

Влияние различных температурных воздействий на микроструктуру кукурузного крахмала в составе мясного продукта

Надежда Г. Черепанова	¹	ncherepanova@rambler.ru	 0000-0001-7484-9021
Елена А. Просекова	¹	proseka2004@yandex.ru	 0000-0003-1819-0618
Анна Э. Семак	¹	semakq@gmail.com	 0000-0002-1986-4284
Марк Г. Мизинов	¹	mizmarkus@gmail.com	 0009-0002-6590-0969
Алиса А. Агаркова	¹	agarkova-vasilisa@mail.ru	 0009-0003-2696-2320

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия

Аннотация. Статья посвящена определению влияния различных режимов температурной обработки в течение разных временных промежутков на гистологическую структуру кукурузного крахмала в составе мясного фарша. Установлено, что без температурной обработки изменений морфологии крахмальных зерен в составе сырого фарша не происходит. Термическая обработка в воде при 80 °С в течение 5, 10, 20 и 40 минут приводит к увеличению размера зерна крахмала, происходит набухание, распадается глазок и теряется изначальная форма. Зерна постепенно слипаются и сливаются вместе. Основные изменения структуры крахмала происходят за первые 10 минут. В первые 5 минут еще сохраняется многоугольная форма и глазок в большинстве зерен, средний размер достоверно увеличивается в 2,6 раза. До 10 минут обработки, деструктивные изменения нарастают, далее их интенсивность плавно снижается. В 20 минут наблюдается полная клестеризация. Через 40 минут обработки дальнейших изменений в структуре крахмала не обнаруживается. Изменения в структуре крахмала при температуре 100 °С не отличаются от тех, что происходят при 80 °С. Набухание и клейстеризация зерна происходит значительно быстрее, в первые 5 минут. Замораживание при температуре -18 °С в течение 3 суток мало влияет на морфологические признаки кукурузного крахмала. Длительное замораживание в течение 90 дней приводит к незначительным морфологическим изменениям. Установлено искажение формы зерен, углы становятся лучше выражены, размер крахмальных зерен достоверно уменьшается. Это связано с уменьшением влаги и разрушением микроструктуры крахмала. В результате работы сделаны микрофотографии и проведено описание морфологического строения зерен кукурузного крахмала при разных температурных режимах обработки. Микрофотографии исследуемых образцов и описание микроструктуры крахмальных зерен могут быть использованы для идентификации кукурузного крахмала и индикации температурных режимов обработки при проведении оценки качества мясных продуктов.

Ключевые слова: кукурузный крахмал, гистологическая структура, температурный режим, технологические параметры, мясопродукты, углеводные добавки, крахмальные зерна, микроструктурный анализ, оценка качества, экспертиза.

The influence of various temperature effects on the microstructure of corn starch in the composition of the meat product

Nadezda G. Cherepanova	¹	ncherepanova@rambler.ru	 0000-0001-7484-9021
Elena A. Prosekov	¹	proseka2004@yandex.ru	 0000-0003-1819-0618
Anna E. Semak	¹	semakq@gmail.com	 0000-0002-1986-4284
Mark G. Mizinov	¹	mizmarkus@gmail.com	 0009-0002-6590-0969
Alisa A. Agarkova	¹	agarkova-vasilisa@mail.ru	 0009-0003-2696-2320

¹ Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to determining the influence of various temperature regimes during different time intervals on the histological structure of corn starch in minced meat. It has been established that without heat treatment, changes in the morphology of starch grains in the composition of raw minced meat do not occur. Heat treatment in water at 80 °C for 5, 10, 20- and 40-minutes leads to an increase in the granule size of starch, swelling occurs, the hilum (core of grain) disintegrates and the original shape is lost. The granules gradually stick together and merge together. The main changes in the structure of starch occur in the first 10 minutes. In the first 5 minutes, the polygonal shape and the hilum (core of grain) are still preserved in most granules, the average size significantly increases by 2.6 times. Up to 10 minutes of treatment, destructive changes increase, then their intensity gradually decreases. In 20 minutes, complete gelatinization is observed. After 40 minutes of treatment, no further changes in the starch structure are detected. Changes in starch structure at 100 °C are not different from those at 80 °C. Swelling and gelatinization of grain occurs much faster, in the first 5 minutes. Freezing at -18 °C for 3 days has little effect on the morphological characteristics of corn starch. Long-term freezing for 90 days leads to minor morphological changes. A distortion of the shape of the granules was established, the corners become better expressed, the size of the starch granules unreliably decreases. This is due to a decrease in moisture and the destruction of the starch microstructure. As a result of the work, microphotographs were taken and a description of the morphological structure of corn starch granules was made under different temperature conditions of processing. Microphotographs of the studied samples and a description of the microstructure of starch granules can be used to identify corn starch and indicate the temperature regimes of processing when assessing the quality of meat products.

Keywords: corn starch, histological structure, temperature regime, technological parameters, meat products, carbohydrate additives, starch grains, starch granules, microstructural analysis, quality assessment, expertise.

Для цитирования

Черепанова Н.Г., Просекова Е.А., Семак А.Э., Мизинов М.Г., Агаркова А.А. Влияние различных температурных воздействий на микроструктуру кукурузного крахмала в составе мясного продукта // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 3. С. 28–35. doi:10.20914/2310-1202-2023-3-28-35

For citation

Cherepanova N.G., Prosekov E.A., Semak A.E., Mizinov M.G., Agarkova A.A. The influence of various temperature effects on the microstructure of corn starch in the composition of the meat product. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 3. pp. 28–35. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-3-28-35

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Важность и необходимость ветеринарно-санитарной экспертизы пищевых продуктов была неоднократно доказана различными исследованиями [1]. В некоторых областях мясной промышленности доля фальсификации может достигать в отдельных случаях 88–100% [2]. К наиболее частым несоответствиям регламенту относятся повышенное содержание воды и значительное уменьшение скелетной мускулатуры [3]. Кроме того, часто в составе переработанного мясного продукта встречаются такие животные компоненты, как хрящи, кости [4], соединительная ткань, фрагменты внутренних органов [5]. Для уменьшения себестоимости продукции и маскировки некачественного сырья могут использоваться незаявленные на этикетке компоненты растительного и животного происхождения, такие как крахмал, камедь, соя и другие [6]. Чаще всего на уровне потребителя и при органолептической оценке такие фальсификации не обнаруживаются [7]. Существует комплекс исследований, позволяющий выявить все эти нарушения. Одним из таких эффективных методов является гистологический метод, при помощи которого можно определить структуру мясного продукта, состояние мышечной ткани, свежесть и наличие добавок [8, 9].

Крахмал является одной из самых популярных добавок в пищевой промышленности. В России чаще всего используется два вида: картофельный и кукурузный. По данным исследований 83% мирового производства приходится на кукурузный крахмал [10]. Поэтому, несмотря на то что картофель значительно более дешевое сырье в нашем регионе, кукурузный крахмал распространен и для фальсификации используется значительно чаще.

Все крахмалы обладают похожими характеристиками – это влагоудерживающая способность, способность аккумулировать ароматические соединения и улучшать структуру конечного продукта. Зёрна крахмала формируются из двух полисахаридов: амилозы и амилопектина. Амилоза представляет собой линейный полимер, взаимодействуя с липидами, фосфорилированными остатками и другими веществами, слабо взаимодействует с водой и ингибирует процесс набухания [11]. Амилопектин является макромолекулой с разветвленной структурой, и именно он, взаимодействуя с молекулами воды, обеспечивает набухание и вязкость при нагревании. Зёрна крахмала образованы чередующимися пластинками, состоящими из аморфного компонента (разветвления амилопектина) и кристаллического (содержит только линейные цепи). Они образуют кольца роста [12]. Внутри крахмального зерна располагается глазок

(ворота), который является центром кристаллизации. Поверхность крахмального зерна покрыта порами, а внутри зерно пронизано каналами, которые сформированы концами молекул амилозы и амилопектина [13]. Это имеет важное технологическое значение, так как различные реагенты могут проникать и взаимодействовать со структурными компонентами зерна, например, при разных видах модификации.

Амилоза и амилопектин в холодной воде не дают истинного раствора. При нагревании начинают разрушаться межмолекулярные связи, гранулы гидратируются и набухают. Далее происходит разупорядочивание кристаллических структур и образует клейстер (вязкий коллоидный раствор) [14]. Соотношение данных полисахаридов определяет функциональные и физико-химические свойства крахмала. Исследования показали, что соотношение амилозы и амилопектина, а также структура пор, зависят от сырьевого источника, селекции и других факторов [15]. На морфологию крахмальных зерен могут влиять условия выращивания, такие как уровень азота в почве [16].

Некоторые авторы выделяют 4 вида крахмальных зерен [17]: крупные – более 25 мкм, средние – от 10 до 25 мкм, маленькие – от 5 до 10 мкм, и очень маленькие – меньше 5 мкм. Другие авторы классифицируют на группы [14]: крупнозернистые (10–120 мкм), – среднезернистые (5–30) мкм, – мелкозернистые (1–10 мкм), – с бимодальной дисперсностью (2–5 и 10–50 мкм).

В процессе производства мясная продукция подвергается различным термическим воздействиям: замораживанию, пастеризации, варке при температуре выше 100 °С. Становится важно понимать, как изменяется морфология крахмального зерна при подобных воздействиях. Эти изменения видоспецифичны, а также сильно зависят от длительности и характера термообработки.

Исследование влияния термической обработки на кукурузный крахмал в водном или соляном растворе показало набухание крахмала, потерю изначальной формы зёрен, постепенное исчезновение глазка, слипание отдельных зерен вместе. Далее происходило формирование клейстерной массы в местах скопления зёрен или полное их растворение там, где зёрна были отдалены друг от друга [20]. Понимание взаимосвязи температурной обработки с микроструктурой кукурузного крахмала позволит оптимально подбирать вид этого продукта для разных технологических процессов мясного производства. А также может служить индикатором соблюдения температурных режимов термической обработки мясных изделий.

Недостаточность данных об изменениях структуры зерен кукурузного крахмала в составе мясных продуктов при различных температурных воздействиях определяет актуальность данных исследований.

Цель работы – определение влияния различной температурной обработки в течение разных временных промежутков на гистологическую структуру кукурузного крахмала в составе мясного фарша, а также изучение его гистологической структуры.

Материалы и методы

Для исследований были взяты образцы кукурузного крахмала от трех различных производителей, из разных торговых точек. Как субстрат для изготовления препаратов использовался фарш из куриной грудки. Фарш изготавливался из грудной мышцы охлажденной тушки курицы. Затем, из него были сформированы образцы с массой 10 г. Образцы группы 1 не содержали крахмал. В остальные образцы куриного фарша вмешивался кукурузный крахмал в количестве 2 г на образец.

Образцы группы 2 термически не обрабатывались, образцы групп 3 – 6 подвергались пастеризации в воде при температуре 80 °C в течение разного времени. Группа 3 обрабатывалась в течение 5 мин., группа 4 – 10 мин., группа 5 – 20 мин. и группа 6 – 40 минут. Образцы групп 7 и 8 подвергались термообработке в воде при температуре 100°C. Группа 7 – в течение 5 мин., а группа 8 – 20 минут.

Заморозка образцов проводилась в бытовом холодильнике при -18 °C. Образцы группы 9 хранились 3 суток, а группы 10 – три месяца.

Далее образцы фиксировались в десятипроцентном нейтральном формалине, Гистологические препараты были изготовлены по стандартной методике, описанной в «ГОСТ 31500–2012 Мясо и мясные продукты. Гистологический метод определения растительных углеродных добавок», окрашены гематоксилином и эозином.

Микроскопирование гистологических образцов производилось с помощью светового микроскопа, при увеличении в 400 раз. Для морфометрических измерений по 10 полям зрения от группы сделаны микрофотографии с использованием окуляра с линейкой. Производилась фотосъемка для получения обзорных препаратов. На препаратах оценивалась форма и микроструктура зерен кукурузного крахмала и изменения этих параметров при разных вариантах термической обработки.

Для измерения относительных значений диаметра зёрен использовалась программа ImageJ. Относительные значения были переведены в абсолютные при помощи объект микрометра. Данные статистически обработаны при помощи программы Excel.

Результаты и обсуждение

Исследование образцов группы 1, содержащих только фарш, было проведено с целью определения структурных особенностей фона всех препаратов для лучшей идентификации крахмальных зерен.

Исследования гистологических препаратов группы 2, не подвергавшихся термической обработке, демонстрируют картину нативных зёрен кукурузного крахмала (рисунок 1). По своим морфологическим характеристикам они идентичны типичным зернам данного ботанического вида. Зерна крахмала слегка угловатые, имеют округлую форму, слабо окрашены, прозрачные. В центре отдельно взятых зёрен заметны ворота (глазки) – небольшие тёмные пятна, от которых по всей площади зерна радиально расходятся линии. Зёрна располагаются большими группами, изредка попадаются одиночные.

Установлено, что средний размер зёрен в этой группе составил 8,5 мкм, максимальный – 14,4 мкм, минимальный – 4,4 мкм (таблица 1). Микроструктурный анализ показывает, что кукурузный крахмал отличается неоднородностью зерен (рисунок 2). Преобладают зерна среднего размера, от 7 до 12 мкм, их доля составила 59%. На долю крупных приходится 15%, а мелких – 26%. Эти данные подтверждают ранее проведенные исследования. [18, 19].

Образцы группы 3 демонстрирует серьезные изменения, которые возникают в зёрнах крахмала под воздействием температуры в течение 5 минут. Прежде всего, средний размер зёрен статистически значимо увеличился в 2,6 раза по сравнению с группой 2, и составил 22,7 мкм. Максимальный диаметр увеличился в 4,1 раза, минимальный в 1,8 раза. Мелкие зерна не идентифицировались, а 95% были крупные. Клейстеризация кукурузного крахмала начинается с 70 °C [20]. Более мелкие зерна начинают набухать и клейстеризоваться быстрее, при более низкой температуре, чем крупные [13]. В нашем исследовании при температуре 80 °C наблюдается подобная картина – исчезают маленькие гранулы, потом все гранулы становятся крупными в процессе гидратации и набухания. Начинает изменяться и морфология крахмального зерна. Они становятся более округлыми, а потом овальными и неровными. Глазок почти полностью исчезает и становится практически незаметным. Сами же зёрна начали слипаться вместе, а в более крупных скоплениях сливаться в одну массу. Однако эти изменения были незначительны и позволили провести морфометрические измерения. Такая динамика изменений подтверждается и другими исследованиями. [20].

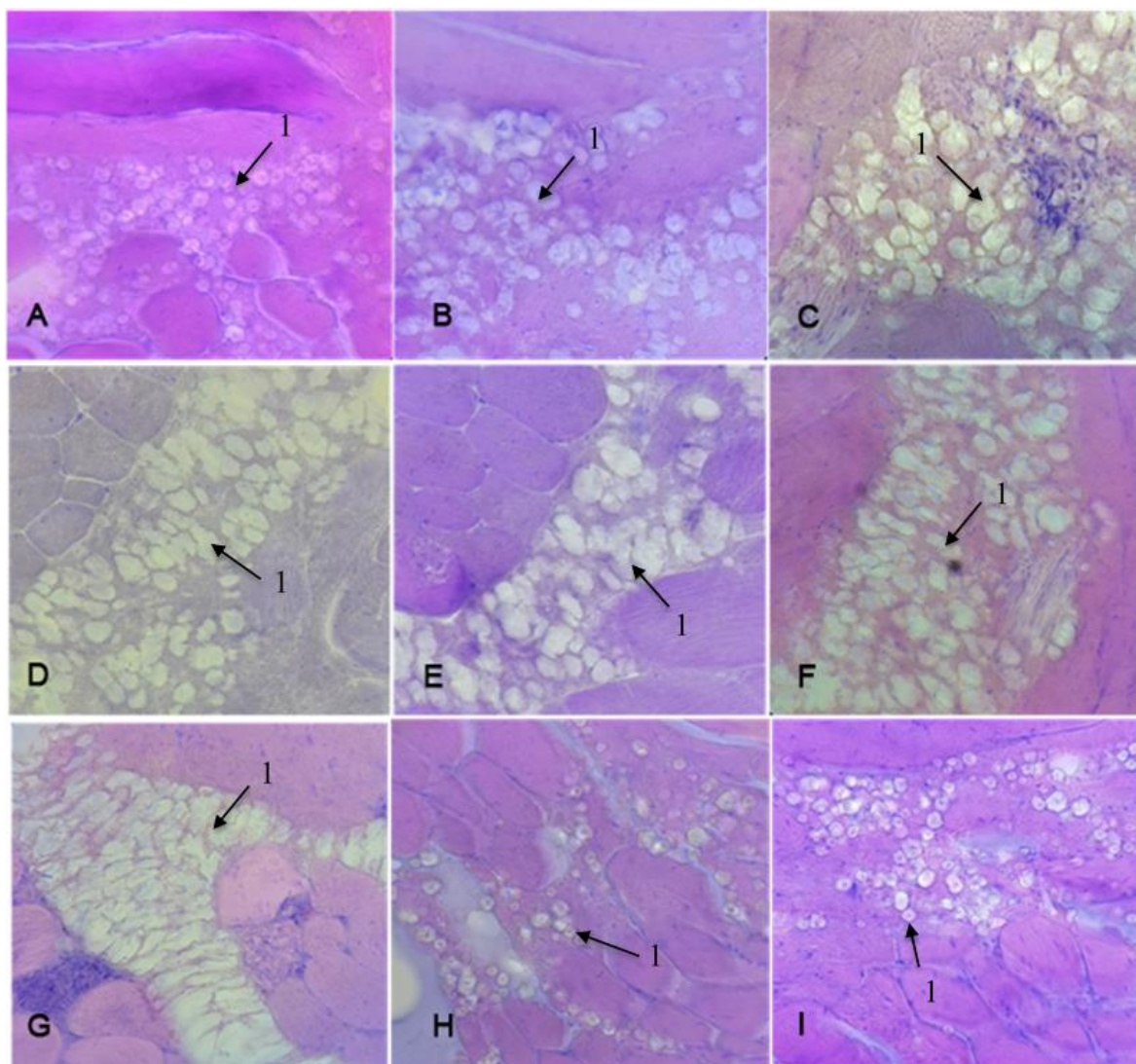


Рисунок 1. Морфологическое строение крахмальных зерен при различных температурных режимах обработки (увеличение в 400 раз, окрашивание гематоксилином и эозином): А – группа 2; В – группа 3; С – группа 4; D – группа 5; E – группа 6; F – группа 7; G – группа 8; H – группа 9; I – группа 10; 1 – зерна крахмала

Figure 1. Morphological structure of starch grains at different temperature conditions of processing (400x magnification, hematoxylin and eosin staining): A – group 2; B – group 3; C – group 4; D – group 5; E – group 6; F – group 7; G – group 8; H – group 9; I – group 10; 1 – starch grains.

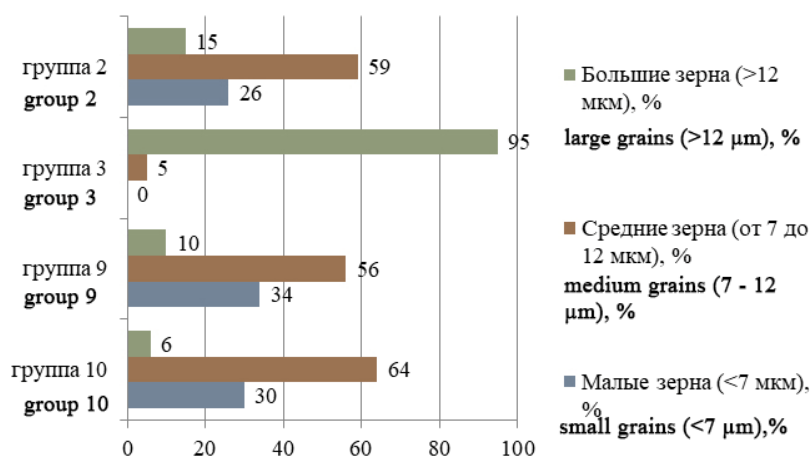


Рисунок 2. Соотношение размеров зерен кукурузного крахмала при разных режимах температурной обработки, %
Figure 2. The ratio of grain sizes of corn starch under different modes of thermal treatment, %

В образцах группы 4 заметны более серьезные деструктивные признаки. Дольше длительная гидратация в течение 10 минут при температуре 80 °С показывает, что разворачивание и другие морфологические изменения затрагивают уже все зерна. Они набухают ещё больше, став в 3–4 раза больше изначальных размеров. При этом округлая форма зерна искажилась, превратившись в полностью аморфную, исчез глазок. Также заметно участились слияния зерен. Морфология гранул определялась с трудом.

К 20 минутам пастеризации происходит полная клейстеризация зерен крахмала. Редкие отдельные зёрна, по отношению к первоначальным размерам, увеличились примерно в 4,5 раза. Форма зерен нарушается, они склеиваются в единую массу. Некоторые отдельные зёрна полностью утратили свою структуру и распались. Дальнейшая пастеризация до 40 минут морфологических изменений не вызывает. Образцы групп 5 и 6 не имеют серьезных различий между собой.

На образце группы 7 видно, что термическая обработка при 100 °С приводит к намного более быстрым и более сильным деструктивным процессам, по сравнению с обработкой при 80 °С. Те морфологические изменения, которые при пастеризации происходят с крахмалом через 20 минут обработки, при варке наступают уже на пятой минуте. Через 5 минут обработки зёрна крахмала полностью утрачивают какую-либо форму, перестает просматриваться глазок, повсеместно начинают слипаться зёрна, а их размер превышает в 3 раза первоначальный.

В образцах группы 8 происходит полная потеря формы зерна, глазка, еще более сильное набухание и слияние зёрен в единую клейстерную массу.

Исследования влияния низких температур на кукурузный крахмал показали незначительные изменения в его строении. Статистически значимых отличий в среднем диаметре зерен крахмала при заморозке образцов группы 9 и 10

по сравнению с образцами группы 2 не обнаружено. Зёрна имеют всю ту же хорошо видимую угловатую форму, заметен глазок. Единственным заметным изменением зерен, кроме незначительного уменьшения диаметра становятся более ярко выраженные углы. Общая тенденция распределения размеров зерен тоже сохраняется. Преобладают зерна среднего размера. Заметна тенденция увеличения доли маленьких зерен в 1,2 раза и уменьшения количества больших зерен в 1,5 раза.

Статистически значимых отличий в группе 10 по сравнению с группой 9 и 2 не обнаружено. Сохранился как глазок, так и цвет, и остальные характерные морфологические признаки. Несмотря на большее время заморозки, заметно лишь незначительное уменьшение размера отдельных зёрен, а также форма отдельных единиц стала напоминать многоугольники с заостренными углами. Средний диаметр зерна продолжает снижаться – 8,4 мкм. Соотношение изменилось в сторону увеличения количества средних зерен до 64%, а количество малых, а особенно больших, уменьшилось. Следует отметить, что в процессе заморозки значительно уменьшается количество крупных зерен и увеличивается количество средних, в то время как соотношение маленьких зерен при длительном замораживании практически не меняется. Это может быть связано с ферментативным разрушением в процессе хранения и согласуется с данными, полученными при воздействии низкими температурами (0–4 °С) в течение длительного времени на картофельный крахмал. В этих исследованиях было показано снижение содержания крахмала, неравномерная деформация зерен и увеличение внутренних полостей и каналов в крахмальном зерне [21]. Уменьшение размера и большую угловатость формы можно объяснить уменьшением количества влаги в образце, которое происходит при вымораживании продукта.

Таблица 1.

Размер зерен кукурузного крахмала при разных температурных воздействиях, мкм

Table 1.

Grain size of corn starch under different temperature effects, μm

Группа	Group	Максимальный диаметр	Maximum diameter	Минимальный диаметр	Minimum diameter	Средний диаметр	Average diameter
2		14,4		4,4		$8,5 \pm 0,12$	
3		58,1		7,9		$22,7 \pm 0,39$ ***	
9		17,7		3,4		$8,5 \pm 0,14$	
10		16,5		2,7		$8,4 \pm 0,11$	
разница по сравнению с группой 2 достоверна*** – $P \leq 0,001$ the difference compared to the group 2 is significant: *** – at $P \leq 0.001$							

Заключение

Наши исследования показали, что зерна кукурузного крахмала в фарше, при отсутствии термической обработки, полностью соответствуют морфологическим признакам, характерным для этого вида, имеют округлую, слегка угловатую форму. В центре располагается глазок. Средний размер зерна около 8,5 мкм. Преобладают зерна среднего размера.

Основные изменения, связанные с нагреванием при 80 °С, в крахмале происходят за первые 10 минут. У кукурузного крахмала достаточно высокая температура клейстеризации – 70 °С, поэтому в первые 5 минут в большинстве зерен еще сохраняется многоугольная форма и глазок. Средний размер зерен увеличивается до 22,7 мкм, их число достигает 95%. К 10 минутам деструктивные изменения нарастают, далее их интенсивность плавно снижается. При достижении 20 минут наступает клестеризация. Характер изменений состоит в том, что зёрна увеличиваются в размере, у них распадается глазок, теряется изначальная форма, а сами они, постепенно, слипаются и сливаются вместе. При пастеризации при 80 °С более 20 минут каких-либо существенных изменений морфологии зерен не происходит.

Характер изменений в структуре крахмала при термической обработке 100 °С неотличим от тех, что происходят при 80 °С. Однако изменения наступают значительно быстрее, за первые 5 минут, и к 10 минутам морфология крахмальных зерен не просматривается.

Замораживание практически не меняет морфологические признаки зерна. Однако, при длительном воздействии отрицательных температур заметно искажение формы зерен в сторону больше угловатости, что связано с уменьшением содержания влаги и неравномерным ферментативным разрушением структуры крахмального зерна в результате заморозки.

В результате работы сделаны микрофотографии и проведено описание морфологического строения зерен кукурузного крахмала при разных температурных режимах обработки. Микрофотографии исследуемых образцов и описание микроструктуры крахмальных зерен могут быть использованы для идентификации кукурузного крахмала и индикации температурных режимов обработки при проведении оценки качества мясных продуктов.

Литература

- 1 Semak A.E., Kazakova E.V., Cherepanova N.G. et al. Improving the Quality of Evaluation of Meat Products // Entomology and Applied Science Letters. 2021. V. 8. № 2. P. 78–84. doi: 10.51847/CUMJASGUCH
- 2 Sadeghinezhad J., Morovvati H., Yekta Z., Fattahi K. et al. Evaluation of the Histological Method in Quantitative Detection of Unauthorized Tissues (chicken skin and bone) in Reconstructed Kabab Loghme and Kielbasa // Tolooebehdasht Journal. 2019. V.18(2). P. 57–69. doi: 10.18502/tbj.v18i2.1264
- 3 Савостина Т.В., Мижевкина А.С., Савостина Д.А. и др. Гистоморфологическая характеристика фаршей разных изготовителей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 250–257.
- 4 Moghtaderi A., Raji A., Khanzadi S., Nabipour A. Application of histological method for detection of unauthorized tissues in meat sausage // Veterinary research forum: an international quarterly journal. 2019. № 10(4). P. 357–360. doi: 10.30466/vrf.2018.89154.2160
- 5 Darban Maghami N., Nabipour A., Mohsenzadeh M., Torabi M. Histological and stereological approaches for detection of tissues and fraud in some meat products // Veterinary research forum: an international quarterly journal. 2022. № 13(1). P. 47–53. doi: 10.30466/vrf.2020.115238.2742
- 6 Guelmamene R., Bennoune O., Elgroud R. Histological techniques for quality control of meat and meat products – A mini-review // Journal of Nutrition and Human Health. 2018. № 2(2). P. 24–29. doi: 10.35841/nutrition-human-health.2.2.24–30
- 7 Mellett F. Quality characteristics of low fat ostrich meat patties formulated with either pork lard or modified corn starch, soya isolate and water // Meat science. 2003. № 65. P. 869–875. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00293-0
- 8 Sadeghinezhad J., Morovvati H., Yekta Z., Fattahi K. et al. Evaluation of the Histological Method in Quantitative Detection of Unauthorized Tissues (chicken skin and bone) in Reconstructed Kabab Loghme and Kielbasa // The Journal of Tolooebehdasht. 2019. № 18. P. 57–69.
- 9 Sadeghinezhad J., Morovvati H., Yekta Z., Fattahi K. et al. Evaluation of the Histological Method in Quantitative Detection of Unauthorized Tissues (chicken skin and bone) in Reconstructed Kabab Loghme and Kielbasa // The Journal of Tolooebehdasht. 2019. № 18 (2). P. 57–69. doi: 10.18502/tbj.v18i2.1264
- 10 Никитина Е.В. Изменения микроструктуры картофельного крахмала при модификации бактериальной амилазой *Bacillus subtilis* в зависимости от концентрации фермента // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 7. С. 133–136.
- 11 Khatfiev E.B., Goldstein V.G., Krivandin A.V., Wasserman L.A. Main Characteristics of Processed Grain Starch Products and Physicochemical Features of the Starches from Maize (*Zea mays* L.) with Different Genotypes // Polymers. 2023. № 15(8). P. 1976. doi: 10.3390/polym15081976
- 12 O'Neill E.C., Field R.A. Underpinning starch biology with in vitro studies on carbohydrate-active enzymes and biosynthetic glycomaterials // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2015. № 3. P.136.
- 13 Comejo-Ramírez Y.I., Martínez-Cruz O., Del Toro-Sánchez C.L., Wong-Corral F.J. et al. The structural characteristics of starches and their functional properties // CyTA – Journal of Food. 2018. № 16(1). P.1003–1017. doi: 10.1080/19476337.2018.1518343

- 14 Хвыля С.И., Лапшин В.А., Корешков В.Н. Использование крахмала в мясной промышленности // Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика. 2019. С. 376-383.
- 15 Nishizawa T., Roy T.S., Nara K., Rahman M.M. et al. Physical and physiological traits of tubers and their starch-granule sizes of local potato cultivars in Bangladesh // *Acta Horticulturae*. 2021. № 1326. P.239–246. doi: 10.17660/ActaHortic.2021.1326.32
- 16 Zhao F., Jing L., Wang D. et al. Grain and starch granule morphology in superior and inferior kernels of maize in response to nitrogen // *Scientific reports*. 2018. № 8(1). P.6343. doi: 10.1038/s41598-018-23977
- 17 Lindeboom N., Chang P.R., Tyler R.T. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review // *Starch-starke*. 2004. V. 56. P. 89–99. doi: 10.1002/star.200300218
- 18 Мизинов М.Г., Черепанова Н.Г., Агаркова А.А. Изменение структуры кукурузного крахмала в составе мясного продукта при термической обработке // Научно-практические достижения молодых ученых как основа развития АПК в условиях интенсификации производства и техногенного пресса: материалы Национальной студенческой научно-практической конференции, Рязань, 15 марта 2023 года. Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 196–203.
- 19 Хвыля С.И., Пчелкина В.А. Гистологические особенности крахмалов и их выявление в мясных продуктах // *Мясные технологии*. 2011. № 11(107). С. 46–49.
- 20 Пчелкина В.А., Хвыля С.И. Микроструктура крахмала и особенности его выявления в мясных продуктах // Глубокая переработка зерна для производства крахмала, его модификаций и сахаристых продуктов. Тенденции развития производства и потребления: труды Международной научно-практической конференции: к 80-летию ВНИИ крахмалопроductов Россельхозакадемии. ООО "НИПКЦ Восход-А", 2013. С. 233–237.
- 21 Taufique T., Nishizawa T., Roy T.S., Meiko K. et al. Histological and physiological changes of potato starch derived from seed and TPS (true potato seed) grown tubers under different cold storage duration // *Advances in Horticultural Science*. 2021. № 35(4). P. 371–381. doi: 10.36253/ahsc-11517

References

- 1 Semak A.E., Kazakova E.V., Cherepanova N.G. et al. Improving the Quality of Evaluation of Meat Products. *Entomology and Applied Science Letters*. 2021. vol. 8. no. 2. pp. 78–84. doi: 10.51847/CUMJASGUCH
- 2 Sadeghinezhad J., Morovvati H., Yekta Z., Fattahi K. et al. Evaluation of the Histological Method in Quantitative Detection of Unauthorized Tissues (chicken skin and bone) in Reconstructed Kabab Loghme and Kielbasa. *Tolooebehdasht Journal*. 2019. vol. 18(2). pp. 57–69. doi: 10.18502/tbj.v18i2.1264
- 3 Savostina T.V., Mizhevnikina A.S., Savostina D.A. and others. Histomorphological characteristics of minced meat from different manufacturers. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2022. no. 2 (94). pp. 250–257. (in Russian).
- 4 Moghtaderi A., Raji A., Khanzadi S., Nabipour A. Application of histological method for detection of unauthorized tissues in meat sausage. *Veterinary research forum: an international quarterly journal*. 2019. no. 10(4). pp. 357–360. doi: 10.30466/vrf.2018.89154.2160
- 5 Darban Maghami N., Nabipour A., Mohsenzadeh M., Torabi M. Histological and stereological approaches for detection of tissues and fraud in some meat products. *Veterinary research forum: an international quarterly journal*. 2022. no. 13(1). pp. 47–53. doi: 10.30466/vrf.2020.115238.2742
- 6 Guelmamene R., Bennoune O., Elgroud R. Histological techniques for quality control of meat and meat products – A mini-review. *Journal of Nutrition and Human Health*. 2018. no. 2(2). pp. 24–29. doi: 10.35841/nutrition-human-health.2.2.24-30
- 7 Mellett F. Quality characteristics of low fat ostrich meat patties formulated with either pork lard or modified corn starch, soya isolate and water. *Meat science*. 2003. no. 65. pp. 869–875. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00293-0
- 8 Sadeghinezhad J., Morovvati H., Yekta Z., Fattahi K. et al. Evaluation of the Histological Method in Quantitative Detection of Unauthorized Tissues (chicken skin and bone) in Reconstructed Kabab Loghme and Kielbasa. *The Journal of Tolooebehdasht*. 2019. no. 18. pp. 57–69.
- 9 Sadeghinezhad J., Morovvati H., Yekta Z., Fattahi K. et al. Evaluation of the Histological Method in Quantitative Detection of Unauthorized Tissues (chicken skin and bone) in Reconstructed Kabab Loghme and Kielbasa. *The Journal of Tolooebehdasht*. 2019. no. 18 (2). pp. 57–69. doi: 10.18502/tbj.v18i2.1264
- 10 Nikitina E.V. Changes in the microstructure of potato starch when modified by bacterial amylase *Bacillus subtilis* depending on the concentration of the enzyme // *Bulletin of the University of Technology*. 2016. vol. 19. no. 7. pp. 133–136. (in Russian).
- 11 Khatefov E.B., Goldstein V.G., Krivandin A.V., Wasserman L.A. Main Characteristics of Processed Grain Starch Products and Physicochemical Features of the Starches from Maize (*Zea mays* L.) with Different Genotypes. *Polymers*. 2023. no. 15(8). pp. 1976. doi: 10.3390/polym15081976
- 12 O'Neill E.C., Field R.A. Underpinning starch biology with in vitro studies on carbohydrate-active enzymes and biosynthetic glycomaterials. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2015. no. 3. pp. 136.
- 13 Comejo-Ramírez Y.I., Martínez-Cruz O., Del Toro-Sánchez C.L., Wong-Corral F.J. et al. The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA – Journal of Food*. 2018. no. 16(1). pp. 1003–1017. doi: 10.1080/19476337.2018.1518343
- 14 Khvylya S.I., Lapshin V.A., Koreshkov V.N. The use of starch in the meat industry. *Innovative processes in food technologies: science and practice*. 2019. pp. 376-383. (in Russian).
- 15 Nishizawa T., Roy T.S., Nara K., Rahman M.M. et al. Physical and physiological traits of tubers and their starch-granule sizes of local potato cultivars in Bangladesh. *Acta Horticulturae*. 2021. no. 1326. pp. 239–246. doi: 10.17660/ActaHortic.2021.1326.32
- 16 Zhao F., Jing L., Wang D. et al. Grain and starch granule morphology in superior and inferior kernels of maize in response to nitrogen. *Scientific reports*. 2018. no. 8(1). pp. 6343. doi: 10.1038/s41598-018-23977
- 17 Lindeboom N., Chang P.R., Tyler R.T. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. *Starch-starke*. 2004. vol. 56. pp. 89–99. doi: 10.1002/star.200300218

18 Mizinov M.G., Cherepanova N.G., Agarkova A.A. Change in the structure of corn starch in the composition of a meat product during heat treatment. Scientific and practical achievements of young scientists as the basis for the development of the agro-industrial complex in conditions of intensified production and technogenic pressure: materials of the National Student Scientific and Practical Conference, Ryazan, March 15, 2023. Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva, 2023. pp. 196–203. (in Russian).

19 Khvylya S.I., Pchelkina V.A. Histological features of starches and their identification in meat products. Meat technologies. 2011. no. 11(107). pp. 46–49. (in Russian).

20 Pchelkina V.A., Khvylya S.I. Microstructure of starch and features of its detection in meat products. Deep processing of grain for the production of starch, its modifications and sugar products. Trends in the development of production and consumption: proceedings of the International Scientific and Practical Conference: to the 80th anniversary of the All-Russian Research Institute of Starch Products of the Russian Agricultural Academy. LLC "NIPCTs Voskhod-A", 2013. pp. 233–237. (in Russian).

21 Taufique T., Nishizawa T., Roy T.S., Meiko K. et al. Histological and physiological changes of potato starch derived from seed and TPS (true potato seed) grown tubers under different cold storage duration. Advances in Horticultural Science. 2021. no. 35(4). pp. 371–381. doi: 10.36253/ahsc 11517

Сведения об авторах

Надежда Г. Черепанова старший преподаватель, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, ncherepanova@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7484-9021>

Елена А. Просекова к.б.н., доцент, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, proseka2004@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1819-0618>

Анна Э. Семак к.с.-х.н., доцент, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, semakq@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1986-4284>

Марк Г. Мизин студент, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, mizmarkus@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0002-6590-0969>

Алиса А. Агаркова аспирант кафедры частной зоотехнии, кафедра частной зоотехнии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, agarkova-vasilisa@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0003-2696-2320>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezda G. Cherepanova senior lecturer, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation, ncherepanova@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7484-9021>

Elena A. Prosekov Cand. Sci. (Biol.), associate professor, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation, proseka2004@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1819-0618>

Anna E. Semak Cand. Sci. (Agric.), associate professor, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation, semakq@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1986-4284>

Mark G. Mizinov student, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation, mizmarkus@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0002-6590-0969>

Alisa A. Agarkova graduate student in the department of special animal husbandry, special animal husbandry department, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation, agarkova-vasilisa@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0003-2696-2320>

Contribution

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/07/2023	После редакции 03/08/2023	Принята в печать 28/08/2023
Received 10/07/2023	Accepted in revised 03/08/2023	Accepted 28/08/2023