обумовлює використання в технологіях натуральних ароматизаторів ферментативних процесів за участі препаратів протеолітичної дії. Внаслідок розщеплення пептидних зв'язків білків в сировині

різного походження утворюються пептиди та вільні амінокислоти.

Технологія формування смакоароматичних властивостей продуктів здійснюється у дві стадії: перший – гідроліз білкового субстрату; другий – отримання аромату в результаті взаємодії амінокислот та редуруючих цукрів (реакція Маяра) [6].

Отже, наукове опрацювання режимів контрольного ферментативного гідролізу СБ з отриманням продуктів, носіїв природного аромату та смаку заслуговує уваги, оскільки дозволяє розширити сировинну базу для виробництва натуральних ароматизаторів гастрономічного напрямку. Виробництво таких ароматизаторів з природної сировини є актуальним для науковців та виробників харчової продукції в усьому світі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ферментативним протеолізом білків сироватки отримують біологічно активні пептиди, які є низькоалергенними та легкозасвоюваними продуктами. Їх застосовують для дієтичного та дитячого харчування, харчування спортсменів та ін.

Міжнародний досвід засвідчує, що дослідження закономірностей ферментативного гідролізу молочних білків, зокрема і сироваткових, продовжується з урахуванням нових результатів встановлення умов ферментативного процесу (температура, рН, тривалість), а також здійснюється підбір найбільш ефективних

ферментних препаратів (ФП) доміантної протеолітичної дії, що дозволить істотно впливати на кінцеві продукти реакції [7, 8]. Значний внесок у вивчення процесу гідролізу білкових компонентів сироватки зробили вчені I. K. Lappa, S. C. Cheison, A. Eberhardt, B. C. Ghosh, B. Mann, K. L. Jakorovic, S. C. Cheison та інші. Автори розробок вивчали умови протеолізу білків сироватки різними ФП у оптимальних режимах [9, 10]. Лодигінім А. Д. і Донским Н. С. вивчалася електрохімічна активація ферментативного процесу [11, 12]. Вчені встановили, що електроактивація позитивно впливає на процес протеолізу СБ. За цих умов знижується тривалість ферментації, скорочується витрата ФП, виключається використання реагентів (кислот та лугів) для встановлення оптимальних значень рН середовища.

Свій внесок у вивчення процесу гідролізу СБ, з метою регулювання амінокислотного складу гідролізатів, зроблено Остроумовим Л. А. і Просяковим А. Ю. [13, 14]. Встановлено оптимальні режими біотрансформації білків сироватки, з розробленням технологій продуктів низького вмісту фенілаланіна для дітей, які хворіють на фенілкетонурію.

Дослідження зарубіжних вчених А. В. Nongpierma і R. J. FitzGerald [15] спрямовані на отримання високомолекулярних і біодоступних біоактивних пептидів при цілеспрямованому ферментативному гідролізі молочних білків. Гідролізати, отримані науковцем Борисова Г. В. [16], характеризувалися низькою алергійністю, відсутністю гіркої смаку. Циганков В. Г. та інші автори роботи [17] дослідили оптимальні умови гідролізу суміші СБ з попередньою тепловою обробкою за температури 80°C протягом 10 хв, (рН 8,0). У дослідженнях використано ферментний препарат Alcalase протягом 120 хв. Таким чином знижується антигенність в 20-25 разів. Також поліпшуються органолептичні показники. Відмічається відсутність високомолекулярних білків.

Результатами досліджень Курбанової М. Г. показано відсутність гіркої присмаку в біологічно активних продуктах, отриманих частковим гідролізом молочної сироватки з використанням певних протеаз [18].

Актуальними залишаються порівняльні дослідження ефективності різних ФП за ідентичних температур та рН. Авторами роботи [19] проведено дослідження ефективності ензиматичного гідролізу ізоляту молочної сироватки з використанням семи ферментів класу серинових протеаз (*Alcalase 2.4 L*, *Flavourzyme 1000 L*, *Protease N*, *Protease A*, *Protease M*, *Protease R*, *Neutrase 0.8 L*) у трьох концентраціях за рН 7,0 та

50°C. Результати показали, що найефективнішою виявилася протеаза R у концентрації 0,0002 г/мл.

У наступних роботах [20, 21] проводили дослідження ефективності гідролізу СБ ферментами різного походження (*Thermolysin*, *Protamex Subtilisin*, *Flavourzyme*, *Neutrase*, папаїн, пепсин, трипсин, хімотрипсин та ін.). Результати даних робіт, які отримані при різних методах дослідження (визначення вмісту амінного азоту, хроматографія, SDS-електрофорез тощо), показують, що гідролітичне розщеплення залежить від класу ферменту та підібраних умов реакції.

Системний аналіз світових наукових джерел засвідчив, що дослідження ферментації СБ продовжується та стосується не лише галузі харчової промисловості, а й зачіпає глобальні питання різних наук, зокрема фармацевтичних і медичних. Актуальним визнано вивчення ФП протеолітичної дії, вибір найбільш ефективних за конкретизованих умов гідролізу СБ. Залишається відкритим питання функціональних властивостей отриманих гідролізатів, їх смакоароматичні характеристики, можливості розширення технологій натуральних ароматизаторів гастрономічного профілю.

Мета та завдання дослідження. Метою даного дослідження було визначення оптимальних параметрів гідролізу молочної сироватки протеазами різного походження.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- підібрано ФП різного походження (тваринного, рослинного та мікробного);
- досліджено закономірності ферментативного гідролізу СБ;
- підібрано оптимальні параметри гідролізу.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили з концентратом сироваткових білків, отриманим ультрафільтрацією з масовою часткою білка 80% (КСБ-80 виробник «ТехМолПром» (ТМ «Биос»). Використані ФП: пепсин (ТОВ «Алсі»), папаїн PSM-400 (ТОВ «Алекс»), протолад (ДП «Ензим»). В табл. 1 зібрана інформація про характеристики дослідних протеолітичних ферментів.

Для ферментного гідролізу використовували підготовлені розчини концентратом сироваткових білків (КСБ) з масовою часткою білка 5–35%. Концентрація ферментів: пепсин – 0,5–3%, папаїн – 1–6%, протолад – 1–6%. Умови гідролізу: тривалість – 2–3 год, температура – 15–95°C. рН середовища встановлювали розчином 2 н HCl і 1 н NaOH відповідно оптимуму ферменту. Ступінь гідролізу білкових речовин досліджуваних зразків оцінювали за зміною концентрації азоту аміних груп (ААГ). Визначення кількості ААГ

проводили формольним титруванням. Побудову графіків і математичну обробку результатів дослідження здійснювали за допомогою

комп'ютерної програми Microsoft Office Excel 2013.

Таблиця 1

Характеристика протеолітичних ферментів

Загальна назва	Джерело	Протеолітична активність	Діапазон дії		Специфічність дії
			pH	Температура, °C	
Пепсин	Слизиста шлунку свиней або великої рогатої худоби	2500 од./мг	1...4	40...50	Руйнування пептидних зв'язків, утворених аміноними групами ароматичних амінокислот (тирозин і фенілаланін)
Папаїн	Сік із папайї (<i>Carica papaya</i>)	40000 од./г	3...12	40...60	Розщеплення білкових субстратів за амінокислотними залишками (цистеїн, лізин, аргінін, фенілаланін)
Протолад	Бактеріальна лужна протеаза, отримана із селекційних штамів <i>Bacillus subtilis</i>	50000 од./г	5...11	25...70	Широкий спектр дії. Гідроліз відбувається переважно за амінокислотними залишками (валін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін, тирозин, триптофан)

Результати експериментальних досліджень.

На рис. 1 представлено результати досліджень зміни ступеня гідролізу СБ під дією дослідних ферментів різних концентрацій. Умови досліджень: температури 50°C, тривалість 90 хв.

Динаміка концентрацій пепсину – від 0,5 до 3% при pH 2,0, папаїну і протоладу – 1–6% при pH 7,0. Вміст ААГ у початковому розчині КСБ з вмістом білка 20% становить 32,67 мг/100 г.

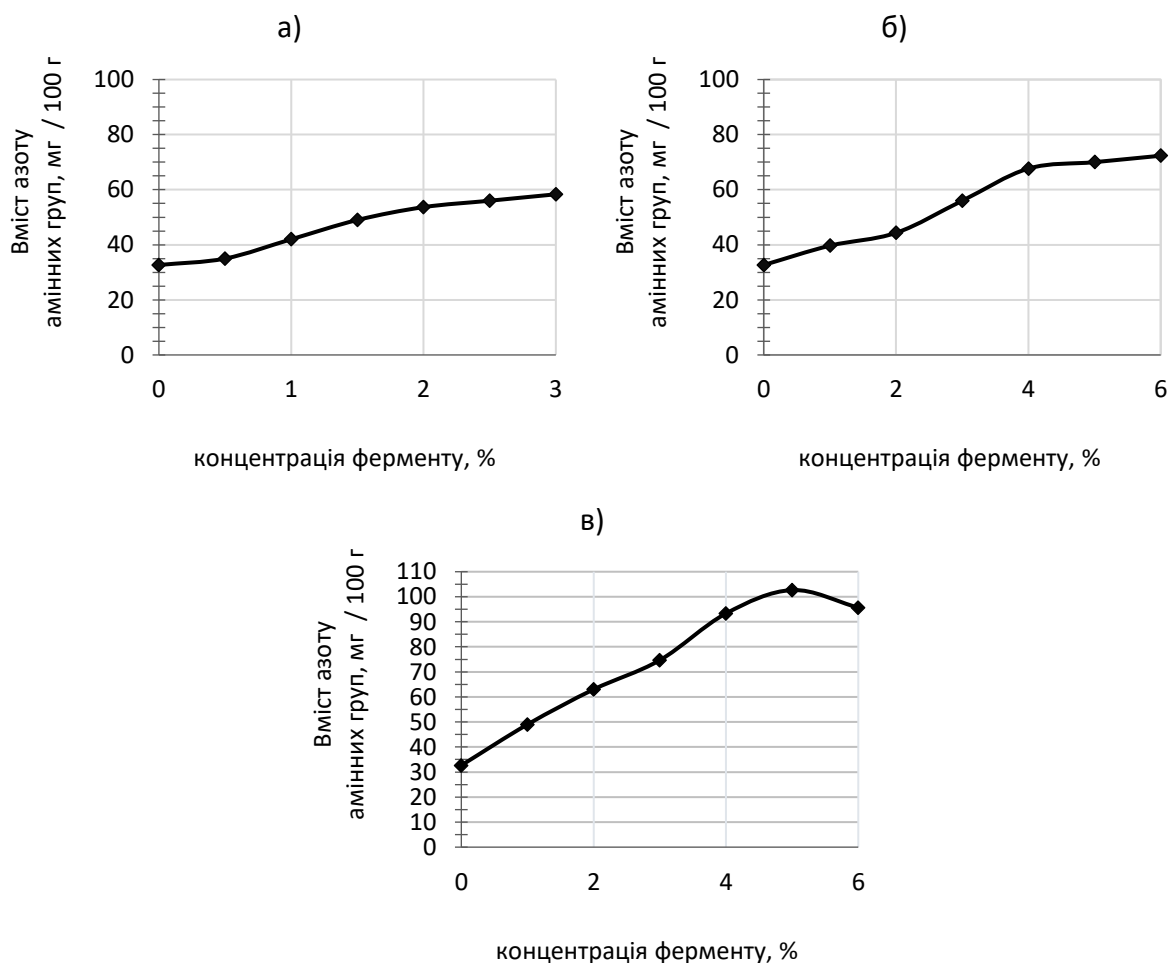


Рис. 1. Залежність ступеня гідролізу СБ від концентрації ФП: а) пепсин, б) папаїн, в) Протолад

При ферментативному гідролізі пептидних зв'язків в білкових молекулах СБ обраними ФП відбувається збільшення значення ААГ. Динаміка зростання цього показника за зміною концентрації ФП може характеризувати їх ефективність до гідролізу пептидних зв'язків в білковій молекулі СБ. Так, у результаті гідролізу зразку КСБ під дією пепсину в кількості 1%, ААГ змінюється та становить 42 мг/100 г (в контролі – 32,67 мг/100 г). При застосуванні 3% розчину пепсину, в результаті гідролізу пептидних зв'язків, ААГ досягає значення 58,33 мг/100 г (рис. 1А). При збільшенні концентрації папаїна від 1 до 6 % вміст ААГ виростає з 39,67 до 72,33 мг/100 г (рис. 1Б). У випадку зміни концентрації ФП Протолад з 1 до 6% кількість ААГ змінюється з 49 до 95,67 мг/100 г (рис. 1в).

Таким чином, оптимальна концентрація ферменту пепсин для наступних досліджень складає 2,5%, папаїн – 4%, Протолад – 5%.

На результативність гідролізу пептидних зв'язків в білковій молекулі значною мірою впливає концентрація субстрату при фіксованій концентрації ферменту. При цьому, швидкість реакції на початку процесу прямо пропорційна концентрації субстрату і після досягнення максимального значення подальшого зростання не відбувається. На рис. 2. показано результати досліджень зміни ступеня гідролізу при різних концентраціях СБ. Так, при концентрації субстрату 25% і фіксованій концентрації пепсину 2,5% вміст ААГ досягає 53,67 мг/100 г (рис. 2А). Подальше збільшення білка (субстрату) майже не призводить до зростання амінного азоту. Максимальне накопичення ААГ (70 мг/100 г) відбувалося в середовищі, в якому внесено 20% СБ та 4% ФП папаїн. Також максимальне накопичення ААГ (102,67 мг/100 г) відбувалося в середовищі, в якому внесено 20% СБ та 5% ФП Протолад.

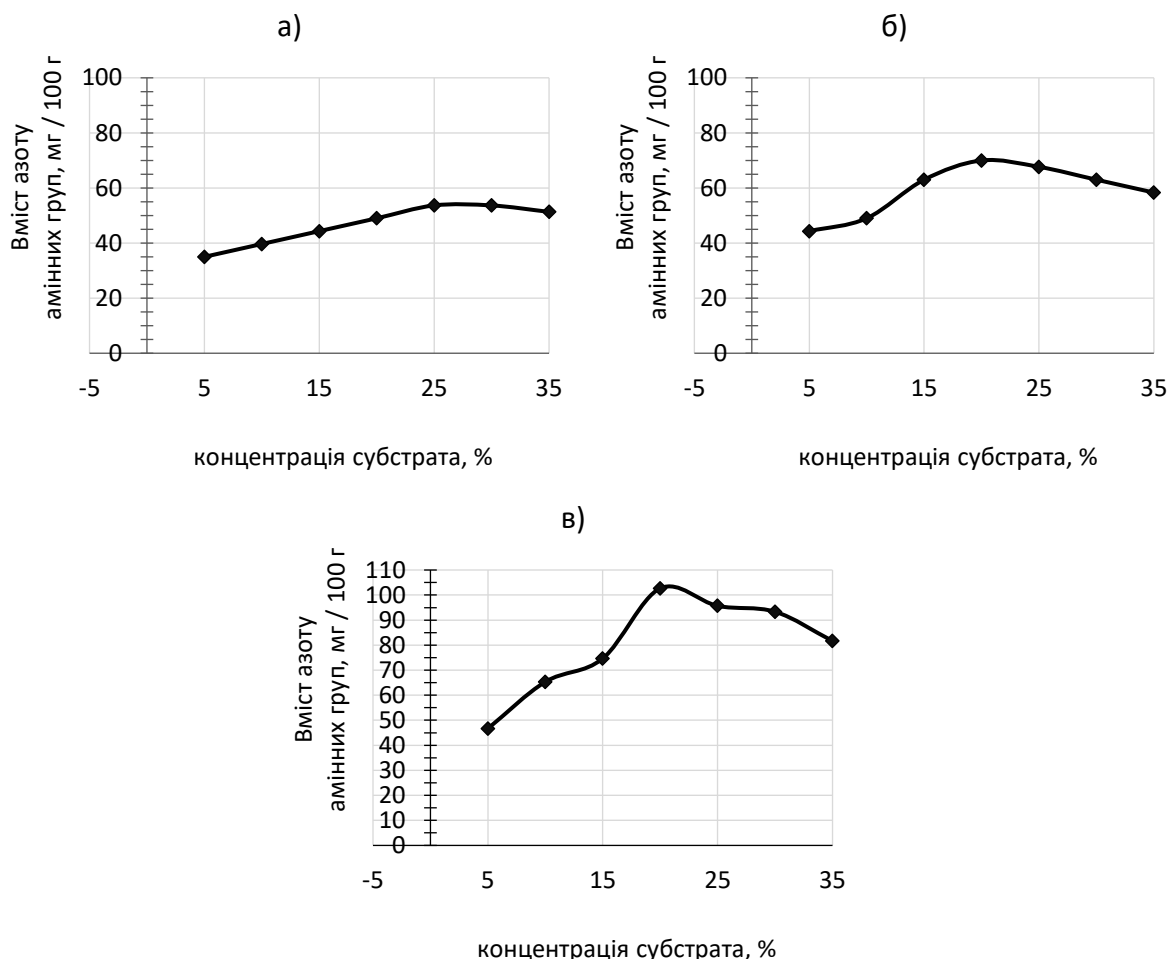


Рис. 2. Залежність ступеня гідролізу СБ від концентрації субстрату. ФП : а) пепсин, б) папаїн, в) Протолад

За наведеними результатами можна рекомендувати концентрацію 25% СБ при гідролізі ферментом пепсин та 20% СБ при гідролізі пептидних зв'язків ферментом папаїн і Протолад.

Впливає на ступінь гідролізу пептидних зв'язків також рН реакційного середовища, за значенням якого відбуваються конформаційні зміни в білкових молекулах. Більшість ФП

зберігають активність тільки в межах вузького оптимального діапазону значень рН (табл. 1).

Проведені дослідження зміни ступеню гідролізу пептидних зв'язків СБ за зміною рН засвідчило збільшення інтенсивності протеолізу при зменшенні значення рН розчину СБ. Так, при гідролізі пептидних зв'язків СБ пепсином протягом 90 хв при рН 6,0 реакційного середовища значення вмісту ААГ становить 32,67 мг/100. При зміні рН реакційного середовища до значення пепсином протягом 90 хв при значення

вмісту ААГ збільшуються до 51,33 мг/100 г (рис. 3А)

У випадку гідролізу сироваткових білків папаїном протягом 90 хв відмічено, що при збільшенні значення рН в експериментальних зразках підвищується інтенсивність протеолізу. Так при зміні рН реакційного середовища від 3 до 6 вміст ААГ зростає від (44,33 до 77,00) мг/100 г (рис. 3Б). В діапазоні рН (7,0–9,0), ААГ набуває найбільшого значення (81,67–84,00) мг/100 г. А вже наступне зростання рН до 12,0 призводить до зниження ступеня гідролізу.

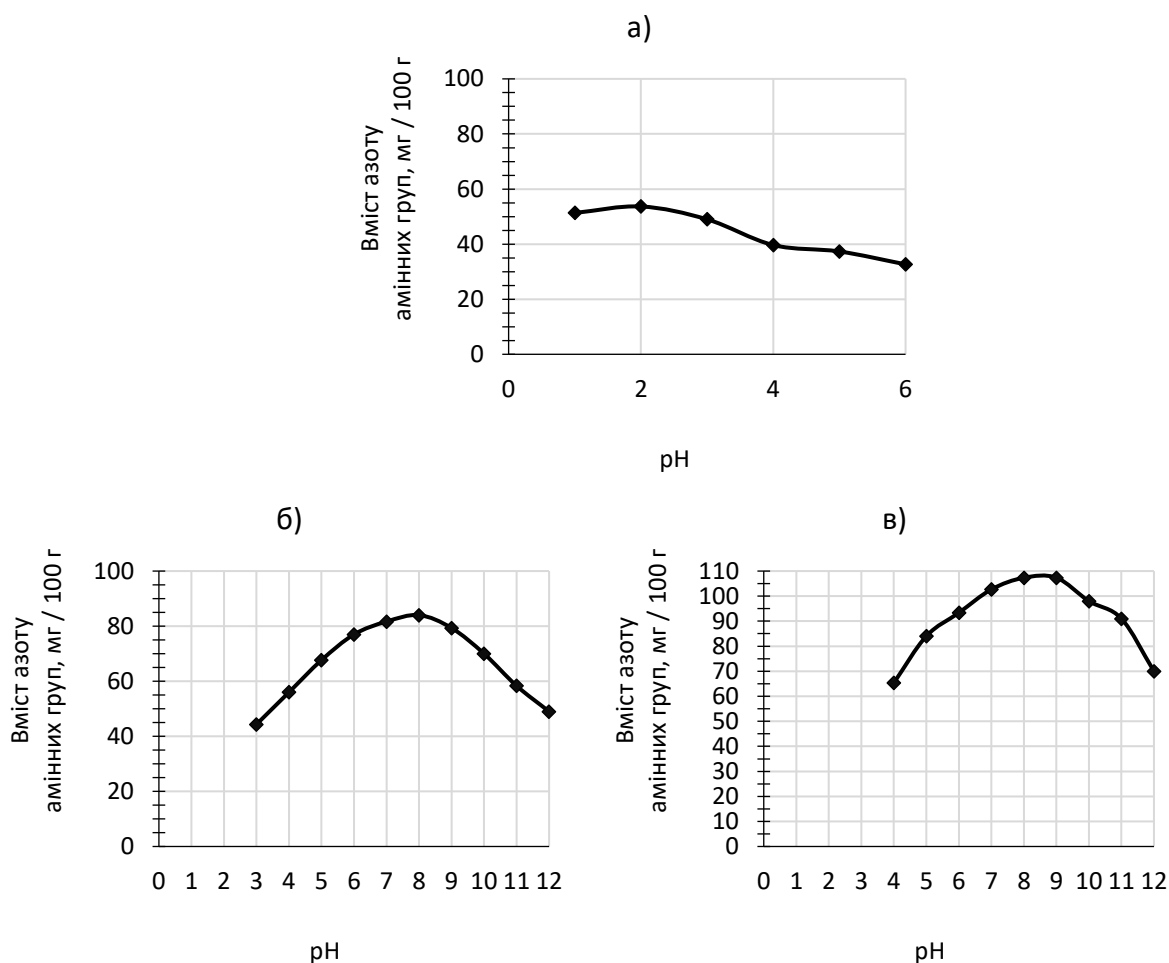


Рис. 3. Залежність ступеня гідролізу від рН. ФП: а) пепсин, б) папаїн, в) Протолад

Встановлено, що при гідролізі СБ протягом 90 хв протоладом оптимальним є діапазон рН 7,0–9,0. При цьому вміст ААГ становить 102,67–107,33 мг/100 г. При значеннях рН<7,0 і рН>9,0 спостерігається зменшення інтенсивності протеолізу (рис. 3в).

Отже, для подальших досліджень обрано значення активної кислотності зразків, зокрема:

при використанні пепсину рН 2,0; при використанні папаїну або Протоладу рН 8,0.

Відомо, що швидкість хімічних реакцій, включаючи і ферментативні, збільшується при підвищенні температури [22]. Досліджували залежність інтенсивності протеолізу пептидних зв'язків СБ ФП пепсин, папаїн і Протолад за динамікою температурних змін (рис. 4).

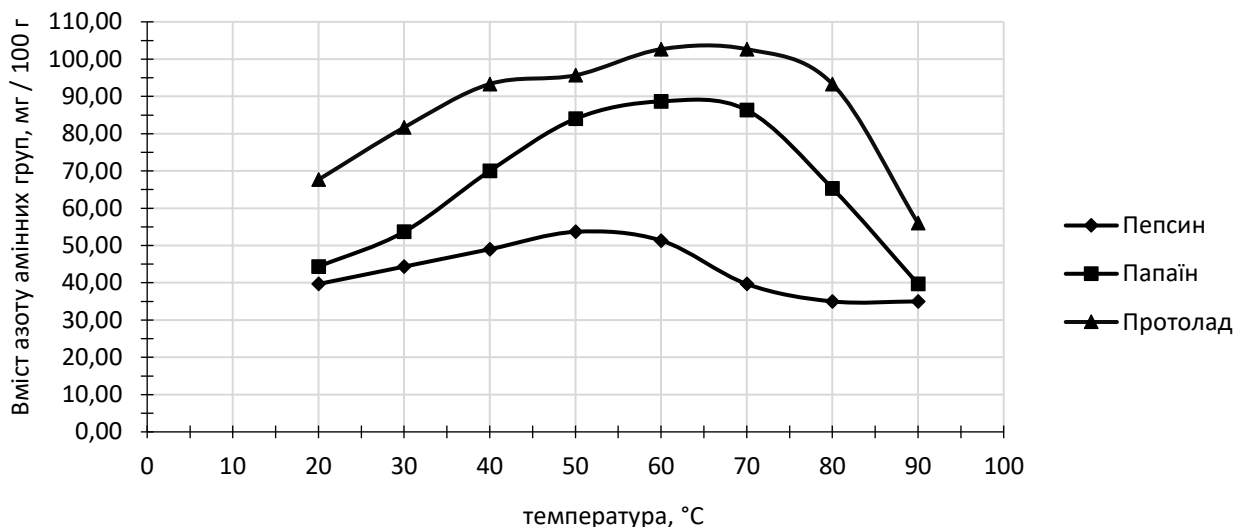


Рис. 4. Залежність ступеня гідролізу СБ від температури

Дослідженнями встановлено, що в діапазоні температур 20–50°C за участю ФП пепсину відбувається стабільне збільшення ААГ від 39,67 до 53,67 мг/100 г. Також відмічалось зниження нарощування ААГ за температури гідролізу вище 50°C, зокрема за температури 80°C значення ААГ становило 35,0 мг/100 г. Застосування ФП папаїну забезпечує стабільне зростання ефективності протеолізу за температур від 20 до 60°C. Зокрема, за температури 20°C вміст ААГ становив 44,33 мг/100 г, а за температури 60°C – 88,67 мг/100 г. Збільшення температури гідролізу вище 70°C інтенсивність протеолізу зменшується, значення ААГ при 90°C набуває 39,67 мг/100 г.

Гідроліз пептидних зв'язків СБ з використанням ФП Протолад характеризувався

різким зростанням ступеня гідролізу на температурному діапазоні 20–40°C і дещо помірним зростанням на діапазоні 40–70°C. Так за температури 40°C у зразках СБ вміст ААГ становив 93,33 мг/100 г, а при 60–70°C – 102,67 мг/100 г. Наступне зростання температури призводить до зниження ефективності протеолізу.

Отримані результати свідчать, що оптимальне значення температури середовища для ФП пепсин – 50°C, і для ФП папаїн і Протолад – 60°C.

Досліджувався перебіг гідролізу пептидних зв'язків СБ дослідними ФП за зміною тривалості процесу (рис. 5).

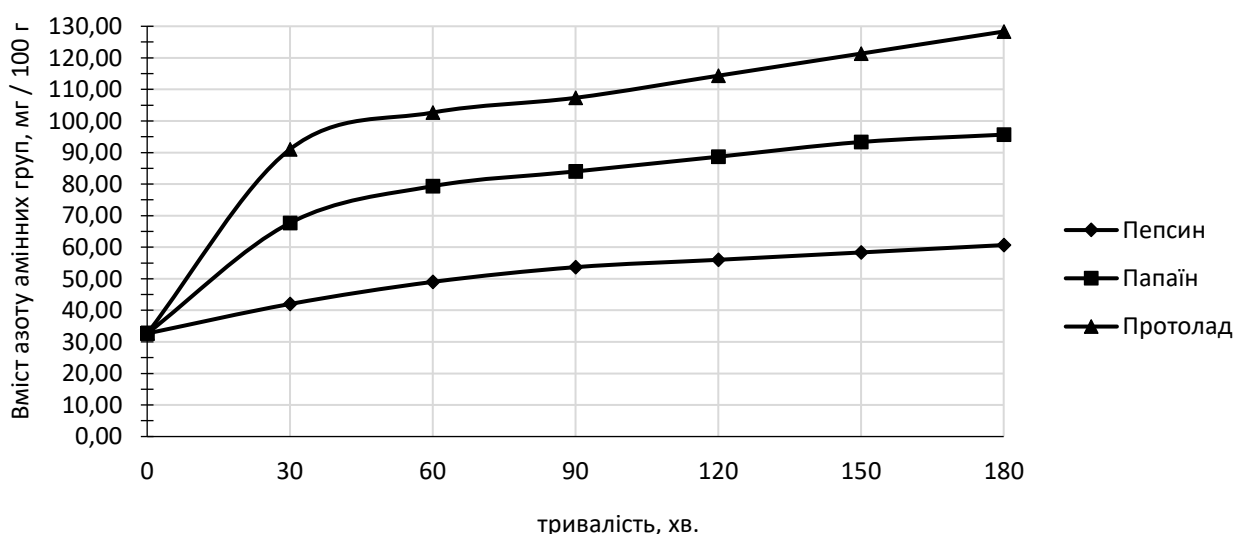


Рис. 5. Залежність ступеня гідролізу від тривалості гідролізу

З'ясовано, що дослідні ФП (пепсин, папаїн та протолад) забезпечують найбільш інтенсивний

гідроліз в перші 30 хв. ферментативного процесу. Також відмічалось поступове зростання значення

ААГ протягом 180 хв. гідролізу. Так для пепсину вміст ААГ протягом 30–180 хв. збільшується з 42,00 до 60,67 мг/100 г. Для папаїна значення ААГ за цей час зростає від 67,67 до 95,67 мг/100 г. При використанні ФП Протолад значення ААГ за цей час змінюється з 91,00 до 128,33 мг/100 г.

Висновки. В ході експериментальних досліджень вивчено основні фізико-хімічні параметри гідролізу СБ ФП пепсин, папаїн та Протолад. У результаті отримано залежності ферментативної реакції від концентрації білкового субстрату та ферменту, рН і температури дослідних розчинів, а також тривалості процесу.

Найбільш ефективний протеоліз проходить при концентрації ФП пепсин 2,5% і концентрації субстрата (СБ) 25%, рН ферментативної системи має складати 2,0, а температура 50°C.

Найліпшою концентрацією ФП папаїна для гідролізу є 4% при концентрації СБ 20%, рН 8,0 і температурі 60°C.

Найкращі результати гідролізу при використанні ФП Протолад отримано при його концентрації 5% і концентрації білкового субстрата 20%, при цьому рН складає 8,0 і температура 60°C.

Таким чином, встановлено, що отримання продукту з високим ступенем гідролізу можливе при використанні ФП Протолад в концентрації 5% (при концентрації білкового субстрата 20%), при цьому середовище має бути лужним, значення рН складає 8,0, а температура процесу має бути 60°C.

Гідроліз сироваткових білків дозволяє отримувати низькомолекулярні пептиди та амінокислоти, які в подальшому забезпечують отримання смакових та ароматичних речовин. Результати досліджень можуть бути використані при розробленні натуральних смакоароматичних добавок.

Список використаних джерел:

1. Onwulata C., Huth P. Whey processing, functionality and health benefits. Ames, Iowa : John Wiley & Sons, 2009. 404 p.
2. Храмов А. Г. Феномен молочной сыворотки. Санкт-Петербург: Профессия, 2011. 804 с.
3. Cheese whey processing: integrated biorefinery concepts and emerging food applications / I. K. Lappa et al. *Foods*. 2019. V. 8. P. 347. DOI: 10.3390/foods8080347.
4. Natalia Frolova, Anatoly Ukrainets. Development of methods of production in natural aromatic production. *Ukrainian Food Journal*. 2018. V. 7, № 4. P. 692–702. DOI: 10.24263/2304-974X-2018-7-4-13.
5. Курбанова М. Г., Разумникова И. С., Просеков А. Ю. Белковые гидролизаты с биологически активными пептидами. *Молочная промышленность*. 2010. № 9. С. 70–71.
6. Cheison S.C., Zhang S.B., Wang Z., Xu S.Y. Comparison of a modified spectrophotometric and the pH-stat methods for determination of the degree of hydrolysis of whey proteins hydrolysed in a tangential-flow filter membrane reactor. *Food Research International*. 2009. № 42. P. 91–97. DOI: 10.1016/j.foodres.2008.09.003.
7. Influence of the degree of hydrolysis on the bioactive properties of whey protein hydrolysates using Alcalase / A. Eberhardt, et al. *International Journal of Dairy Technology*. 2019. № 72, vol. 4. P. 573–584. DOI: 10.1111/1471-0307.12606.
8. Ghosh B. C., Prasad L. N., Saha N. P. Enzymatic hydrolysis of whey and its analysis. *Journal of food science and technology*. 2017. № 54, vol. 6. P. 1476–1483. DOI: 10.1007/s13197-017-2574-z.
9. Mann B., Athira S., Sharma R., Kumar R., Sarkar P. Bioactive peptides from whey proteins. *Whey Proteins*. Academic Press, 2019. P. 519–547. DOI: 10.1016/B978-0-12-812124-5.00015-1.
10. Jakopovic K. L., Cheison S. C., Kulozik U, Bozanic R. Comparison of selective hydrolysis of a-lactalbumin by acid Protease A and Protease M as alternative to pepsin: potential and for b-lactoglobulin purification in whey proteins. *Journal of dairy research*. 2019. № 86. P. 114–119. DOI:10.1017/S0022029919000086.
11. Лодыгин А. Д., Храмов А. Г., Донской Н. С. Методы гидролиза сывороточных белков молока. *Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие»*. 2010. № 6. С. 19–21.
12. Донской Н. С., Храмов А. Г., Лодыгин А. Д. Исследование кинетики ферментативного гидролиза сывороточных белков, подвергнутых электрофизической обработке. *Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие»*. 2009. № 5. С. 28–31.
13. Остроумов Л. А., Просеков А. Ю., Бабич О. О. Гидролиз концентрата сывороточных белков экзо- и эндопептидазами. *Молочная промышленность*. 2008. № 12. С. 55–56.
14. Просеков А. Ю., Бабич О. О. Особенности получения смеси аминокислот из белков молочной сыворотки. Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. Барнаул: ГНУ Сибирский НИИ сыроделия СО РАСХН, 2008. № 5. С. 161–165.
15. Nongonierma A. B., FitzGerald R. J. Enhancing bioactive peptide release and identification using targeted enzymatic hydrolysis of milk proteins. *Analytical and bioanalytical chemistry*. 2018. № 410, vol. 15. P. 3407–3423. DOI: 10.1007/s00216-017-0793-9.
16. Борисова Г. В., Новосёлова М. В., Бондарчук О. Н., Малова Ю. С. Выбор ферментных препаратов с целью получения гидролизатов молочной сыворотки с низкой аллергенностью. *Фундаментальные исследования*, 2012. № 11, т. 5. С. 1164–1167.
17. Цыганков В. Г., Головач Т. Н., Курченко В. П., Бондарук, А. М. Изучение пептидного состава ферментативного гидролизата концентрата сывороточных белков коровьего молока с целью разработки пищевых продуктов для туристическо-оздоровительной деятельности. *Труды БГТУ. Лесное хозяйство*, 2015. № 1. С. 272–275.

18. Курбанова М. Г. Ферментативный гидролиз белков молока с использованием различных протеаз. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2010. № 1. С. 157–160.
19. Сидоров Ю. И., Познанська С. А., Новіков В. П. Розроблення технології одержання біологічно активної суміші амінокислот з молочної сироватки. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2008. № 622. С. 88–96.
20. Головач Т. Н., Гавриленко Н. В., Жабанос Н. К., Курченко В. П. Закономерности гидролиза сывороточных белков экзо- и эндопротеазами. *Труды БГУ*. 2008. Том 3, № 1. С. 1–15.
21. Курбанова М. Г., Шевякова К. А. Анализ ферментных препаратов, осуществляемых протеолиз сывороточных белков. *Высокие интеллектуальные технологии в науке и образовании*. 2017. С. 103–105.
22. Калинин М. А., Телишевская Л. Я. Определение кинетических констант гидролиза белковых субстратов разными протеолитическими препаратами. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*, 2009. № 1. С. 42–44.

Т. П. Синенко, Н. Е. Фролова. Ферментативный гидролиз сывороточных белков молока

Проведены экспериментальные исследования закономерностей ферментативного гидролиза сывороточных белков. Подобраны протеазы различного происхождения (животного, растительного и микробного). Закономерности гидролиза сывороточных белков изучали по следующим параметрам: концентрация фермента и субстрата, рН среды, температура и продолжительность процесса. Установлено, что получение продукта с высокой степенью гидролиза возможно при использовании ферментного препарата Протолад в концентрации 5%, при концентрации белкового субстрата 20%, при этом среда должна быть щелочной, значение рН составляет 8,0, а температура процесса должна быть 60 °С. Результаты исследований могут быть использованы при разработке натуральных вкусоароматических добавок.

Ключевые слова: молочная сыворотка, концентрат сывороточных белков, ферментативный гидролиз, пепсин, папаин, Протолад.

T. Synenko, N. Frolova. Enzymatic hydrolysis of whey proteins of milk

Experimental studies of the enzymatic hydrolysis patterns of whey proteins were carried out. Proteases of various origins (animal, plant and microbial) were selected. Patterns of hydrolysis of whey proteins were studied according to the following parameters: enzyme and substrate concentration, medium pH, temperature, and duration of the process. It is established that obtaining a product with a high degree of hydrolysis is possible with the use of the enzyme preparation Protolad at a concentration of 5%, at a protein substrate concentration of 20%, the medium should be alkaline, the pH value is 8.0, and the process temperature should be 60 °C. Research findings can be used in the development of natural flavoring additives.

Keywords: whey, whey protein concentrate, enzymatic hydrolysis, pepsin, papain, Protolad.