

УДК 577.112.083; 577.151.03

**ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОЛИЗА КОНЦЕНТРАТА  
БЕЛКА СОИ И ТЕКТСУРИРОВАННОЙ СОЕВОЙ МУКИ  
ПАНКРЕАТИНОМ И ПРОТОСУБТИЛИНОМ\***

**Хабибулина Наталья Викторовна**

канд. тех. наук

**Дмитриева Юлия Александровна**

студент

**Шишова Екатерина Сергеевна**

студент

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева  
Москва

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** В статье рассмотрен гидролиз различных соевых белоксодержащих субстратов протеолитическими ферментами. Показано, что текстурирование положительно влияет на степень гидролиза, при этом для текстурированного продукта возможно использование меньших норм внесения ферментов и большей начальной концентрации субстрата.

**Ключевые слова:** гидролиз; протеазы; соевый белок; текстураты.

---

\* Настоящая работа подготовлена по результатам исследований, проведенных в рамках гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых МК-4800.2014.4.

# STUDY OF SOY PROTEIN CONCENTRATE AND TEXTURIZES SOY FLOUR HYDROLYSIS BY PANCREATIN AND PROTOSUBTILIN

**Khabibulina Natalia Victorovna**

candidate of engineering

**Dmitrieva Julia Aleksandrovna**

student

**Shishova Ekaterina Sergeevna**

student

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

**Abstract.** The article describes the hydrolysis of various soy protein substrates by proteolytic enzymes. It is shown that texturing positively affect on the degree of hydrolysis, because for the texturized product it is possible to use lower enzyme dosage and a greater initial substrate concentration.

**Key words:** hydrolysis; protease; soy protein; texturates.

В условиях повышенного интереса общества к вопросам питательности пищевых продуктов белок сои получает все большее признание как высокопитательный, функциональный и рентабельный пищевой ингредиент, позволяющий дополнять и улучшать пищевую ценность готовой продукции, одновременно снизить ее себестоимость. Главным сдерживающим фактором является необходимость получения водорастворимого продукта, содержащего белковые вещества в определенной степени расщепления, который должен при этом обладать и определенными функциональными свойствами, гарантирующими возможность его применения в пищевой и других отраслях промышленности [1].

Среди соевых белоксодержащих продуктов мука является простейшим и наиболее дешёвым типом, она производится из лущеных бобов путем удаления из них масла с последующим размолом. Соевая мука содержит не менее 50 % белка. Соевые белковые концентраты получают путем удаления фракции растворимых углеводов, минеральных веществ, пептидов, золы, фитиновой кислоты, а также ароматических компонентов из обезжиренной муки. Одним из способов отмывки нежелательных компонентов из муки является водно-этанольная экстракция (60-80 % этиловый спирт). Коммерческие концентраты содержат 70 % белка, 20 % клетчатки, 1 % олигосахаридов, 6 % золы, 1 % фитатов, 1 % жира [2-3].

Соевая мука и концентрат белка сои могут быть переработаны в текстураты, в процессе чего имеют место глубокие изменения белка. Текстурированный растительный белок, впервые введенный в 1970-х, после гидратации, приготовления пищи и других процедур сохраняет свою структурную целостность и характерную «жевательную» текстуру. Текстурированный соевый белок обычно означает обезжиренные соевую муку или концентрат, механически обработанные экструзией для получения мясоподобной текстуры [4].

Питательные и функциональные свойства соевых белковых продуктов сильно изменяются в процессе гидролиза. Ферментативная обработка протеазами (трипсином, микробной протеазой и др.) значительно улучшает растворимость белков, увеличивает влагоудерживающую способность, переваримость, консистенцию и другие показатели готовых изделий. В результате ферментативного воздействия увеличивается пищевая ценность, в частности, повышается степень экстракции белка, идет частичный гидролиз белков и полисахаридов, происходит накопление свободных аминокислот и легкоусвояемых сахаров. Гидролизаты могут быть использованы для питания человека при производстве мясо-

продуктов и напитков либо для изготовления бульонов, супов, продуктов для спортсменов, пожилых людей, в диетических формулах [5].

Гидролиз экструдированного сырья, как правило, идет интенсивнее из-за денатурации белка и сдвиговых сил, формирующих волокнистую структуру, легко доступную для фермента. Устойчивость к протеолизу пептидных связей большинства соевых белков зависит от степени денатурации белка: нативная (высокая устойчивость, интактная структура) > тостированная (средняя устойчивость, нековалентные связи разорваны) > экструдированная (низкая устойчивость, нековалентные и дисульфидные связи разорваны). При сравнении гидролизатов, полученных из нативного и экструдированного сырья, показано, что белки в составе экструдированного сырья подвергались полному гидролизу в отличие от продуктов, содержащих белок в нативной форме [6]. Сочетание экструзионной предобработки и ферментативного гидролиза может быть высокоэффективным методом для функциональной модификации глобулярных белков [7].

**Целью** настоящей работы явилось изучение ферментативного гидролиза белковых соевых продуктов различными ферментными препаратами.

В качестве объектов исследования были выбраны текстурированная соевая мука (с содержанием сырого протеина 53 % в расчете на сухой вес), традиционный послеспиртовой концентрат белка сои (содержание сырого протеина – 73 %), панкреатин и протосубтилин. Указанные ферментные препараты являются комплексными протеазами животного и бактериального происхождения, соответственно.

Ферментативный гидролиз проводили в течение полутора часов в термостате при следующих условиях:

- для панкреатина: рН 8,0, температура 40<sup>0</sup>С;
- для протосубтилина: рН 7,0, температура 50<sup>0</sup>С.

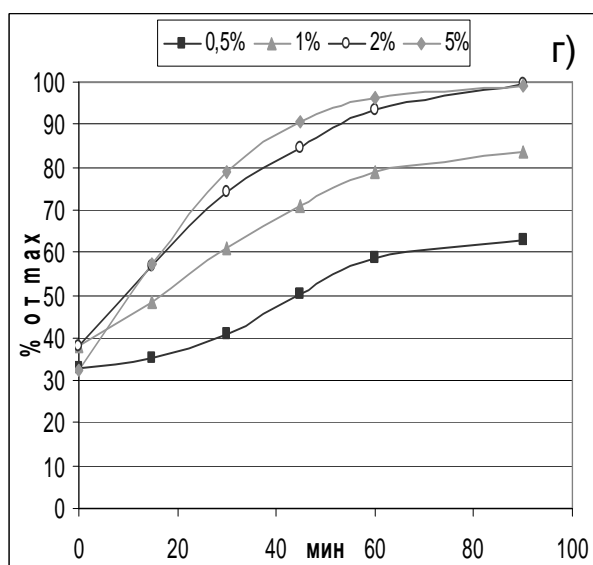
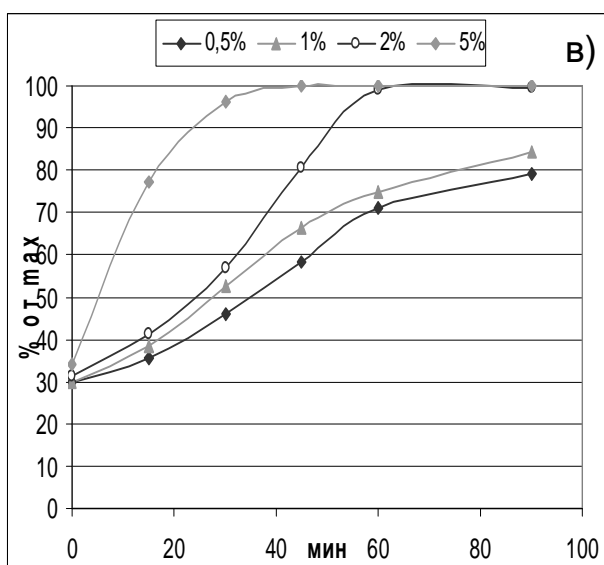
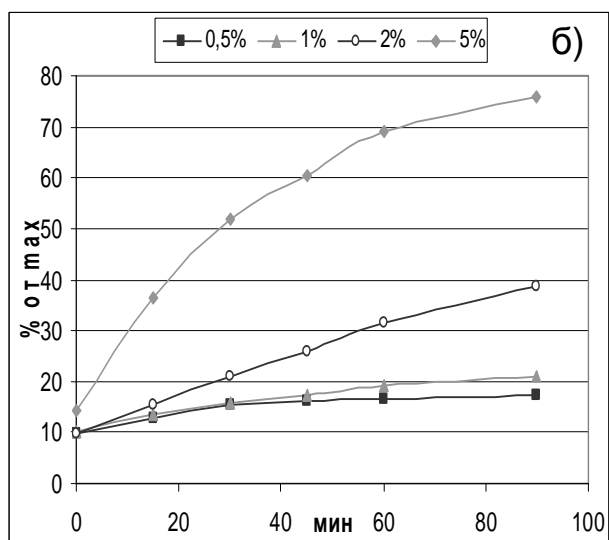
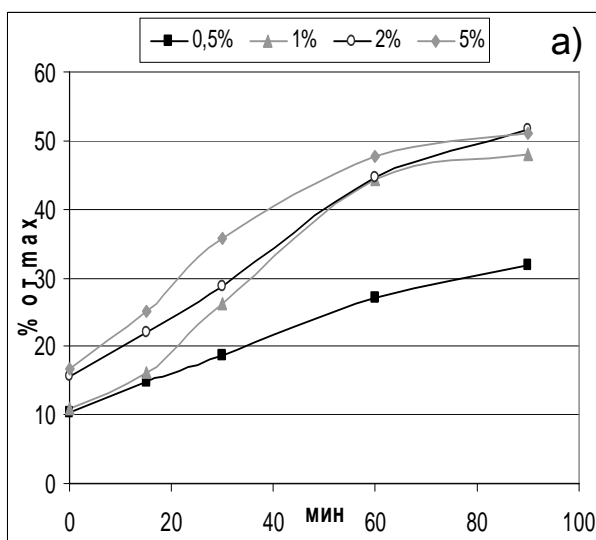
Отбор проб производили через заданные промежутки времени, ферментативную реакцию останавливали кипячением пробы в течение 10 минут. Разделение надосадочной жидкости (гидролизата) и осадка (негидролизованная фракция) проводили центрифугированием при  $G = 3500$ .

Для оценки действия ферментных препаратов на соевую муку и концентрат белка сои проводили гидролиз при различных соотношениях фермента к субстрату (0,5-5 %) и различной начальной концентрации субстрата (50-200 г/л). Критерием эффективности ферментолиза служила доля перехода белка из нерастворимого субстрата в растворенное состояние (гидролизат).

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что кривые экстракции соевого белка из субстратов под действием ферментных препаратов из обоих субстратов имеют характерную для ферментативных процессов S-образную форму, характеризующуюся быстрым нарастанием концентрации продуктов гидролиза при невысокой продолжительности гидролиза и постепенным выходом кривых на плато при длительном ведении процесса и достаточном внесении ферментного препарата.

Следует отметить, что выход графика на плато не всегда наблюдался в случае использования концентрата белка сои в качестве субстрата при низкой дозировке ферментных препаратов даже в течение 90 минут, что свидетельствует о затруднениях в ходе гидролиза этого субстрата.

Как можно видеть из графиков а) и б), переход белков из концентрата белка сои в водную фазу не превышает 52 и 76 % от максимального (теоретически возможного при данной начальной концентрации субстрата) даже при высокой (5 % по массе) дозировке ферментного препарата. При этом для панкреатина (рис. 1а) не наблюдается существенного увеличения степени гидролиза при увеличении дозы внесения ферментного препарата с 2 до 5 % по массе.

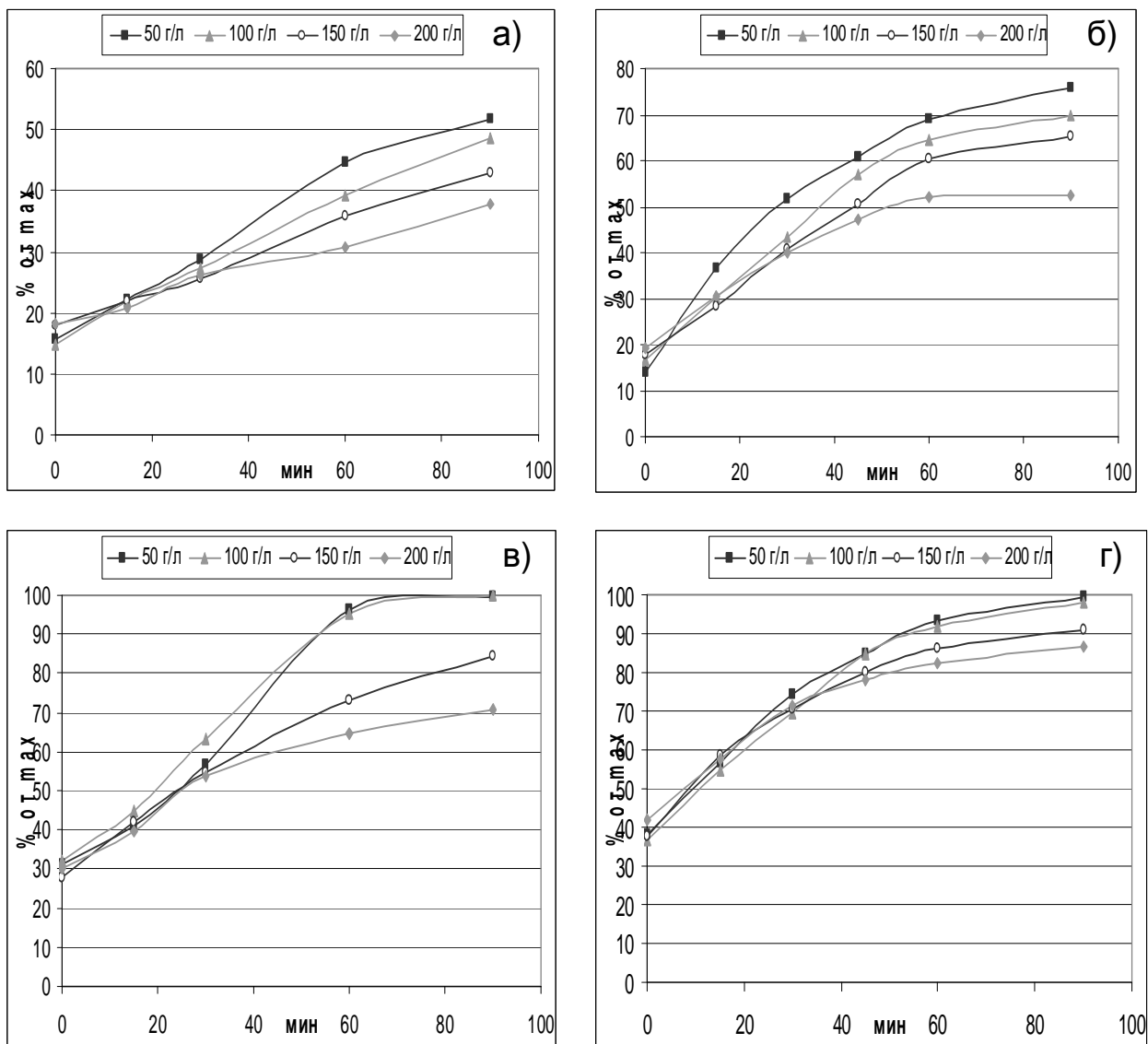


- а) концентрат белка сои и панкреатин
- б) концентрат белка сои и протосубтилин
- в) текстурированная соевая мука и панкреатин
- г) текстурированная соевая мука и протосубтилин

**Рис. 1. Динамика гидролиза белкодержущих соевых субстратов при различной дозировке ферментных препаратов (начальная концентрация субстрата 50 г/л)**

В случае использования текстурированной муки в качестве субстрата для обоих ферментных препаратов наблюдается 100 %-ая экстракция белковых веществ из субстрата в гидролизат. Как для панкреатина, так и для протосубтилина оптимальной дозой внесения ферментного препарата являются 2 % от массы субстрата, так как при этих условиях

наблюдается полная солюбилизация белка. Увеличение дозы до 5 % от массы субстрата несколько ускоряет процесс экстракции (особенно заметно для панкреатина, рис. 1в), однако, такое – в 2,5 раза – повышение дозы неоправданно с точки зрения стоимости ферментных препаратов.



- а) концентрат белка сои и панкреатин
- б) концентрат белка сои и протосубтилин
- в) текстурированная соевая мука и панкреатин
- г) текстурированная соевая мука и протосубтилин

**Рис. 2. Динамика гидролиза белоксодержащих соевых субстратов при различной начальной концентрации субстратов**

Таким образом, на первом этапе исследований были подобраны следующие наилучшие нормы внесения ферментных препаратов от массы субстрата:

- концентрата белка сои + панкреатин: 2 %;
- концентрата белка сои + протосубтилин: 5 %;
- текстурированная соевая мука + панкреатин: 2 %;
- текстурированная соевая мука + протосубтилин: 2 %.

На следующем этапе работы исследовали влияние начальной концентрации субстрата на степень его гидролиза (рис. 2). Повышение начальной концентрации субстрата без уменьшения степени гидролиза приведет снижению затрат на сушку конечного продукта вследствие уменьшения количества воды в системе.

Для всех исследованных систем наблюдается снижение степени гидролиза при увеличении начальной концентрации субстрата. Вероятнее всего, это связано с увеличением вязкости суспензии и, вследствие этого, затруднений при перемешивании и снижении ферментативной атакуемости молекул субстрата. При увеличении начальной концентрации субстрата с 50 до 200 г/л для концентрата белка сои степень гидролиза уменьшается в 1,4 раза (с 52 до 38 % в случае гидролиза панкреатином и с 76 до 53 % – протосубтилином), а для текстурированной соевой муки – в 1,4 раза в случае гидролиза панкреатином (со 100 до 71 %) и лишь в 1,1 раза при гидролизе пртосубтилином (со 100 до 87 %). Заметно, что при высокой концентрации субстрата степень гидролиза концентрата белка сои не превышает 53 %, текстурированной соевой муки – остается на приемлемом уровне (не менее 70 %).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Панкреатин и протосубтилин могут применяться для гидролиза текстурированной соевой муки и концентрата белка сои.



2. Гидролиз концентрата белка сои протекает с меньшей эффективностью по сравнению с текстурированной соевой мукой. Так, при дозе ферментных препаратов, равной 5 % от массы субстрата, выход белка для концентрата не превышает 70 %, в то время как белок в составе соевой муки в таких условиях подвергается полному извлечению. Снижение нормы внесения ферментных препаратов во втором случае связано, вероятно, с высокой степенью денатурации белка при текстурировании и его большей доступностью для атаки ферментами.
3. Степень гидролиза концентрата белка сои и текстурированной соевой муки зависит от начальной концентрации субстрата. При повышении концентрации субстрата до 200 г/л степень гидролиза концентрата белка составляет 38-53 %, степень гидролиза соевой муки – 71-87 %. Высокая степень гидролиза текстурированного продукта вызвана, вероятно, его высокой пористостью, что облегчает доступ фермента даже при высокой начальной концентрации субстрата.

### **Список использованных источников**

1. Иванушкин П.А. Совершенствование технологии ферментативного гидролиза соевого белка для расширения области применения в пищевых продуктах: автореф. дис. ...канд. техн. наук. М., 2011. 24 с.
2. Manso P.G. Processing and characterization of soy protein-based materials // Phd program department of chemical and environmental engineering. Donostia-san Sebastián, 2012.
3. Lusas E.W., Riaz M.N. Soy protein products: processing and use // J. Nutr. 1995. Mar. 125. P. 573-580.
4. Jideani V.A. Functional properties of soybean food ingredients // Food systems, soybean – biochemistry, chemistry and physiology / ed. by Tzi-Bun Ng. INTECH. 2011.

5. Govindaraju K. Studies on the preparation and characterisation of protein hydrolysates from groundnut and soybean isolates // Central Food Technological Research Institute. India. 2003.
6. Fischer M. Limiting factors for the enzymatic accessibility of soybean protein // Ph.D. Thesis. Wageningen University. 2006.
7. Lin Chen, Jianshe Chen, Jiaoyan Ren, Mouming Zhao. Modifications of soy protein isolates using combined extrusion pre-treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improved emulsifying properties // Food Hydrocolloids. 2011. V. 25. Is. 5. P. 887-897.