

УДК 637.5.04

## **Влияние трансглутаминазы на механические характеристики упаковочного материала на основе желатина**

*Д-р мед. наук Шлейкин А. Г.* shleikin@yandex.ru

**Шаталов И. С.** Shataloff.iv@hotmail.com, **Шаталова А. С.** shatalovaaleks@mail.ru

*Университет ИТМО*

*Институт холода и биотехнологий*

*921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*В работе исследовано влияние микробной трансглутаминазы (ТГ) на механические свойства (разрывное усилие и удлинение при разрыве) желатиновых плёнок. Установлено, что внесение в рецептуру образцов исследуемого материала препарата ТГ увеличивает выявлено снижение эластичности пленок, полученных из материала, модифицированного с помощью ТГ.*

*Ключевые слова:* желатиновая плёнка, трансглутаминаза, разрывное усилие, удлинение при разрыве.

---

## **The effect of microbial transglutaminase on mechanical properties of gelatin-based packing films**

**A.G. Shleikin** shleikin@yandex.ru

**I.S. Shatalov** Shataloff.iv@hotmail.com, **A.S. Shatalova** shatalovaaleks@mail.ru

*University ITMO*

*Institute of Refrigeration and Biotechnologies*

*191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*Studying the effect of microbial transglutaminase (mTG) on mechanical properties (tensile strength and elongation at break) of gelatin films has shown that mTG added to the formula of the studied samples increased their tensile strength. On the other hand, samples modified with mTG demonstrated a decrease in elasticity.*

*Key words:* gelatin film, transglutaminase, tensile strength, elongation at break.

---

В настоящее время остро стоит проблема переработки вторичного белок-содержащего сырья, образующегося при производстве пищевых продуктов. Это послужило предпосылкой к изучению применения малоценных белков путём включения их в состав биodeградируемых и съедобных упаковочных материалов для пищевых продуктов. Желатиновые плёнки обладают высокими барьерными свойствами материалов по отношению к кислороду и другим газам, но уступают другим полимерным упаковочным материалам по механическим характеристикам. Для улучшения структурно-механических свойств белковых плёнок используются различные способы, в том числе сшивка полимерных цепей белка. Внутри- и межмолекулярные сшивки белков осуществляются как химическими агентами, так и путём биокатализа.

Одним из перспективных подходов для модификации структуры белковых компонентов упаковочного материала может служить использование ферментных препаратов, среди которых особое место занимает ТГ. ТГ (протеин-глутамин-γ-

глутамилтрансфераза, (КФ 2.3.2.13), – распространённый в живой природе фермент, участвующий в жизненно важных биологических функциях [1]. ТГ катализирует реакции ацильного переноса между  $\gamma$ -карбоксамидной группой пептид-связанных остатков глутамина (ацильный донор) и различными первичными аминами, в том числе  $\epsilon$ -аминогруппой остатков лизина (ацил-акцептор). Это сшивание может быть как внутри-, так и межмолекулярным, что в последнем случае приводит к увеличению молекулярной массы белковых молекул. Реакция протекает по схеме:



Получаемые в промышленных масштабах препараты микробной ТГ применяют в технологиях переработки молока, мяса и других видов пищевого сырья [4]. Имеются сведения об использовании препаратов ТГ в технологии производства пищевых плёнок. В зависимости от используемого белка в составе пленок, а также наличия в них таких композитных материалов как, например, хитозан, катализ с участием ТГ приводил к различным изменениям свойств исследуемых образцов. Однако практически во всех случаях наблюдалось повышение барьерных и механических характеристик плёнок, а также снижение их прозрачности. Так, в случае использования концентрата сывороточного белка, соевого изолята и их смесей в различных соотношениях, наблюдалось снижение проницаемости плёнок как для кислорода, так и для водяного пара, однако удлинение образцов при разрыве в этих условиях увеличивалось [5]. Паропроницаемость модифицированного с помощью ТГ материала в некоторых случаях снижалась при использовании смеси желатина и казеина [3]. Снижение паропроницаемости, а также уплотнение полимерной структуры наблюдались и при обработке препаратом ТГ пленок, созданных на основе казеината натрия [2]. При использовании рыбьего желатина было отмечено снижение прозрачности и растяжения при разрыве, а также увеличение прочности и барьерных свойств по отношению к кислороду, в то время как на проницаемости для водяного пара действие ТГ практически не сказалось [6].

В настоящей работе проведено исследование влияния ТГ на прочность и эластичность материала для изготовления пищевых пленок на основе желатина.

### **Материалы и методы**

В экспериментах использовался коммерческий препарат микробной ТГ Activa EB с активностью 100 ЕД (Adjinomoto Co), глицерин (Тульская фармацевтическая фабрика), желатин свиной (ООО Нордена).

### **Состав пленок**

В работе использован состав плёночного материала, содержащий желатин и глицерин. На предварительном этапе было апробировано несколько сочетаний компонентов, из которых впоследствии был отобран состав, который обеспечил наиболее высокие органолептические характеристики материала (прозрачность, прочность, эластичность). Фермент вносился в соответствии с технологическими рекомендациями компании – поставщика (1,075 ед/г белка). Поскольку белковые пленки обладают повышенной хрупкостью, для придания эластичности в их составы вносят пластификаторы, чаще всего полиолы. В настоящей работе в качестве такого

пластификатора использовался глицерин. Состав исследуемого материала приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Состав исследуемого материала (в %)

Компонент	Опыт	Контроль
Желатин	4	4
Глицерин	2	2
ТГ, ед.	$4,3 \cdot 10^{-2}$	0
Вода	остальное	

### Приготовление плёнок

Желатин тщательно растворяется в воде при температуре 55- 60 °С. Далее в раствор вносят глицерин в качестве. Смесь тщательно перемешивается, после чего охлаждается до температуры 25 °С. После этого в опытные образцы вносится препарат ТГ, смесь перемешивается и помещается в термостат на 30 минут при 37 °С. Полученный раствор объемом 40 мл равномерно распределяется по поверхности, покрытой полиэтиленом,  $S = 17 \times 17$  см. Пленки сушатся при комнатной температуре и относительной влажности 50 - 60 % в течение 18 часов.

### Исследования механических характеристик

Перед испытанием проводились измерения толщины пленки не менее чем в 10 точках общей площади с точностью до 1 мкм.

Исследования механических характеристик пленок, а именно разрывного усилия и удлинения при разрыве выполняли на разрывной машине ИР 5071-01С (ООО "Точприбор-Сервис") в стандартных условиях:

- расстояние между зажимами  $50 \pm 1$  мм;
- размер образцов: ширина  $15 \pm 1$  мм, длина - 100-150 мм;
- скорость движения подвижного зажима относительно подвижного составила 250 мм/мин;
- предел измерения от 0 до 10 кг (100 Н);

Испытания проводились в сухом состоянии образца, разрывное усилие определялось в продольном направлении образца.

Разрывное усилие ( $Q_{max}$ ) и удлинения при разрыве ( $L_{max}$ ) рассчитывалось по следующим формулам:

$$Q_{max} = \frac{F}{S},$$

где F-приложенная нагрузка, S- площадь сечения образца.

$$L_{max} = \frac{l_k - l_n}{l_n},$$

где  $l_n$  и  $l_k$  – начальная и конечная длины образцов

## Результаты и их обсуждение

В ходе экспериментов были получены данные о разрывном усилии и удлинении при разрыве для пленок различных составов. Результаты измерения были сравнены, изменения механических характеристик в процентном соотношении приведены на рис. 1.

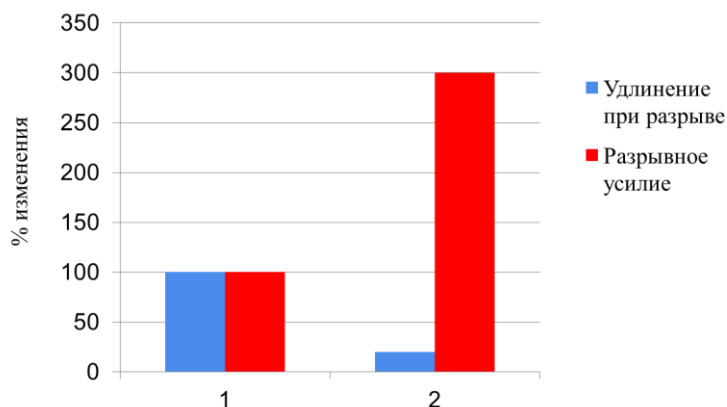


Рис. 1. Изменение механических характеристик желатиновых пленок, вызванных применением ТГ. 1- контрольный образец; 2- образец с ТГ

Заметно увеличение разрывного усилия вместе со снижением эластичности, определяемого удлинением при разрыве во всех случаях применения фермента. На наш взгляд, данные изменения происходят как раз из-за образования сшивок между полимерными цепями белка, в следствие чего их подвижность относительно друг друга внутри полимерной сетки снижется, отсюда происходит падение эластичности и увеличение прочности.

## Заключение

В работе изучено влияние препарата микробной ТГ на механические характеристики материала для упаковочных пищевых пленок на основе желатина. Показано, что в образцах, содержащих ТГ ( $4,3 \cdot 10^{-2}$  ед.), увеличивается прочность плёнок более, чем в 3 раза, а растяжение снижается примерно в 7 раз. Таким образом, применение ТГ позволяет регулировать прочностно-эластические свойства белковых материалов на основе желатина с целью дальнейшего использования их в качестве биodeградируемых пищевых упаковочных плёнок

## Список литературы

1. Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Эволюционно-биологические особенности транsgлутаминазы. Структура, физиологические функции, применение // Журнал эволюционной биохимии и физиологии.– 2011,–Т. 47, № 1, сс. 3 – 14.
2. Bruno M. et al. Engineering Properties of Edible Transglutaminase Cross-Linked Caseinate-Based Films // Food and Biopr. Tech.– 2008, – V. 1, № 4,– P. 393-404
3. Chambi H., Grosso C. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase // J. Food Res. Int.– 2006,–V. 39, № 4, – P. 458-466
4. Shleikin A.G., Krasnikova L.V., Danilov N.P. Substrate specificity of transglutaminase. Influence of transglutaminase on milk whey proteins cross-linking. In: Food technology operations. New Vistas. Monography, ed. W. Kopec, M. Korzeniowska, Wroclaw:– 2009, – 317 p.

5. Su G. et al. Formation of Edible Soybean Films //Food Technol. Biotechnol.– 2007,– V. 45, № 4, – P. 381–388.

6. Yi J. B. et al. Influence of Transglutaminase-Induced Cross-Linking on Properties of Fish Gelatin Films // J. of Food Sci.– 2006,– V. 71, № 9, – P. E376–E383.