

*О.С. Головач, Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент, Н.Н. Фурик, к.т.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРЕДОБРАБОТКИ СУБСТРАТОВ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ЖЕЛТКА КУРИНОГО ЯЙЦА И ВОССТАНОВЛЕННОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОЛИЗАТОВ

*O. Golovach, N. Zhabanos, N. Furik
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EFFECT OF PRETREATMENT REGIMES OF SUBSTRATES BASED ON A MIXTURE OF EGG YOLK AND RECONSTITUTED SKIM MILK ON THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF HYDROLYSATES

e-mail: GOS_82@tut.by, nzhabanos@tut.by, furik_nn@tut.by

В статье приведены результаты исследований гидролизатов, полученных на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза при использовании семи режимов предобработки субстрата по биохимическим характеристикам: содержание аминного азота, протеолитическая активность (мг% тирозина и триптофана), степень гидролиза, глубина гидролиза. Определены оптимальные режимы предобработки субстратов на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока, использование которых в технологии получения гидролизатов, позволяют получить гидролизаты с наилучшими биохимическими характеристиками. Кроме того, отмечена взаимосвязь прироста значений активной кислотности в процессе гидролиза субстрата и биохимических характеристик получаемых гидролизатов.

The article presents the results of a study of hydrolysates obtained from a mixture of chicken egg yolk and skim milk using the enzyme preparation Alcalase under seven different substrate pretreatment regimes. The hydrolysates were evaluated according to biochemical characteristics, including amino nitrogen content, proteolytic activity (mg% of tyrosine and tryptophan), degree of hydrolysis, and depth of hydrolysis. Optimal pretreatment regimes for substrates based on a mixture of chicken egg yolk and reconstituted skim milk were identified; their application in hydrolysate production technology enables the obtainment of hydrolysates with the most favorable biochemical characteristics. In addition, a correlation was observed between the increase in active acidity during substrate hydrolysis and the biochemical properties of the resulting hydrolysates.

Ключевые слова: гидролиз белка, гидролизаты смеси яичных и молочных белков, ферментные препараты, степень и глубина гидролиза

Keywords: protein hydrolysis, hydrolysates of a mixture of egg and milk proteins, enzyme preparations, degree and depth of hydrolysis

Введение. В настоящее время основная задача прикладной биотехнологией – это удешевление технологий готового продукта без потери его свойств и ухудшения качественных характеристик. Молочнокислые бактерии вносят в молочное сырье в форме заквасок – особым образом подготовленных и законсервированных штаммов или консорциумов микроорганизмов. Закваски являются функционально необходимыми компонентами для изготовления ферментированной молочной продукции. Для промышленного культивирования и накопления биомассы молочнокислых микроорганизмов используют питательные среды, в составе которых должны быть компоненты, обеспечивающие их рост, развитие и сохранение производственно-ценных характеристик [1]. Молочнокислые бактерии имеют сложные пищевые потребности. В качестве источника углерода микроорганизмы могут использовать моно- и дисахариды, органические кислоты.

Оптимальные среды для культивирования содержат аминокислоты (аргинин, лейцин; изолейцин, гистидин, валин), пептиды, которые вводят в форме различных гидролизатов: мясных белков, белков молока (лактальбуминов, казеинов) и др.

В настоящее время работы по получению гидролизатов белков активно ведутся во всем мире. Одним из интересных источников сырья для гидролизатов белков как стимулятора роста микроорганизмов является яичный белок. Он содержит смесь протеинов, которые обладают высокой пищевой и биологической ценностью, а также оптимальным аминокислотным составом [2, 3].

Для получения белковых гидролизатов используют ферментные препараты животного, растительного и микробного происхождения, что во многом определяет качество получаемых гидролизатов. Для получения частичных гидролизатов (со средней степенью гидролиза) широко применяют ферментные препараты бактериальных протеаз, в частности сериновую протеазу (алкалазу) и нейтральной протеазы (нейтразу) [4].

Для обеспечения требуемых свойств гидролизатов и стандартизации их характеристик, процесс гидролиза белка необходимо контролировать. Наиболее часто используемыми критериями характеристики обширности и специфики гидролиза, являются: содержание аминного азота, степень гидролиза и молекулярно-массовое распределение продуктов гидролиза [5]. В процессе гидролиза пептидных связей в белке образуются свободные аминокислоты, по одной новой свободной аминокислоте на каждую расщепленную пептидную связь. Количество образовавшихся аминокислот пропорционально показателю «содержание аминного азота» (Amino Nitrogen) в гидролизате, которое, в свою очередь, отражает количество всех аминокислот в гидролизате или в белке, включая свободные аминокислоты, пептидов, белков и боковые аминокислоты, пептидов, белков и боковые аминокислоты лизина. В гидролизатах также измеряют содержание общего азота (Total Nitrogen). Содержание аминного азота обычно определяют методом формольного титрования, однако могут использоваться и другие методы. Количественное определение общего азота выполняют методом Кьельдаля. Это полное содержание азота в продукте, включая небелковые вещества, аминокислоты и боковые цепи аминокислот [6].

В США для характеристики глубины гидролиза белка в соответствии с требованиями FDA (Food And Drug Administration) используют отношение количества аминного азота (AN) к количеству общего азота (TN) в гидролизате. Гидролизаты, имеющие соотношение $AN/TN > 0,62$, классифицируют как «гидролизаты с высокой степенью гидролиза». Гидролизаты с меньшей степенью гидролиза, имеющие соотношение $AN/TN < 0,62$, классифицируют как «гидролизаты с низкой степенью гидролиза» или «частичные гидролизаты» [6].

Показатель «степень гидролиза» (degree of hydrolysis - DH, %) определяют, как долю (в %) пептидных связей, расщепленных в процессе гидролиза, в общем количестве пептидных связей в гидролизуемом белке, то есть чем обширнее расщепление белка, тем выше степень гидролиза [6].

Однако, на практике невозможно определить точное количество расщепленных пептидных связей в гидролизате. Поэтому для расчета показателя «степень гидролиза» используют разного рода эмпирические формулы [7].

Целью исследований является оценка влияния режимов предобработки субстратов на основе молочно-яичных белков на биохимические характеристики гидролизатов для использования в питательных средах для культивирования микроорганизмов.

Материалы и методы исследований. В работе использованы субстраты на основе смеси восстановленных растворов желтка куриного яйца и обезжиренного

молока, протеолитический фермент (алкалаза 2.4 Л ФГ производства Novozymes A/S, Дания), гидролизаты, получаемые при ферментации субстратов.

При проведении исследований в работе использовали следующие питательные среды и реактивы:

- сухое обезжиренное молоко по СТБ 1758;
- ферментный препарат Алкалаза 2.4 Л ФГ (Novozymes A/S) 2,59 ед. АУ-А/Г;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709;
- яичный желток сухой по ГОСТ 30363-2013;
- смесь восстановленных яичного желтка и обезжиренного молока в разработанном соотношении;

- раствор 10 % трихлоруксусной кислоты готовили следующим образом: 50,0 г трихлоруксусной кислоты вносили в мерную колбу вместимостью 500 см³, доводили объем дистиллированной водой до метки и фильтровали;

- 1М раствор карбоната натрия: 106 г безводной соли растворяют в 1000 см³ воды, стерилизация автоклавированием в течение 30 мин при температуре 121 °С;

- фенольный реактив Фолина-Чокалтеу. Перед определением протеолитической активности разбавляют дистиллированной водой в соотношении 1:6;

- 30 %-ный раствор гидроксида натрия: в 1000 см³ дистиллированной воды растворяют 30 г гидроксида натрия;

- водно-спиртовой раствор фенолфталеина (0,5 %) – смешивают 10 мл дистиллированной воды и 10 мл спирта, в полученный водно-спиртовой раствор вносят 100 мг фенолфталеина;

- формалин по ГОСТ 1625-89;

- формольная смесь: к 50 мл формалина прибавляют 1 мл водно-спиртового раствора фенолфталеина и нейтрализуют 0,1 н. раствором NaOH до слабого окрашивания, используют свежеприготовленным;

- 0,1 н. раствор NaOH. Снимают этикетку с ампулы, промывают ее наружную поверхность дистиллированной водой и просушивают фильтровальной бумагой. Также дистиллированной водой промывают воронку, колбу на 1 дм³ и ножницы. Разрезают ампулу и аккуратно через воронку выливают содержимое в колбу. Затем ампулу изнутри тщательно промывают дистиллированной водой в количестве шестикратного объема ампулы. После растворения содержимого ампулы объем жидкости доводят до метки пипеткой и тщательно перемешивают. После приготовления раствор следует перелить в емкость для хранения;

- 0,1 н. раствор H₂SO₄. Приготовление аналогично вышеописанным способом.

При проведении работ использовались стандартизированные и общепринятые методы исследований:

Определение активной кислотности проводили по ГОСТ 26781-85;

Определение общего белка по ГОСТ 30364.1-97;

Определение аминного азота по ГОСТ 29311-92;

Определение общего азота по ГОСТ 30364.1-97;

Определение протеолитической активности (метод М.Е. Hull в модификации Залашко М.В. и соавт.) [5].

Метод определения «глубины гидролиза» (ГГ) основан на вычислении соотношения значений аминного и общего азота по формуле [15]:

$$ГГ = AN/TN, \quad (2)$$

где AN – количество аминного азота в гидролизате, %

TN – количество общего азота в гидролизате, %.

Показатель «степень гидролиза» (СГ), % белка определяли по формуле [6]:

$$СГ = \frac{(NAA - NAA_0)}{(NOA - NAA_0)} * 100\%, \quad (3)$$

где NOA – содержание общего азота, %;

NAA₀ – содержание аминного азота в негидролизованном сырье, %;

NAA – содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза, %;

Статистическую обработку результатов, полученных не менее чем в трех повторностях, проводили, используя программу Excel Microsoft.

Результаты и их обсуждение. Проведены исследования по изучению влияния режимов предобработки субстратов, приготовленных на основе смеси восстановленных желтка куриного яйца и обезжиренного молока (далее – Ж+ВОМ) в разработанном соотношении на физико-химические и биохимические характеристики гидролизатов.

Разработано семь режимов предобработки субстрата с целью инактивации белков, ингибирующих активность протеаз при проведении гидролиза, путем тепловой обработки при периодическом помешивании. Режимы предобработки отличались температурой, которая варьировала в диапазоне от 55°C до 85°C и временем выдержки (от 15 минут до 2 часов). Компонентный состав субстрата и условие проведения гидролиза идентичны.

Внешний вид субстратов после предобработки представлен на рисунке 1. Субстраты представляли собой однородную непрозрачную жидкость светло-кремового цвета.



Рисунок 1 – Внешний вид субстратов на основе молочно-яичных белков после предобработки

Источник данных: собственная разработка.

Характеристики субстратов, полученных после различных режимов предобработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики субстратов на основе желтка куриного яйца и ВОМ

Показатель	Режим предобработки						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Внешний вид	полупрозрачная жидкость						
Цвет	светло-жёлтый						
Массовая доля белка, %	2,4±0,2						
Содержание общего азота, %	0,39±0,1						
Активная кислотность до обработки субстрата, ед. рН	6,49±0,1						
Активная кислотность после обработки субстрата, ед. рН	6,55	6,63	6,61	6,46	6,58	6,56	6,46
Состояние после обработки	жидкое						

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, представленных в таблице 1, следует, что изученные субстраты на основе смеси желтка и обезжиренного молока после предобработки имели характеристики: массовая доля белка – $(2,4 \pm 0,2) \%$, содержание общего азота – $(0,39 \pm 0,1) \%$.

После доведения субстрата до температуры гидролиза вносили ферментный препарат (алкалаза) с учетом содержания белка. Ферментативный гидролиз проводили при режиме гидролиза $((60 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 5 часов) при периодическом помешивании. Перед инактивацией гидролизата устанавливали pH в диапазоне 7,0–7,2. Фермент инактивировали путем тепловой обработки при температуре $(90 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 15 минут при периодическом помешивании, охлаждали до комнатной температуры и определяли биохимические и физико-химические характеристики. Проведен анализ изменений значений показателей: массовая доля белка, %, массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота, %, протеолитическая активность, мг⁰% (тирозин + триптофан), активная кислотность после предобработки и в конце гидролиза, ед. pH.

Проведена оценка содержания аминного азота в образцах гидролизатов, полученных на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока при семи различных режимах предобработки. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

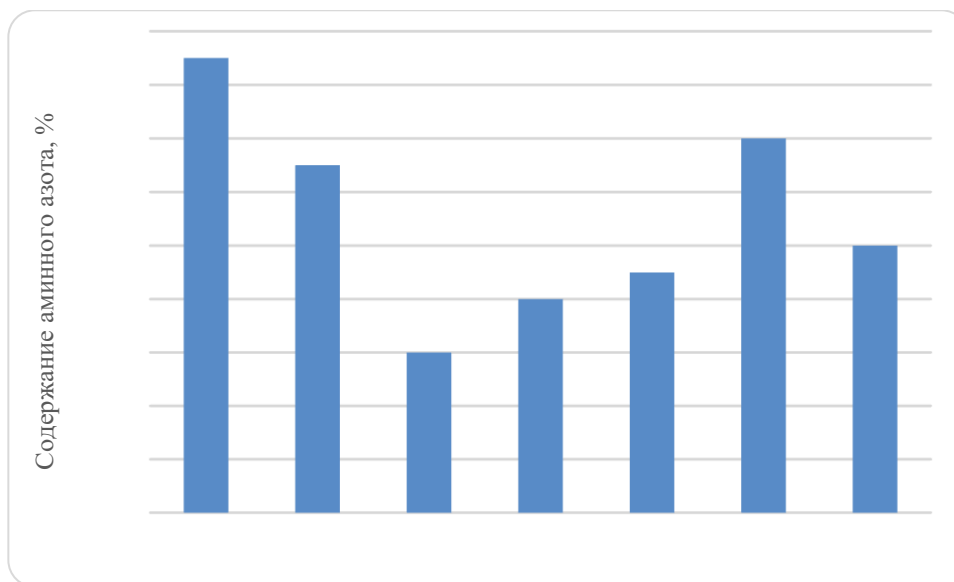


Рисунок 2 – Содержание аминного азота в гидролизатах, полученных на основе смеси желтка и ВОМ при различных режимах предобработки

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, представленных на рисунке 2, содержание аминного азота в исследуемых образцах гидролизатов, полученных с использованием семи различных режимов предобработки определено на уровне $0,106 \pm 0,006 \%$. Максимальные значения аминного азота отмечены в гидролизатах при использовании режимов предобработки: №1 (0,113 %), №2 (0,109 %) и №6 (0,110 %).

Таким образом установлено, что использование режимов предобработки №1, №2 и №6 субстратов, полученных на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока, позволяет получить гидролизаты с использованием ферментного препарата алкалаза с наибольшим содержанием аминного азота.

На основе биохимических характеристик гидролизатов (массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота в негидролизованном сырье и в гидролизате)

рассчитаны показатели «глубина» (формула 2) и «степень» (формула 3) гидролиза для исследуемых образцов. Результаты приведены на рисунках 3, 4.

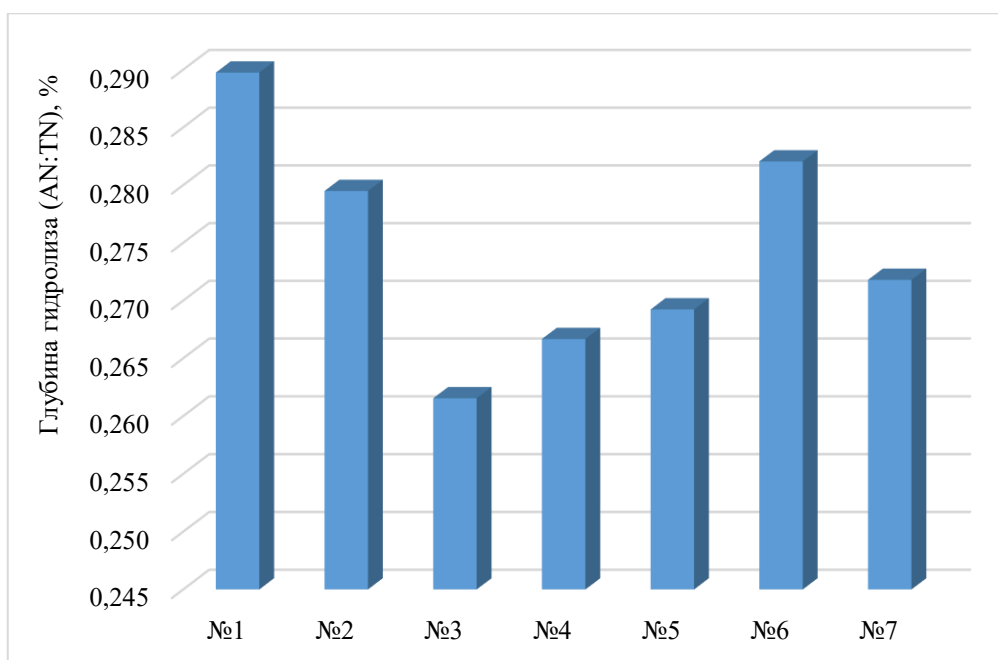


Рисунок 3 – Глубина гидролиза белка в гидролизатах на основе смеси желтка и ВОМ при различных режимах предобработки субстрата
Источник данных: собственная разработка.

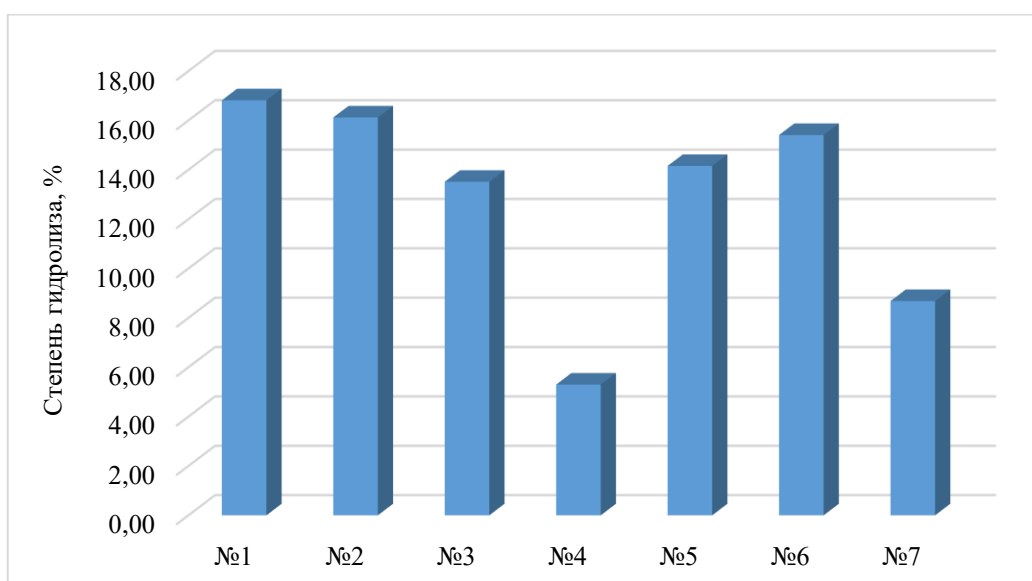


Рисунок 4 – Степень гидролиза белка в гидролизатах на основе смеси желтка и ВОМ при различных режимах предобработки субстрата
Источник данных: собственная разработка.

При анализе расчетных значений показателей «глубины» и «степени» гидролиза, полученных гидролизатов на основе смеси желтка и ВОМ с использованием ферментного препарата алкалазы при различных режимах предобработки субстрата установлено, что глубина гидролиза варьировала в диапазоне от 0,26 % до 0,29 %, при этом min значение составляло 0,26 % при использовании режима предобработки №3. Показатель «степень гидролиза»

варьировал в диапазоне от 5,3 % до 16,82 %. Максимальные значения «степени гидролиза» получены при использовании режимов предобработки №1 (16,82 %), №2 (16,12 %) и №6 (15,41 %), минимальные значения при использовании – №4 (5,30 %) и №7 (8,68 %).

Таким образом установлено, что режим предобработки субстрата на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза оказывает наибольшее влияние на показатель «степень гидролиза», характеризующий обширность расщепления белка, поскольку значения варьируют в достаточно широком диапазоне от 5,30 % до 16,82 %. Вместе с тем следует отметить, что показатель «глубина гидролиза» в зависимости от режима предобработки изменяется незначительно от 0,26 % до 0,29 %.

Проведена оценка протеолитической активности в образцах гидролизатов при различных режимах предобработки (тирозина и триптофана, мг%). Результаты исследований представлены на рисунке 5.

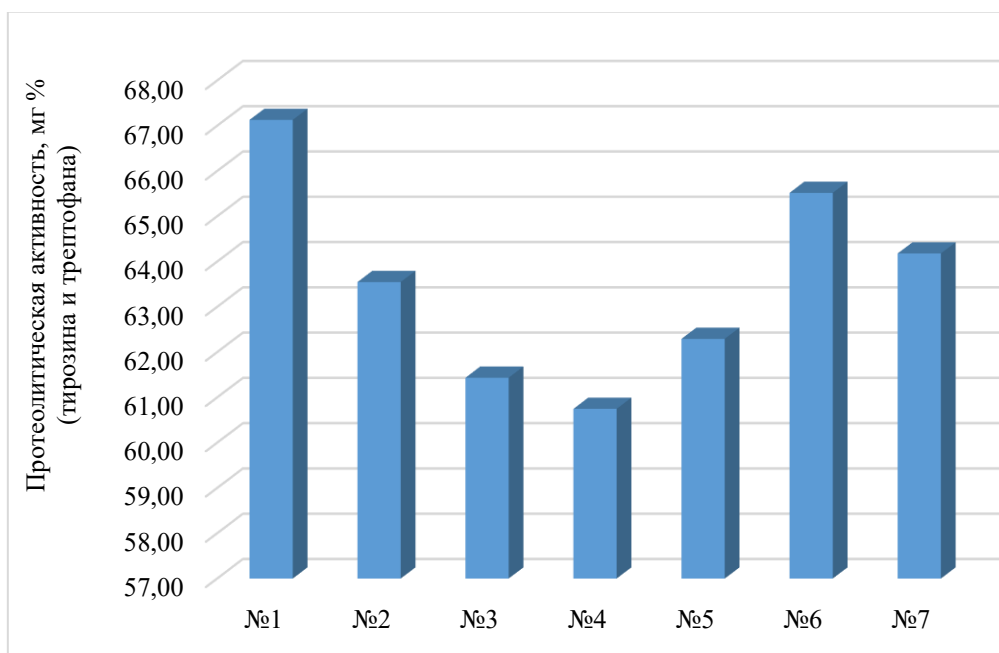


Рисунок 5 – Протеолитическая активность в образцах гидролизатов на основе смеси желтка и ВОМ с использованием фермента алкалаза, при использовании различных режимов предобработки субстрата
Источник данных: собственная разработка.

Значения протеолитической активности (тирозин + триптофан, мг%) в исследуемых образцах гидролизатов на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока с применением ферментного препарата алкалазы при использовании различных семи режимов предобработки субстрата варьировали в диапазоне от 60,75 мг% до 67,13 мг%.

Установлено, что наибольшее содержание (тирозина + триптофана, мг%) отмечено в образцах гидролизатов на основе желтка и восстановленного обезжиренного молока с применением фермента алкалазы при использовании режимов предобработки субстрата № 1 (67,13 мг%) и № 6 (65,52 мг%).

Таким образом, определены оптимальные режимы предобработки субстрата на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза, при которых достигаются биохимические характеристики гидролизатов:

Режим предобработки №1: 67,13 мг% (протеолитическая активность тирозина

и триптофана), 0,113 % (содержание аминного азота), 16,82 % (степень гидролиза), 0,29 % (глубина гидролиза);

Режим предобработки №6: 65,52 мг% (протеолитическая активность тирозина и триптофана), 0,110% (содержание аминного азота), 15,41% (степень гидролиза), 0,28% (глубина гидролиза).

Изучена динамика значений активной кислотности в субстрате на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза после предобработки и в гидролизатах. Полученные данные представлены на рисунке 6.

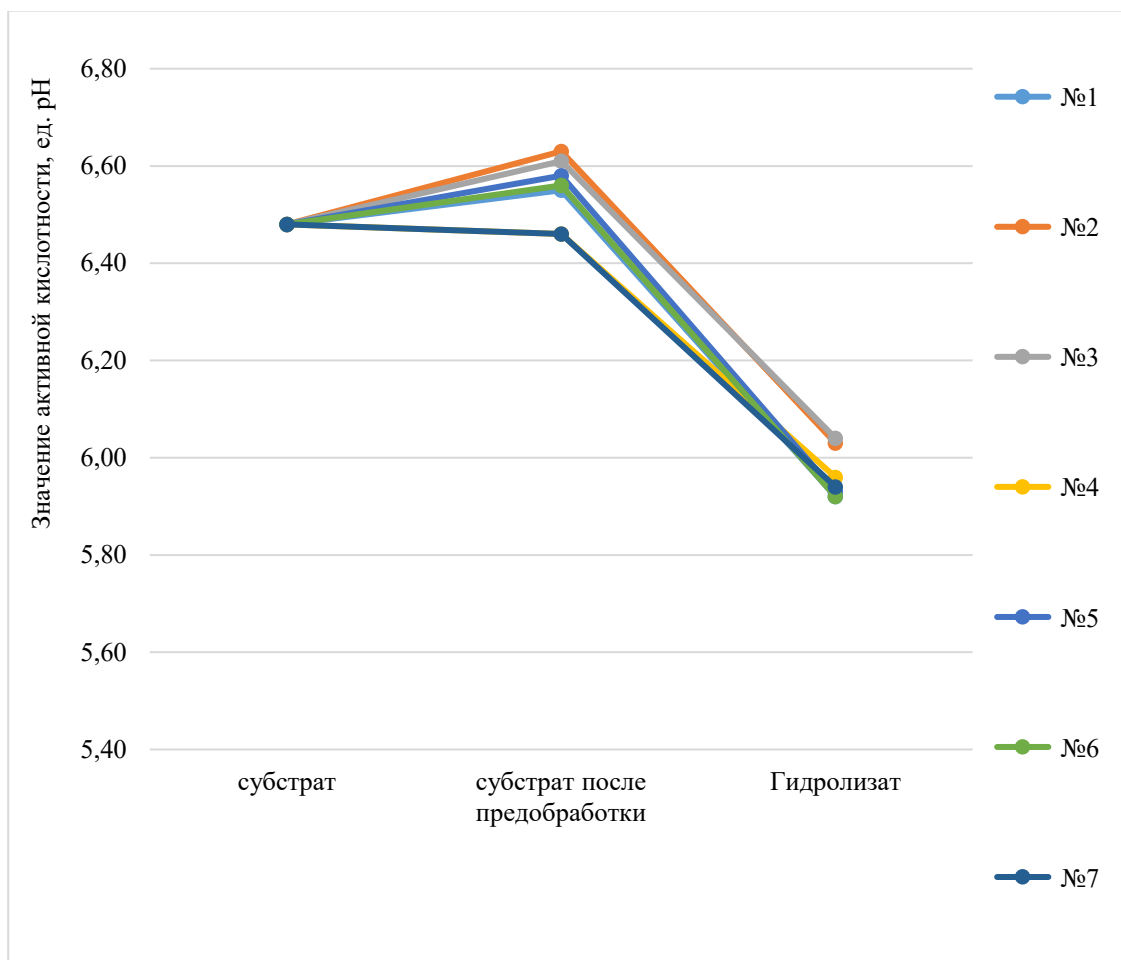


Рисунок 6 – Значения активной кислотности в субстрате на основе смеси желтка и ВОМ с использованием фермента алкалаза, после предобработки и в гидролизатах
Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что при использовании режимов предобработки субстратов значения активной кислотности в ферментируемом субстрате снижались лишь в образцах при использовании режимов предобработки №4 и №7, в остальных образцах отмечено повышение значения активной кислотности ($\Delta 0,07$ – $\Delta 0,15$).

В гидролизатах прирост значений активной кислотности варьировал в диапазоне: от $\Delta 0,44$ ед. рН до $\Delta 0,56$ ед. рН.

Установлено, что наибольший прирост значений активной кислотности отмечен в образцах гидролизатов с режимом предобработки субстрата №1 и №6 ($\Delta 0,56$ ед. рН).

Таким образом, отмечена взаимосвязь изменения активной кислотности в процессе гидролиза субстрата и биохимических характеристик, получаемых гидролизатов, и, следовательно, данный показатель может являться косвенной

характеристикой процесса гидролиза.

Выводы. Проведена оценка физико-химических и биохимических характеристик гидролизатов полученных на основе смеси молочно-яичных белков (желток куриного яйца и восстановленное обезжиренное молоко) с использованием ферментного препарата алкалаза и режимом гидролиза (60 ± 1)°C: массовая доля белка, %, массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота, %, протеолитическая активность, мг% (тирозин + триптофан, мг%), активная кислотность после предобработки и в конце гидролиза, ед. рН. при 7 режимах предобработки субстрата.

На основании биохимических характеристик гидролизатов (массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота в негидролизованном сырье и в гидролизате) рассчитаны показатели «глубины гидролиза» и «степени гидролиза» для исследуемых образцов.

Установлено влияние режима предобработки субстрата на снижение ингибирующего действия яичного белка (овомукоида) на протеазу ферментного препарата, что позволяет получить гидролизаты с различной глубиной и степенью гидролиза.

Определено, что при использовании режимов предобработки субстрата на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока – №1 ((55 ± 1)°C 2 часа) и № 6 ((80 ± 1)°C 15 минут) возможно при дальнейшей ферментации алкалазой при температурном режиме (60 ± 1)°C получить гидролизаты с требуемыми характеристиками: 65,52–67,13 мг% (протеолитическая активность в мг% тирозина и триптофана), 0,113–0,11 % (содержание аминного азота), 15,41–16,82 % (степень гидролиза), 0,28–0,29 % (глубина гидролиза).

Список использованной литературы

1. Сравнительная оценка потенциальных белковых основ микробиологических сред / Ю. С. Ковтун, А. А. Курилова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2014. – № 3. – С. 92–95. – URL: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2014-3-92-95> (дата обращения: 28.07.2024)
1. Sravnitel'naya ocenka potencialnyh belkovykh osnov mikrobiologicheskikh sred [Comparative Assessment of Prospective Protein Bases for Microbiological Media] / Yu. S. Kovtun, A. A. Kurilova [i dr.] // Problemy osobo opasnykh infekcij. – 2014. – №3. – S. 92–95. – URL: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2014-3-92-95> (data obrashcheniya: 28.07.2024)
2. Использование протеолитических ферментов для получения белковых гидролизатов пищевого назначения из вторичного сырья / Е. В. Костылева, А. С. Середя, И. А. Великорецкая [и др.] // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92. – № 1. – С. 116–132.
2. Ispolzovanie proteoliticheskikh fermentov dlya polucheniya belkovykh gidrolizatov pishhevogo naznacheniya iz vtorichnogo syrya [Use of proteolytic enzymes to obtain food-grade protein hydrolysates from recycled materials] / E. V. Kostyleva, A. S. Sereda, Velikoreckaya I.A. [i dr.] // Voprosy pitaniya. – 2023. – T. 92. – № 1. – S. 116–132.
3. Луполова, Т. Г. Полиморфизм жидких фракций яичного белка / Т. Г. Луполова, В. Райлян, В. Мачук // Птицефабрика. – 2006. – № 10. – С. 19–20.
3. Lupolova, T. G. Polimorfizm zhidkih frakcij yaichnogo belka [Polymorphism of liquid fractions of egg white] / T. G. Lupolova, V. Rajlyan, V. Machuk // Pticefbrika. – 2006. – № 10. – S. 19–20.
4. Зорин, С. Н. Ферментативные гидролизаты белков молочной сыворотки и куриного яйца: получение, физико-химическая и иммунохимическая характеристика / С. Н. Зорин, Ю. С. Сидорова, В. К. Мазо // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 1. – С. 64–68. – URL: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10007>.
4. Zorin, S. N. Fermentativnye gidrolizaty belkov molochnoj syvorotki i kurinogo yajca: poluchenie, fiziko-himicheskaya i immunohimicheskaya harakteristika [Enzymatic hydrolysates of whey and chicken egg proteins: production, physicochemical and immunochemical characteristics] / S. N. Zorin, Yu. S. Sidorova, V. K. Mazo // Voprosy pitaniya. – 2020. – T. 89. – № 1. – S. 64–68. – URL: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10007>.

5. Петрова, Е. И. Исследование ферментативного гидролизата белков молочной сыворотки и разработка биоактивного компонента для спортивного питания / Е. И. Петрова, Н.Б. Гаврилова // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 8 (114). – С. 33–36.

6. Свириденко, Ю. Я. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 1. Технология производства и технические характеристики гидролизатов / Ю. Я. Свириденко, Д. С. Мягконосов, Д. В. Абрамов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – №5. – С. 30–31.

7. Гармашов, С. Ю. Выбор условий ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья / С. Ю. Гармашов // Вестник КрасГАУ. – 2018. – №3. – С. 268–273.

5. Petrova, E. I. Issledovanie fermentativnogo gidrolizata belkov molochnoj syvorotki i razrabotka bioaktivnogo komponenta dlya sportivnogo pitaniya [Study of enzymatic hydrolysate of whey proteins and development of a bioactive component for sports nutrition] / E. I. Petrova, N.B. Gavrilova // Agrarnyj vestnik Urala. – 2013. – № 8 (114). – S. 33–36.

6. Sviridenko, Yu. Ya. Nauchno-metodicheskie podhody k razvitiyu tehnologii belkovyh gidrolizatov dlya specialnogo pitaniya. Chast 1. Tehnologiya proizvodstva i tehnicheckie harakteristiki gidrolizatov [Scientific and methodological approaches to the development of protein hydrolysate technology for special nutrition. Part 1. Production technology and technical characteristics of hydrolysates.] / Yu. Ya. Sviridenko, D. S. Myagkonosov, D. V. Abramov [i dr.] // Pishhevaya promyshlennost. – 2017. – №5. – S. 30–31.

7. Garmashov, S. Yu. Vybor uslovij fermentativnogo gidroliza kollagensoderzhashego syrya [Selection of conditions for enzymatic hydrolysis of collagen-containing raw materials] / S. Yu. Garmashov // Vestnik KrasGAU. – 2018. – №3. – S. 268–273.