

УДК 637.5

## Совершенствование технологии получения сыра «тофу» с использованием фермента трансглутаминаза

Доморацкий С.С., Курганова Е.В.  
katia280693@yandex.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

**Цель работы:** улучшение технологии соевых сыров за счёт внесения фермента трансглутаминазы с целью уплотнения структуры и увеличения выхода готовой продукции.

**Решались следующие задачи:**

- усовершенствование технологии получения соевых сыров с применением фермента трансглутаминазы (ТГЛ).
- исследование влияния фермента на соевый белок при нагревании.
- исследование зависимости уплотнения структуры полученного продукта от концентраций фермента.
- исследовать биохимические, технологические, микробиологические показатели соевого сыра полученного по усовершенствованной технологии.

**Ключевые слова:** дефицит белка, тофу, трансглутаминаза, гипогликемический эффект, диабет второго типа.

---

## Improving technology for cheese tofu using enzyme transglutaminase

Domoratskiy S. S., Kurganova E. V.  
katia280693@yandex.ru

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Institute of Refrigeration and Biotechnology  
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

**Objective:** improvement of the technology of soy cheese at the expense of introduction the enzyme transglutaminase to seal structure and increase in release of finished products.

**The following problems were solved:** improvement of the technology of obtaining the soy cheese using enzyme transglutaminase; study of the influence of the enzyme soy protein

*when heated; research of dependence of the seal structure of the received product of the concentration of the enzyme; explore biochemical, technological, microbiological indicators soy cheese the resulting improved technology.*

**Key words:** protein deficiency, tofu, transglutaminase, hypoglycemic effect, type II diabetes.

Дефицит белка в рационе питания россиян очень велик. Одним из путей ликвидации этой проблемы является использование белоксодержащего сырья растительного происхождения при производстве различных пищевых продуктов.

К наиболее используемым источникам белка мировая практика относит бобовые культуры и, в первую очередь, сою. По биологической ценности белки сои занимают промежуточное положение между белками растительного и животного происхождения. [1] Соя характеризуется также высокими функциональными свойствами, лёгкой усваиваемости и невысокой стоимости, что делает сою привлекательной для применения в пищевой промышленности. Перспективным направлением является переработка цельных соевых семян с получением жидких продуктов — соевого молока, которое может быть использовано в качестве самостоятельного сырьевого источника для получения различных соевых продуктов, в том числе и тофу [2].

Тофу (соевый творог) — пищевой продукт из соевых бобов, богатый белком. Тофу обладает нейтральным вкусом. Тофу является источником протеинов, железа, он содержит минимальное количество жиров вследствие этого низко калориен. Перевариваемость питательных веществ тофу весьма высока — для белка и жира она составляет около 95% [3].

Тофу получают путём створаживания соевого молока коагулянтom в присутствии нейтральных солей сильных кислот, замедляющих процесс коагуляции белков-глобулинов, взятых в количестве 0,04-2,5% от массы соевого молока. Из нейтральных солей сильных кислот можно использовать кристаллическую поваренную пищевую соль либо ее водный раствор, которые нужно вводить в соевое молоко перед створаживанием. Для створаживания используют комплексные коагулянты, такие как хлорид магния, лимонная кислота или сульфат кальция. Коагулянт вводят в горячее соевое молоко в соотношении 1-2% от массы соевого молока постепенно при медленном помешивании. Для отделения сыворотки створоженную массу подвергают прессованию. По окончании прессования полученный соевый сыр охлаждают до температуры 18-20 °С. В среднем получается из 1 т молока 130-140 кг тофу.

Мы задались целью увеличить выход и улучшить технологические свойства продукта — тофу, добавив в него фермент трансглутаминазу.

Трансглютаминаза — фермент (энзим) связывающий между собой аминокислотные остатки лизина и глутамина. Это способствует улучшению текстуры и консистенции, увеличению выхода продукта.

Ферментный препарат был внесён в концентрациях: 0,5%; 1%; 1,5% от массы молока. В количестве от 0,5 л молока было взято 2,57г.; 5,14г.; 10,27 г. Далее мы сравнили полученные продукты с использованием фермента и без него. Из таблицы 1 мы видим, что при внесении различных концентраций трансглютаминазы идёт увеличение выхода продукта, полученного из 1 л молока.

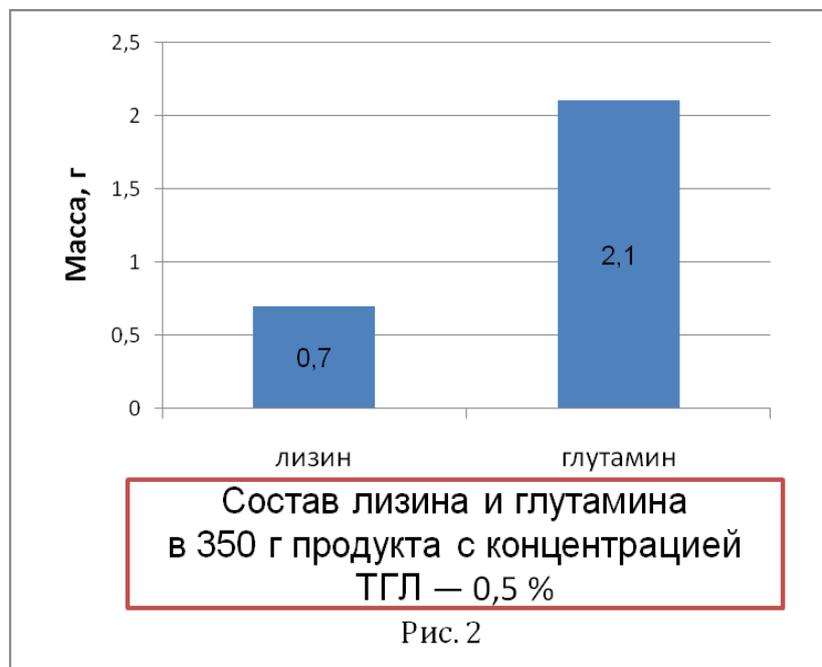
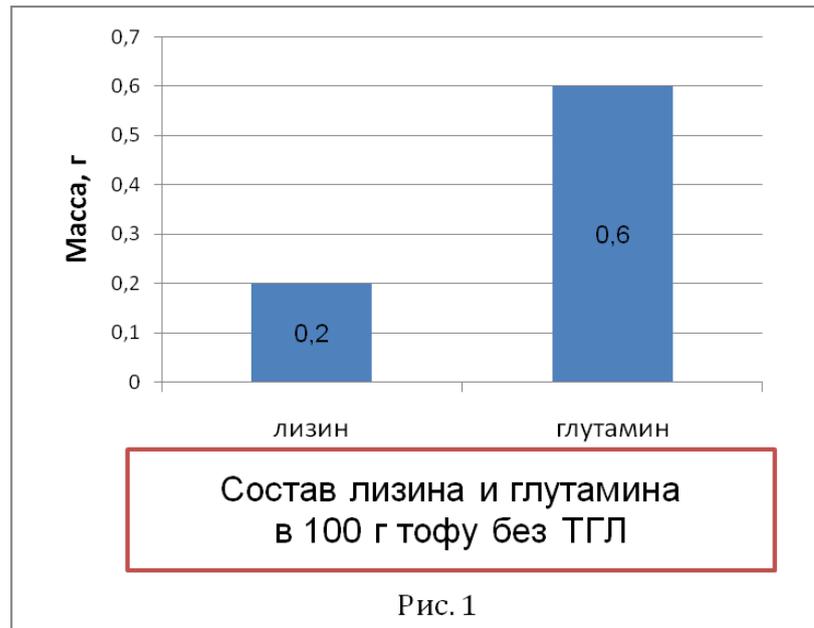
Таблица 1.

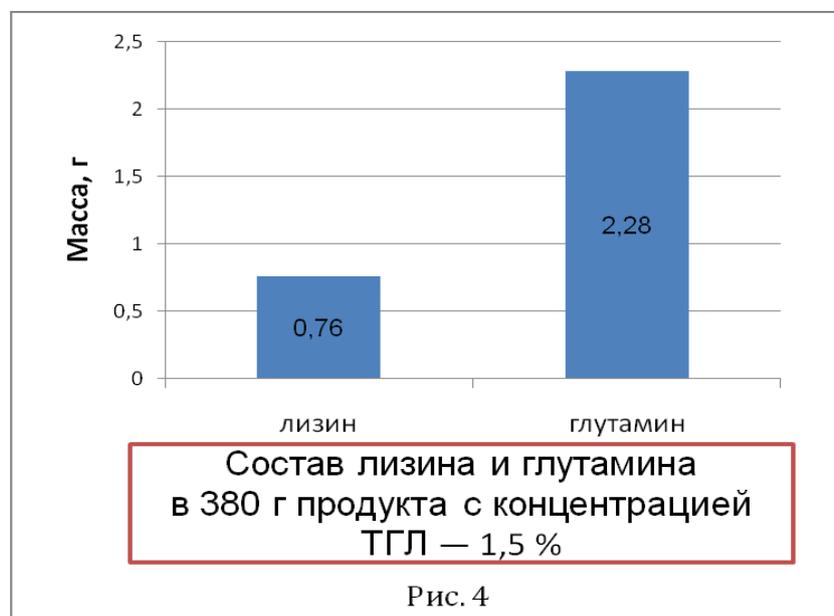
Продукт	CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub> +0,5 % ТГЛ	CaCl <sub>2</sub> +1 % ТГЛ	CaCl <sub>2</sub> +1,5 % ТГЛ
м, г	280-290	340-360	350-380	370-390

Оптимальным значением концентрации ТГЛ является 1%, так как при данной концентрации достигается больший выход продукта и она не оказывает влияния на органолептические показатели. При повышении концентрации до 1,5% фермента вкус продукта ухудшается. ТГЛ позволяет увеличить плотность, эластичность, связывающую и влагоудерживающую способности продукта. Температурный оптимум для ТГЛ + 5 – + 38 °С, поэтому внесение мы проводим в створоженное молоко, после охлаждения.

Белок семян сои состоит в основном из глобулинов и небольшого количества альбуминов. Он содержит полный набор необходимых для организма человека и животных аминокислот, в частности: глутаминовой кислоты - 14,8 – 18,1% и лизина - 5,5 – 6,4%.

Рассмотрим содержание лизина и глутамина в полученных продуктах. Рисунки 1, 2, 3 и 4 иллюстрируют содержание лизина и глутамина в тофу без фермента и с концентрациями 0,5 %; 1 %; 1,5 %, соответственно.



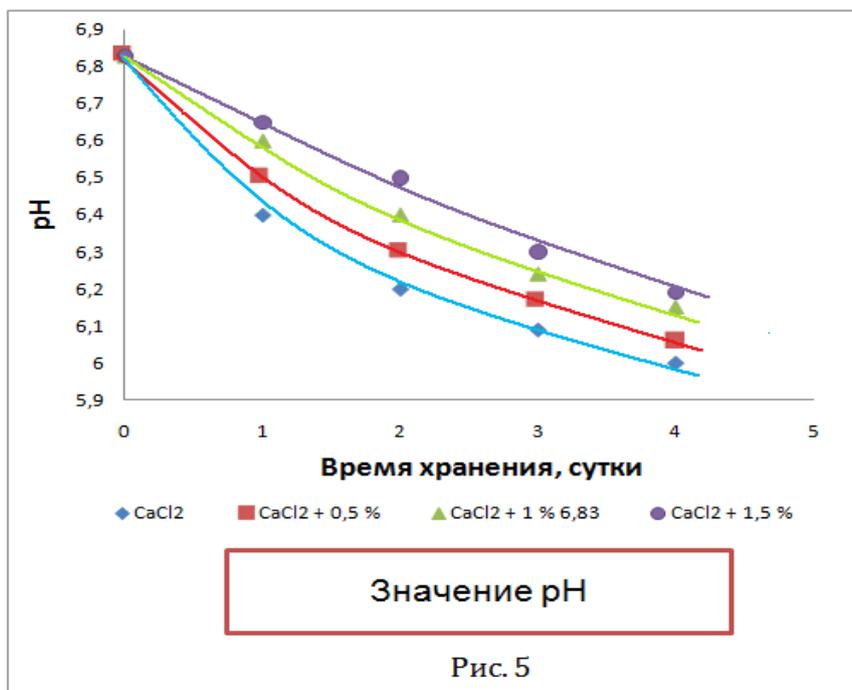


Основываясь на эти данные, мы видим, что увеличение концентрации фермента влечёт за собой повышение выхода готового продукта. Содержание лизина и глутамин по отношению к массе выхода тофу тоже повышается.

pH продукта не изменяется с добавлением фермента транsgлутаминаза. В течение хранения продукта pH уменьшается. Это видно из таблицы 2 и рисунка 5.

Таблица 2.

Сутки	CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub> + 0,5 %	CaCl <sub>2</sub> + 1 %	CaCl <sub>2</sub> + 1,5 %
0	6,83	6,83	6,83	6,83
1	6,4	6,5	6,6	6,65
2	6,2	6,3	6,4	6,5
3	6,09	6,17	6,24	6,3
4	6	6,06	6,15	6,19

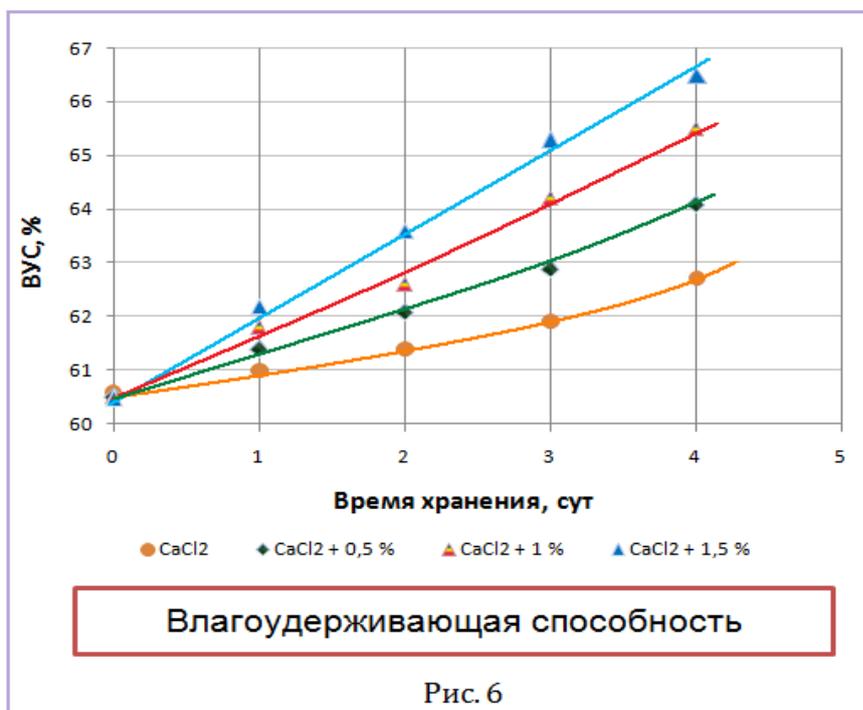


Влагоудерживающая способность возрастает с течением времени и ростом концентраций. Это видно из таблицы 3 и рисунка 6.

Таблица 3.

Сутки	CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub> + 0,5 %	CaCl <sub>2</sub> + 1 %	CaCl <sub>2</sub> + 1,5 %
0	60,6	60,5	60,5	60,5
1	61	61,4	61,8	62,2
2	61,4	62,1	62,6	63,6

3	61,9	62,9	64,2	65,3
4	62,7	64,1	65,5	66,5

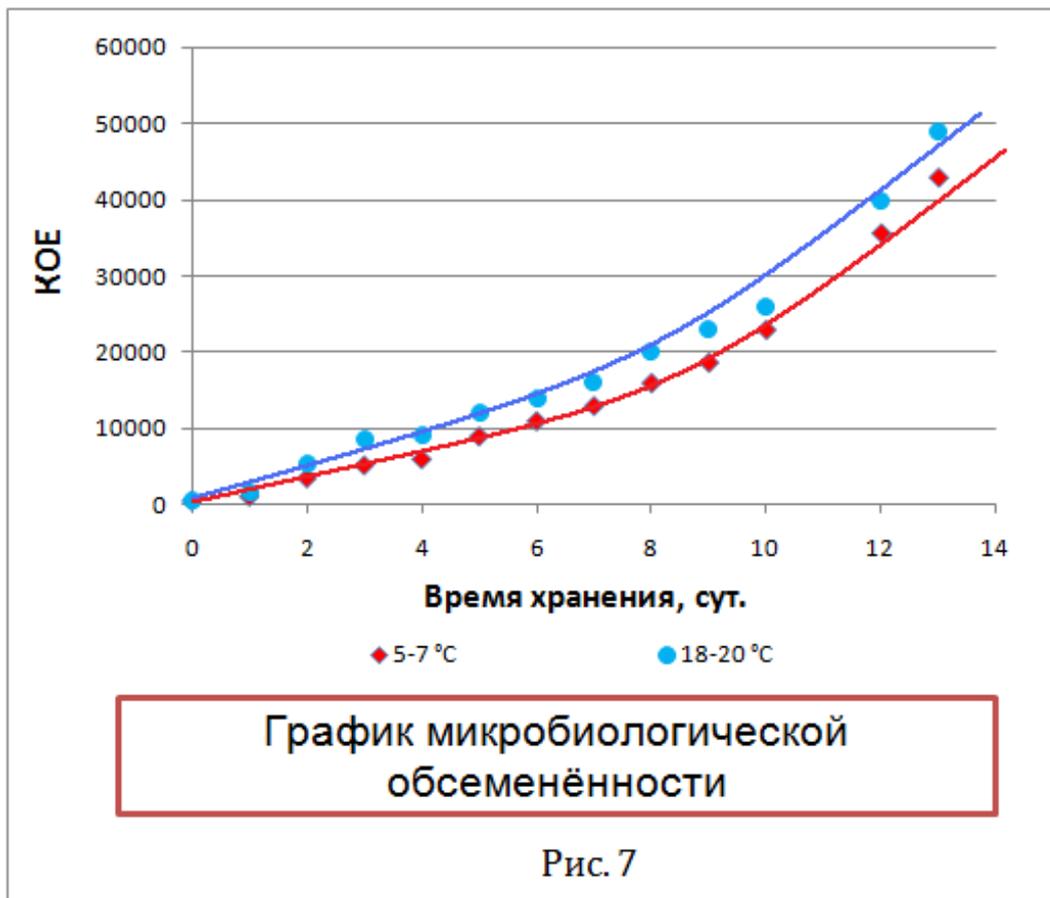


Полученный продукт по микробиальным показателям соответствует нормам СанПиН [4]. Наш продукт достигает максимальной микробиологической обсеменённости примерно через 15 суток. Это показано в таблица 4 и на рисунке 7.

Таблица 4.

Сутки	5-7 °С	18-20 °С
0	500	500
1	1100	1500
2	3500	5400
3	5200	8500
4	6000	9000
5	9000	12000
6	11000	14000
7	13000	16000
8	16000	20000
9	18700	23000

10	23000	26000
12	35700	39800
13	43000	49000
14	49000	55000
15	52000	59000



Перед нами стояла цель усовершенствовать технологию получения соевых сыров с применением фермента трансглутаминазы (ТГЛ). Исходя из целей работы были определены: рН, влагоудерживающая способность (ВУС) и микробиологическая обсеменённость. Исследовав эти показатели, мы определили, что оптимальное значение концентрации ТГЛ является 1%. При данной концентрации достигается больший выход готового продукта – 71%.

Данное исследование ранее не проводилось и является очень перспективным, так как тофу это низкокалорийный продукт, употребляемый в лечебно-профилактическом питании и в период поста. В соевом белке в значительных количествах содержатся

отдельные аминокислоты (аргинин), которые способствуют снижению повышенного уровня глюкозы крови при диабете 2 типа (гипогликемический эффект), самым распространённым заболеванием в наше время.

Список литературы:

1. Зобкова З.С. Соя и продукты на её основе. – М., 2001. – 144 с.
2. Забодалова Л. А. Биотехнология комбинированных молочных продуктов с использованием компонентов сои: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук : 05.18.04.- Санкт-Петербург, 2000.- 357 с.
3. Забодалова Л. А., Надточий Л. А. Технология молокосодержащих продуктов и аналогов. Ч. 1 Технология соевых белковых продуктов: Методические указания к лабораторным работам для студентов спец. 240902 факультета пищевых технологий. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007. – 15 с.
4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, СанПиН 2.3.2.1078-01