

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КАЛЬМАРА
*BERRYTERTHIS MAGISTER***

Т.А. Игнатова, А.В. Подкорытова, Т.В. Родина

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва,
Россия*

В настоящее время величина ежегодного вылова кальмаров в Российской Федерации составляет порядка 83,4 тыс. т [Статистические сведения..., 2017]. Из кальмаров изготавливают различные виды продукции (кальмар сушеный, вяленый, копченый, пресервы, консервы, кулинарная продукция), но большую их часть составляют кальмары мороженые [Кизеветтер и др., 1976; Технология рыбы и рыбных продуктов, 2010; ГОСТ 20414]. При производстве тушки кальмара образуется около 52,3 % отходов, из них 23,2 % приходится на печень и 76,8 % на внутренности, щупальца и голову.

Анализ литературы показал наличие ряда технологий по переработке отходов от разделки кальмара (ОРК). Существует технология получения из зрительных ганглиев кальмаров БАД, обладающая иммуностимулирующим действием, а также холинэстеразы и фосфатазы [Шевцова, 1977; Касьяненко и др., 1982; Аюшин, Боровская, 1992]. Печень кальмара тихоокеанского (*Todarodes pacificus*) содержит до 36,5 % жира [Справочник по химическому составу..., 1999] и поэтому является его ценным источником [Крутченский и др., 1989]. Ещё в 1968 г. головы и щупальца кальмара были рекомендованы для изготовления фарша [Селюк, 1968]. Имеется разработка по получению противоожогового и ранозаживляющего средства из ОРК [Степанцова, Пастушенков, 1998]. Также проводились исследования по получению кормовой муки из ОРК [Степанцова, Городниченко, Пациенко, 1989; Степанцова, 2001]. В настоящее время, несмотря на существование разработок по переработке ОРК и наличия в них такого высокоценного компонента как белок (76,1 % сух. в-ва) в промышленности данный вид сырья не нашел применения.

Высокое содержание белка в ОРК указывает на перспективность использования их в качестве сырья для получения белковых гидролизатов с использованием методов биотехнологии.

Белковые гидролизаты широко применяются в различных отраслях промышленности (медицинская, пищевая, комбикормовая и микробиологическая) [Мухин, Новиков, 2001; Пашенко, Сторублевцев, 2009]. В пищевой промышленности гидролизаты используются в качестве компонента при разработке пищевых продуктов общего и специального назначения. Функциональные (эмульгирующее) и биологические (антиоксидантное, противогипертоническое, антитромбозное, холестерин-понижающее и др.) свойства гидролизатов в значительной степени зависят от степени гидролиза белка. Гидролизаты с низкой степенью расщепления белка используются для получения продуктов с высокими эмульгирующими и влагоудерживающими способностями, а с высокой степенью – в рецептурах специального (спортивного и лечебного) питания, так как данные виды гидролизатов не требуют переваривания и быстро усваиваются организмом [Clemente, 2000; Свириденко, Мягконов, Абрамов, Овчинникова, 2017]. Оптимальная степень расщепления белков в кормовых гидролизатах специфична для каждого вида животного и может быть определена только экспериментально. Так, например, для обеспечения максимального прироста молоди рыб, как показано в научных публикациях, степень гидролиза белка должна составлять от 15 до 25 %. При меньшей степени гидролиза, как и при большей, наблюдается снижение их прироста и увеличение кормового коэффициента [Холодная, 2001]. Таким образом, область использования гидролизатов зависит в первую очередь от степени гидролиза белкового сырья [Телишевская, 2000; Максимюк, 2009].

В связи с этим, при разработке технологии получения белкового гидролизата из ОРК основной задачей является изучение процесса ферментализации с целью определения рациональных режимов получения гидролизатов с заданной степенью расщепления белка.

При проведении исследований использовали ОРК *Berryteuthis magister* (щупальца, внутренности, голова). Заготовку образцов для анализа проводили в Северо-Курильской зоне. Поскольку папаин является более дешевым и доступным ферментным препаратом целесообразным является использование его для проведения исследований (активность 800–900 ед./мг). Содержание общего, аминного и небелкового азотов определяли по Лазаревскому А.А. [Лазаревский, 1955].

Ферментализ ОРК проводили при гидромодуле 1:1 и температуре 50 ± 2 °С. В качестве переменных количественных факторов были выбраны количество фермента, используемого для обработки отходов и продолжительность процесса ферментализа. Уровни факторов: «количество фермента» (с) – 0,5; 1; 1,5 % к массе суспензии; «продолжительность предобработки» (τ) – 2; 5; 8 ч. Степень гидролиза белков в ферментализатах сравнивали с таковым показателем для автолизата, полученного по той же схеме.

На основе анализа графического изображения изменения степени гидролиза белков ОРК от продолжительности ферментализа и количества фермента (рис. 1) установлено, что процесс ферментализа проходит ступенчато.

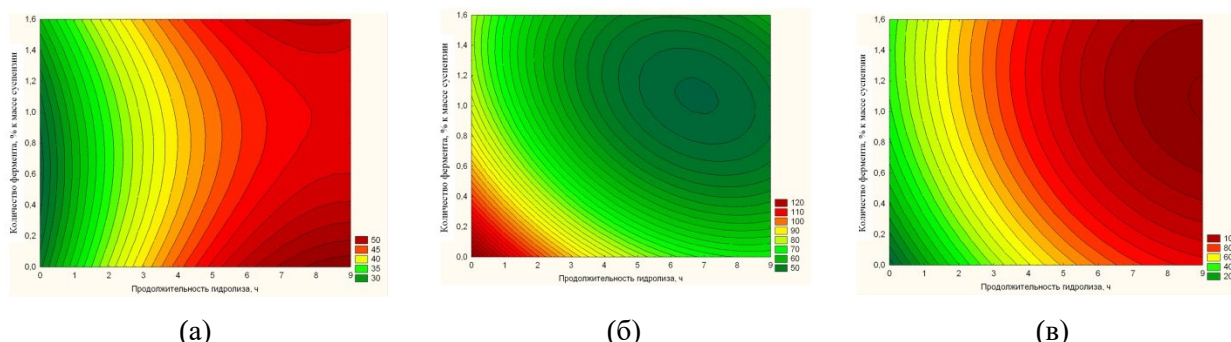


Рисунок 1. Изменение степени гидролиза белков ОРК в зависимости от продолжительности ферментализа и количества фермента (а) изменение соотношения Нам/Нобщ от параметров ферментализа; (б) изменение соотношения Ннеб/Нобщ от параметров ферментализа; (в) изменение соотношения Нам/Ннеб от параметров ферментализа

На первой стадии ферментализа (первые 2–3 ч) происходит интенсивное образование водорастворимых пептидов, что определяется высоким значением показателя Ннеб/Нобщ (более 80 %) и одновременно с этим низким значением соотношения Нам/Нобщ (менее 35 %) (рис. 1, а, б). Также о преобладании в гидролизате водорастворимых пептидов говорит и низкое значение соотношения Нам/Ннеб (не более 40 %) (рис. 1, в). При этом в раствор переходят порядка 36–40 % азотсодержащих веществ из ОРК (рис. 2).

В интервале от 4 до 6,5 ч превалирует процесс расщепления водорастворимых пептидов до свободных аминокислот, что подтверждается снижением значения соотношения Ннеб/Нобщ с 80 до 50 % и увеличением показателя Нам/Нобщ до 45 % (рис. 1, а, б). Высокие значения соотношения Нам/Ннеб (60–80 %) указывают на преобладание свободных аминокислот в данных ферментализатах (рис. 1, в). В то же время выход азотсодержащего вещества в раствор достигает своего максимума (около 48 %) (рис. 2). При дальнейшем проведении ферментализа до 8 ч наблюдается практически полное расщепление водорастворимых пептидов до свободных аминокислот (Нам/Ннеб 80–100 %) (рис. 1, в). Выход азотсодержащих веществ в гидролизат снижается с 48 до 43 %, что вероятно, связано с ингибированием ферментализа вследствие накопления свободных аминокислот (рис. 1, 2).

При сравнении ферментализа проводимого папаином в течение 2 ч с автолизом за тот же промежуток времени установлено, что механизм каталитического процесса расщепления белков ОРК имеет различия. Так в гидролизатах полученных после проведения ферментализа в течении 2 ч при использовании папаина (0,5 % к массе суспензии) в большей мере содержатся свободные аминокислоты (Нам/Ннеб 65 %) по сравнению с автолизатом (Нам/Ннеб 48 %). Наряду с этим выход азотсодержащих веществ в раствор больше на 10 %, что говорит о более эффективном использовании сырья при применении папаина, чем при автолизе.

Анализ зависимости содержания аминного азота в гидролизате при проведении ферментализа ОРК под действием папаина и комплекса собственных ферментов показал возможность интенсификации процесса гидролиза в 3,2 раза при применении папаина, по сравнению с автолизом (рис. 3).

Таким образом, использование папаина при проведении ферментализа ОРК позволяет эффективнее использовать отходы и сократить продолжительность процесса получения гидролизатов с высокой степенью гидролиза с 8 до 2,5 ч (рис. 3).

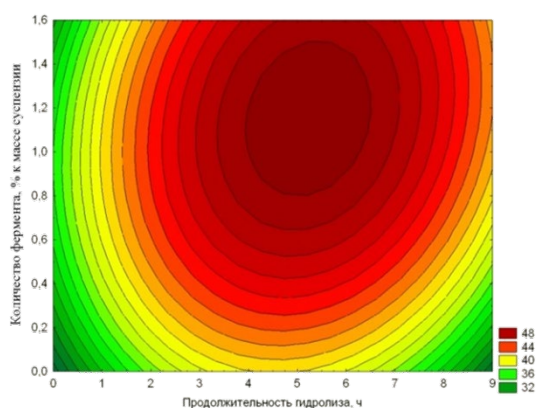


Рисунок 2. Динамика выхода азотсодержащих веществ в зависимости от продолжительности ферментализации и количества фермента

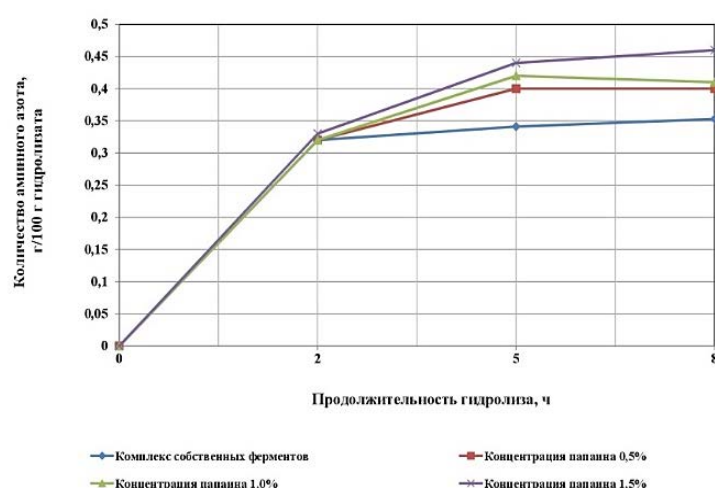


Рисунок 3. Динамика накопления аминного азота в гидролизате при проведении ферментализации ОРК под действием папаина и комплекса собственных ферментов

На основании проведенных исследований установлено, что ферментализация под воздействием папаина проходит ступенчато с образованием на первой стадии водорастворимых пептидов, с последующим их расщеплением до свободных аминокислот. Установлены рациональные режимы получения гидролизата с низкой степенью расщепления белка: продолжительность процесса до 3 ч, количество папаина до 1,5 %, температура 50 ± 2 °С, гидромодуль 1:1. Для получения гидролизата со средней степенью расщепления белка продолжительность – 3 – 6,5 ч, а с высокой степенью – 6,5 – 8 ч при соблюдении тех же прочих условий.

ЛИТЕРАТУРА

- Аюшин Н.Б., Боровская Г.А. Хроматографическое изучение иммуностимулирующего препарата из зрительных ганглиев кальмара / Комплексная переработка дальневосточных объектов промысла, Известия ТИНРО Т. 114. 1992. С. 5–8.
- Касьяненко Ю.И., Эпштейн Л.М., Федорец Ю.А., Майзель Е.Б., Розенгарт Е.В. Фосфатазная активность органов и тканей командорского кальмара / Исследования по технологии рыбы, беспозвоночных и водорослей дальневосточных морей, Владивосток. 1982. С. 8–15.
- Кизеветтер И.В., Макарова Т.И., Зайцев В.П., Миндер Л.П., Подсёвалов В.Н., Лагунов Л.Л. Технология обработки водного сырья. М.: Пищевая промышленность. 1976. 696 с.
- Крутченский Г.В., Янчева Р.Г., Овчинников В.В., Ларина С.В., Надина Ю.К., Захарова М.Ю. Получение жира из печени кальмара / Рыбное хозяйство, № 10. 1989. С. 89–91.
- Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. – М.: Пищепромиздат. 1955. 518 с.
- Максимюк Н.Н. О преимуществах ферментативного способа получения белковых гидролизатов. Фундаментальные исследования № 1. 2009. с. 34–35.
- Мухин В.А., Новиков В.Ю. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование. – Мурманск: ПИНРО. 2001. 97 с.
- Пашенко В.Л., Сторублевцев С.А. Разработка технологии функционального продукта с применением коллагенового гидролизата. Фундаментальные исследования № 4. 2009. с. 127–134.
- Свириденко Ю.Я., Мягконос Д.С., Абрамов Д.В., Овчинникова Е.Г. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть. 2. Функциональные свойства белковых гидролизатов, зависящие от специфичности протеолитических процессов/ Пищевая промышленность № 6. 2017. С. 50–53.
- Селюк О.Д. Фарш из голов и щупалец кальмара / Рыбное хозяйство № 4. 1968. С. 67–68.
- Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих/ под редакцией В.П. Быкова. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 262 с.
- Статистические сведения по рыбной промышленности России 2015–2016 гг. М.: ФГУП «ВНИРО». 2017. 73 с.

Степанцова Г.Е., Городниченко Л.В., Пациенко Е.В. Получение кормовой муки из отходов от разделки кальмаров по прессово-сушильной схеме / Разработка технологии белковых продуктов из океанического сырья. Сборник научных трудов. – Калининград. Изд. АтлантНИРО, 1989. С. 182–193.

Степанцова Г.Е. Мука из отходов от разделки кальмаров – эффективное кормовое средство / Г.Е. Степанцова [и др.] // Прогрессивные технологии производства продуктов из гидробионтов: сб. науч. тр. / КГТУ. – Калининград. 2001. С. 173–183.

Степанцова Г.Е., Пастушенков Л.В. О возможности получения лечебного (противоожогового и ранозаживляющего) средства из отходов от разделки кальмаров / Современные технологии обработки рыбы и морепродуктов. Сборник научных трудов. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО. 1998. С. 70–78.

Телишевская Л.Я. Белковые гидролизаты: получение, состав, применение. Под ред. А.Н. Панина. М., Аграр. Наука. 2000. 295 с.

Технология рыбы и рыбных продуктов/ Под ред. А.М. Ершова: учебник. М.: Колос. 2010. 1064 с.

Холодная С.В. Сухой белковый рыбный концентрат – перспективный компонент стартовых кормов для осетровых рыб // Рыбохозяйственная наука на пути в XXI век: Тез. Докл. всерос. конф. Молодых ученых. – Владивосток: Изд-во ТИНРО-центра. 2001. С. 150–152.

Шевцова С.П. Особенности субстратной специфичности холинэстеразы кальмара *Ommastrephes bartramii* из вод юго-западной пачифики. Сообщение 2 / Исследования по технологии рыбных продуктов, Выпуск 7, Владивосток. 1977. С. 29–31

Clemente A. Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition / A. Clemente // Trends in Food Science & Technology. 2000. № 11. P. 254–262.