

УДК 664.6.7

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ЗАМАЧИВАНИЯ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ НА РАСТВОРИМОСТЬ БЕЛКОВ***Тупольских Т. И., Вифлянцева Т. А.*

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[vif.tatyana@yandex.ru](mailto:vif.tatyana@yandex.ru)[tupolskix@mail.ru](mailto:tupolskix@mail.ru)

Выполнен анализ влияния химических способов замачивания зерна кукурузы на биологическую ценность белка. Рассмотрены технологии замачивания кукурузы в воде, щелочи и кислоте. Выявлено содержание белковых фракций в зерне кукурузы. Проведен эксперимент на системе капиллярного электрофореза «Капель 104 Т». Выявлено негативное влияние химических способов замачивания, которое проявляется в снижении количества аминокислот в белковой фракции зерна кукурузы. Предложено решение по восстановлению потерянных аминокислот в кукурузной муке и продуктах переработки крахмалопаточного производства путем их обогащения.

**Ключевые слова:** кукуруза, альбумины, глобулины, проламины, глютелины, аминокислоты.

**Введение.** Замачивание кукурузы является одной из наиболее важных операций при производстве сырого кукурузного крахмала. Целью замачивания является размягчение зерна. Из размягченного зерна легче выделить крахмал и эффективно отделить оболочку зерна, клетки эндосперма, глютен и зародыш. Кроме того, замачивание используется для завершения очистки поверхности зерна и вывода из зерна в замочную воду основной части растворимых веществ кукурузы — аминокислот, некоторых белков, сахаров, золы, декстринов, пектиновых веществ, которые затрудняют выделение и промывание крахмала [1].

**Основная часть.** Из зерна удаляется основная часть водорастворимых веществ, которые находятся в нем, а также вещества, образовавшиеся в процессе замачивания. В воде, где замачивалось зерно, находится примерно 70% минеральных веществ, 42% растворимых углеводов и 16% азотистых веществ от общего содержания всех веществ в зерне кукурузы. Всего в воде, где замачивалась кукуруза, находится около 6,5% сухих веществ зерна [2].

Белковые фракции зерновых культур классифицируются по принципу растворимости на группы: альбумины, глобулины, проламины и глютелины.

Альбумины растворяются в воде. Альбуминный комплекс зерна в основном состоит из ферментов.

UDC 664.6.7

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CHEMICAL METHODS OF CORN GRAIN SOAKING ON PROTEINS SOLUBILITY***Tupolskikh T. I., Viflyantseva T. A.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

[vif.tatyana@yandex.ru](mailto:vif.tatyana@yandex.ru)[tupolskix@mail.ru](mailto:tupolskix@mail.ru)

The paper provides the analysis of the influence of chemical means of corn grain soaking on the biological value of protein. The techniques of soaking corn in water, alkali and acid are considered. The content of protein fractions in corn grain is revealed. The experiment has been carried out on the basis of capillary electrophoresis "Kapel 104 T". The negative influence of chemical soaking methods is revealed, which is manifested in the decrease in the amount of amino acids in the protein fraction of corn grain. The solution is proposed for the recovery of lost amino acids in cornmeal and products of processing of starch-fiber production by enriching them.

**Keywords:** corn, albumins, globulins, prolamines, glutelins, amino acids

Глобулины растворяются в водных растворах различных солей. В чистой воде они нерастворимы. Глобулины составляют большую часть семян бобовых культур.

Проламины — запасные белки эндосперма злаковых культур. Они растворяются в 60–80% этиловом спирте. Названия проламинов различных злаков даются обычно в честь названий злаков: у пшеницы — глиадин, у ячменя — гордеин, у кукурузы — зеин, у проса — паницин, у сорго — кафирин.

Глютелины растворяются в растворах щелочей (0,1–0,2%). Они мало изучены, так как их трудно выделить в чистом виде. Наиболее изучены глютелин зерна пшеницы (составная часть клейковины), оризенин риса и глютелин кукурузы.

В таблице 1 приведено содержание белковых фракций в злаковых культурах в процентах.

Таблица 1

## Содержание белковых фракций в зерне злаковых

Культура	Азот фракций (в % от белкового азота)				
	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Склеропротеины
Пшеница мягкая	5,2	12,6	35,6	28,2	8,7
Рожь	24,5	13,9	31,1	23,3	7,2
Ячмень	6,4	7,5	41,6	26,6	17,9
Кукуруза	9,6	4,7	29,9	40,3	15,5
Овес	7,8	32,6	14,3	33,5	11,8
Гречиха	21,7	42,6	1,1	12,3	23,3
Рис	11,2	4,8	4,4	63,2	16,4

Также в состав белков входят склеропротеины — нерастворимые белки, которые содержатся в оболочках и периферических слоях зерна. У таких белков имеется прочное соединение с лигнино-полисахаридным комплексом. Склеропротеины выполняют структурную функцию и практически не перевариваются организмом человека и животных. Содержание склеропротеина в зерне составляет 0,7–12,9% от общего азота, включающего свободные аминокислоты — 50–60%, нуклеотиды, пептиды. Количество небелкового азота зависит от степени зрелости, выравненности и прорастания зерна [3]. На рис. 1 представлено содержание белковых фракций зерна кукурузы в %.

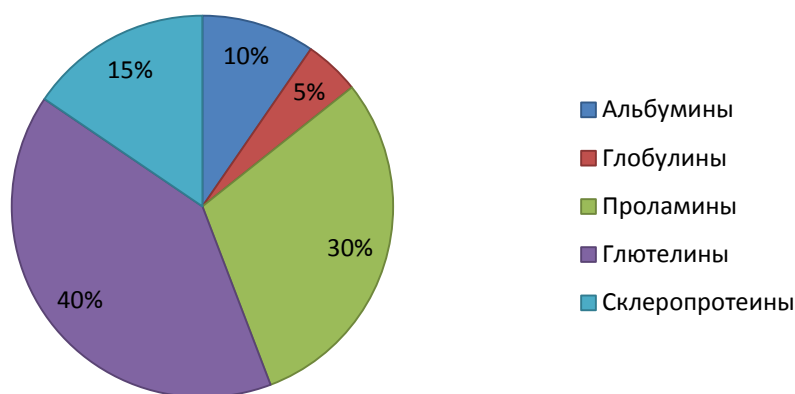


Рис. 1. Содержание белковых фракций в зерне кукурузы

При переработке зерна кукурузы используют следующие способы замачивания:

1. Увлажнение водой:
  - «холодное» кондиционирование;
  - скоростное кондиционирование.
2. Замачивание в щелочи;
3. Замачивание в кислоте.

Интерес представляют химические способы замачивания, так как не изучено влияние щелочи и кислоты на аминокислотный состав белков.

В процессе замачивания в растворе щелочи  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (никстамализация) у кукурузы отходит оболочка и расщепляется клеесобразная гемицеллюлоза. Также никстамализация изменяет структуру зерна, освобождая ниацин, что делает белки более усваиваемыми. Избыток кальция из известки нейтрализует фитиновую кислоту. Такая обработка позволяет снизить затраты на производство кукурузной муки (никстамаль). Цельную кукурузу варят в кипящей известковой воде (или в воде с золой) в течение короткого времени (5–45 мин) и вымачивают в этом растворе, пока он остывает, в течение 12–18 часов. Время варки и настаивания варьируется в зависимости от типа кукурузы, местных традиций и блюд, для которых готовится никстамаль.

Зерно кукурузы, замоченное в щелочи, используют для производства крупной кукурузной крупы для приготовления мамалыги. Также кукурузу, замоченную в щелочи, измельчают в массу — муку, из которой делают лепешки тортильяс.

При таком способе замачивания клейковинные белки (глиадин и глютеин) разрушаются полностью, а клейковина в качестве готового продукта не выделяется [4].

Целью замачивания в кислоте является отделение растворимых в воде веществ и размягчение зерен, чтобы они стали податливыми для дальнейшей механической сепарации при производстве крахмала. В технологическую воду для ускорения процессов и предотвращения всхода кукурузы и роста бактерий добавляется сернистый ангидрид. Оптимальным при переработке кукурузы на крахмал является замачивание на 48 часов при температуре 48–50°C.

Основными показателями технологического режима замачивания являются температура и длительность процесса, а также концентрация сернистого ангидрида в кислоте (оптимальная — 0,1–0,2%).

При замачивании в щелочи и кислоте зёрна увеличиваются в объёме в 2–3 раза, влажность зерна увеличивается с 15% до 45%. В процессе увлажнения из зерна извлекается большая часть водорастворимых веществ [5].

Для определения количественных потерь альбуминов и глютелинов в зерне кукурузы были проведены экспериментальные исследования.

В качестве образца для испытаний взят образец зубовидной кукурузы урожая 2016 года, выращенной в Астраханской области. Зерно было замочено в щелочи — гашеной известки  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  концентрации 0,15N и в сернистой кислоте  $\text{H}_2\text{SO}_3$  концентрации 0,1N. При первом способе замачивания кукуруза варилась в растворе щелочи в течение 20 минут, а затем отстаивалась в течение 24 часов. При втором способе кукуруза замачивалась в сернистой кислоте при температуре 48–50°C в течение 48 часов в вытяжном шкафу.

Исследование проводилось в лаборатории биохимического и спектрального анализа пищевых продуктов (БиСАПП) с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель-104Т".

Методика проведения эксперимента предполагает разложение проб кислотным или щелочным гидролизом (только для триптофана) с переводом аминокислот в свободные формы, получении фенилизотиокарбамильных производных (ФТК-производных), их разделение и количественное

определение методом капиллярного электрофореза. Обнаружение проводят в ультрафиолетовой области спектра при длине волны 254 нм.

Эксперимент предусматривает проведение анализа трех навесок пробы, которые в дальнейшем обозначаются как навески №1, №2 и №3.

В навеске №1 после кислотного разложения проб определяют тирозин, аргинин, лизин, аланин, серин, гистидин, фенилаланин, лейцин и изолейцин суммарно, метионин, пролин, треонин, валин и глицин.

В навеске №2 после предварительного окисления и проведения кислотного гидролиза определяют аспарагин, аспарагиновую кислоту, глутамин и глутаминовую кислоту [6].

В навеске №3 после щелочного гидролиза определяют триптофан [7].

Результаты исследования показывают, что щелочь и кислота в значительной степени понижают общее содержание аминокислот в зерне. На рис. 2–4 показаны гистограммы содержания основных аминокислот — глутамина, глутаминовой кислоты, аспарагина, аспарагиновой кислоты и триптофана в кукурузе без обработки, а также в кукурузе, замоченной в щелочи и в кислоте.

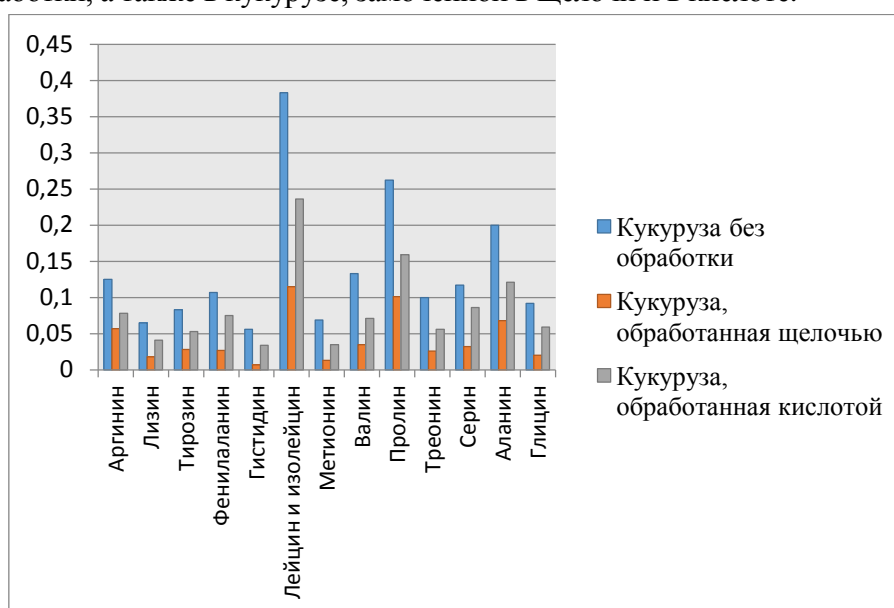


Рис. 2. Гистограмма содержания основных аминокислот в кукурузе без обработки и в кукурузе, замоченной в щелочи и в кислоте

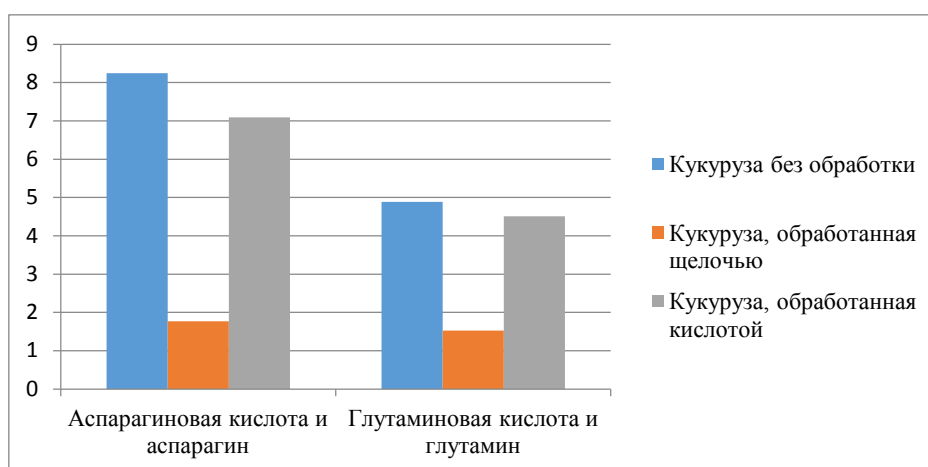


Рис. 3. Гистограмма содержания глутамина, глутаминовой кислоты, аспарагина и аспарагиновой кислоты в кукурузе без обработки и в кукурузе, замоченной в щелочи и в кислоте

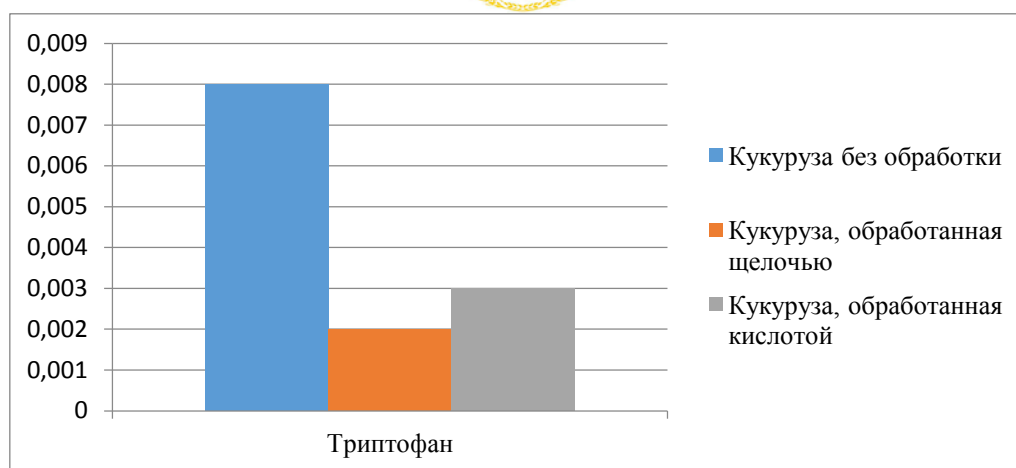


Рис. 4. Гистограмма содержания триптофана в кукурузе без обработки и в кукурузе, замоченной в щелочи и в кислоте

**Заключение.** Таким образом, обосновано и экспериментально подтверждено влияние химических способов замачивания на аминокислотный состав белка кукурузы.

Кислота имеет отрицательное воздействие на содержание аминокислот в кукурузе, однако в сравнении со щелочной обработкой потеря глутаминовой и аспарагиновой кислот менее существенна. Щелочь в значительной степени уменьшает содержание всех аминокислот в зерне. Поэтому кукурузную муку, произведенную при измельчении зерна после замачивания в щелочи, и продукты переработки крахмалопаточного производства, полученные после обработки зерна в кислоте, целесообразно обогащать аминокислотами, которые в процессе предварительной обработки были утеряны.

#### Библиографический список

1. Тупольских, Т. И. Технология муки и крупы / Т. И. Тупольских, И. А. Хозяев. — Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2011. — 104 с.
2. Чебатареv, О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О. Н. Чебатареv, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко. — Москва : ИКЦ «МарТ» 2004. — 688 с.
3. Коваленко, Т. Д. Изменения белков и других азотистых веществ в пищевых продуктах. Учебное пособие / Т. Д. Коваленко, В. А. Авроров, М. А. Коннова. — Москва : Мир, 2004. — 60с.
4. Крикунова, Л. Н. Исследование процесса предобработки зерна кукурузы на основе метода гидротермической обработки / Л. Н. Крикунова, Н. М. Кузьменкова, М. В. Гернет // Журнал Моск. Гос. ун-та пищ. произ-в. — 2011. — №4. — С. 1–4.
5. Константинов, А. А. Математическое моделирование процесса замачивания кукурузного сырья / А. А. Константинов, В. П. Миронов, Е. В. Миронов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук 2013. — Т. 15, №6(2). — С. 386–387.
6. ГОСТ Р 55569–2013. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва : Стандартиформ, 2014. — 15 с.
7. ГОСТ 31480–2012. Комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания аминокислот (лизина, метионина, треонина, цистина и триптофана) методом капиллярного электрофореза / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва : Стандартиформ, 2012. — 15 с.