

УДК 633.15:665.333.4

ББК 42.112

Ш-169

**Шаззо Адам Асланович**, аспирант кафедры технологии жиров, косметики и экспертизы товаров института пищевой и перерабатывающей промышленности Кубанского государственного технологического университета, т.: 8(861)253-67-60, e-mail: [krns@mail.ru](mailto:krns@mail.ru);

**Бутина Елена Александровна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики и экспертизы товаров института пищевой и перерабатывающей промышленности Кубанского государственного технологического университета, т.: 8(861)253-67-60, e-mail: [krns@mail.ru](mailto:krns@mail.ru);

**Герасименко Евгений Олегович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики и экспертизы товаров института пищевой и перерабатывающей промышленности Кубанского государственного технологического университета, т.: 8(861)253-67-60, e-mail: [krns@mail.ru](mailto:krns@mail.ru).

### СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

(рецензирована)

Объектами исследования являлись зерна кукурузы.

Цель исследования – изучение существующих и перспективных технологий комплексной переработки зерна кукурузы.

Ключевые слова: химический состав, физиологическая ценность зерна кукурузы, отделение кукурузных зародышей от зерна, получение кукурузного масла.

**Shazzo Adam Aslanovich**, post graduate of the Department of Technology of Fats, Cosmetics and Expertise of the Institute of Food and Processing Industry, Kuban State Technological University, tel.: 8(861)253-67-60, e-mail: [krns@mail.ru](mailto:krns@mail.ru);

**Butina Elena Alexandrovna**, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics and Expertise of the Institute of Food and Processing Industry, Kuban State Technological University, tel.: 8 (861) 2536760, e-mail: [krns@mail.ru](mailto:krns@mail.ru);

**Gerasimenko Eugene Olegovich**, Doctor Of Technical Sciences, professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics and Expertise of the Institute of Food and Processing Industry, Kuban State Technological University, tel.: 8 (861) 2536760, e-mail: [krns@mail.ru](mailto:krns@mail.ru);

### EXISTING AND PROSPECTIVE TRENDS OF COMPLEX CORN SEED PROCESSING

The object of the study has been corn seeds. The objective has been to study existing and prospective technologies of complex corn seed processing.

Keywords: chemical composition, physiological value of corn seeds, obtaining corn seed oil.

В товарном производстве зерно кукурузы имеет большое значение, так как оно является исходным сырьем для получения более 150 продовольственных и технических товаров.

Зерно кукурузы используют для производства крупы, муки, кукурузных хлопьев, крахмала, патоки, спирта и т.д.

Из зародыша кукурузного зерна вырабатывают полноценное пищевое масло.

Стержни початков кукурузы служат сырьем для получения фурфурола, лигнина, целлюлозы и других продуктов.

В мировом производстве кукуруза используется в следующих соотношениях: на продовольственные цели 20-25 %, на фураж – 55-65 % и на технические цели 15-20 %.

В таблице приведен химический состав отдельных частей зерна кукурузы [1].

Таблица - Химический состав отдельных частей зерна кукурузы

Зерно и его части	в % к целому зерну	Массовая доля, %				
		белка	липидов	крахмала	клетчатки	зола
<b>Зерно</b>	–	10,0 – 14,0	4,0 – 8,0	60,0 – 72,0	1,5 – 2,5	1,0 – 2,0
Эндосперм	81,9	7,0 – 11,2	0,6 – 0,8	77,0 – 86,0	2,4 – 2,5	0,3 – 0,8
Зародыш	11,9	14,0 – 26,0	17,0 – 57,0	1,5 – 5,5	2,4 – 5,2	7,0 – 10,0
Оболочка	5,3	3,0 – 4,0	1,0 – 2,0	5,0 – 7,3	0,3 – 1,0	0,5 – 0,8

В России наибольшее распространение имеют два подвида кукурузы: зубовидная (крупное зерно удлиненной формы) и кремнистая (зерновка округлая) [1].

Одним из важных продовольственных продуктов, получаемых из зерна кукурузы, является крупа различного ассортимента и назначения.

Кукурузная крупа является источником растительного белка, углеводов и энергии при одновременно низком содержании жиров. В кукурузной крупе также содержится большое количество крахмала (больше только в рисе), сахаров, клетчатки и витамина Е. Лучшей считается крупа янтарного цвета, однородная по размеру крупинок, без постороннего (кислого, затхлого и плесневелого) запаха с влажностью – не более 15%.

Наиболее широкое применение кукурузная крупа нашла на рынке изготовления сухих завтраков и кукурузных палочек. Экструзионная технология переработки кукурузной крупы позволяет получать широкую гамму продукции, полностью готовой к употреблению, например, готовые сухие завтраки или кукурузные палочки. Качество этой продукции напрямую зависит от качества зерна и его помола.

Кукурузная крупа незаменима в лечебном и детском питании. Отсутствие в кукурузной крупе (в отличие от злаков) белковой фракции глиадина позволяет использовать ее для приготовления специализированного биоспецифического питания для больных людей, страдающих ферментативной патологией кишечника.

Наличие в кукурузе витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, кальция, магния, фосфора и железа, а также микроэлементов меди и никеля позволяет рекомендовать изделия из кукурузы в качестве отдельного продукта или в сочетании с другими людям, имеющим заболевания крови, аллергию, сахарный диабет, ожирение и другие формы нарушения обмена веществ, патологию желудочно-кишечного тракта [2].

Ассортимент кукурузной крупы, вырабатываемой по существующим технологиям, включает крупу шлифованную пятиномерную, крупу крупную для производства хлопьев и крупу мелкую для производства кукурузных палочек.

Крупа кукурузная шлифованная представляет собой дробленые частицы ядра кукурузы различной формы, без плодовых оболочек и зародыша, зашлифованные с закругленными гранями [3].

Кукурузная крупа крупная для производства хлопьев – это дробленые частицы ядра кукурузы различной формы без плодовых оболочек и зародыша, с острыми гранями, что свидетельствует об отсутствии процесса шлифования в технологии [3].

Кукурузная крупа мелкая для производства палочек – это дробленые частицы ядра кукурузы различной формы, с острыми гранями, без плодовых оболочек и зародыш [3].

Существующие технологические способы переработки кукурузы в крупу и муку «сухим» способом можно разделить на европейский и американский.

Первый состоит в том, что зерно кукурузы постепенно измельчают на вальцовых станках. В процессе сортирования продуктов измельчения на отсевах и обогащения их на ситовейках выделяют зародышевый продукт и оболочки (отруби). В качестве готовой продукции получают муку, крупу и мучку (кормовой продукт).

Итальянская фирма «Окрим» усовершенствовала этот способ, введя предварительное дробление зерна на горизонтальной бичевой машине специальной конструкции. При этом зародышевый продукт выделяют из дробленого зерна на горизонтальной бичевой машине специальной конструкции. При этом зародышевый продукт выделяют из дробленого зерна на пневмосортировальных столах так, что на вальцовые станки для размола в муку поступает крупа с низким содержанием жира, что в некоторой степени упрощает размольный процесс. Подготовка зерна к помолу также упрощена и состоит в очистке его от посторонних примесей [1].

При американском способе переработки кукурузы значительное внимание уделяется подготовке зерна, причем, наряду с тщательной очисткой, его обязательно подвергают гидротермической обработке. Кукурузу увлажняют (1-3 раза) или же моют, а иногда пропаривают и отволаживают. В схему могут быть включены кондиционеры. Также возможно проведение гидротермической обработки под вакуумом. В результате на выходе из подготовительного отделения влажность зерна соответствует 20-22%.

До поступления на вальцовые станки зерно подвергают предварительному дроблению на дежерминаторе. Зародыш также, как и по способу фирмы «Окрим» выделяют сразу же из дробленого продукта, в результате в поступающей на вальцовые станки крупе содержание жира практически равно содержанию его в эндосперме зерна – от 1,0 до 1,3 %. Для обеспечения лучших условий дробления крупу подвергают промежуточной сушке для снижения влажности с 20 до 15 % с последующим охлаждением [1].

В некоторых случаях по американской технологии отбор зародыша проводят в процессе размола зерна на вальцовых станках, используя для этого отсева и ситовейки. Как правило, зародыш

получается целым, ровным по крупности, но повышенной влажности, что затрудняет хранение и приводит к быстрому развитию процессов гидролитической порчи и повышению его кислотности. Отобранный зародышевый продукт используют в дальнейшем для получения кукурузного масла [1].

В целом, проведенный анализ существующих технологий переработки зерна кукурузы показал, что ни одно из имеющихся технологических решений не обеспечивает сохранение целостности отделяемых зародышей зерна кукурузы. Вследствие высокого содержания физиологически активных компонентов в зародыше, при нарушении его целостности происходят многочисленные химические реакции ферментативного гидролиза, окисления липидов и другие, обуславливающие потерю нативных свойств и существенное снижение качества, как зародыша, так и отделенного зерна, содержащего зародыш в виде примеси.

Учитывая высокую физиологическую ценность кукурузной крупы, в настоящее время возрастает актуальность разработки технологии получения кукурузной крупы повышенной физиологической ценности, предусматривающей выделение зародыша в нативном виде.

Кукуруза является сырьем не только для получения кукурузной крупы и крахмалсодержащих продуктов, но также одним из ценных продуктов ее переработки является кукурузное масло.

Кукурузное масло получают из зародышей зерновок кукурузы, ботаническая масличность которых составляет от 32 до 37% [4]. Доля зародыша в среднем составляет от 3,1 до 5,7% от массы зерна, однако может достигать 15%. Содержание жира в зерне колеблется в зависимости от сорта кукурузы от 3,2% до 6,4% и в среднем составляет 4,9% [5]. Наибольшее количество жира сосредоточено в зародыше и наименьшее – в эндосперме, подавляющая часть которого состоит из крахмала.

В зародыше сосредоточены энергетические и биологически ценные вещества, необходимые для жизнедеятельности ростка и будущего молодого растения, что определяет высокую физиологическую ценность, так называемых, зародышевых масел [6-8]. Среди физиологически активных веществ зародышей зерна кукурузы присутствуют полиненасыщенные жирные кислоты, токоферолы, фитин, лецитин, нуклеин, провитамин Д,  $\beta$ -каротин, витамин К, тиамин, ниацин, рибофлавин, пантотеновая, фолиевая и глютаминовая кислоты и др. [4, 9, 10].

Кукурузные зародыши выделяют в качестве побочного продукта при переработке кукурузного зерна в мукомольно-крупяном, пищевом концентратном и крахмало-паточном производствах. Необходимость максимального отделения зародыша обусловлена высокой реакционной активностью и лабильностью содержащихся в нем соединений, следствием чего, например, является высокая окисляемость и гидролизуемость липидного комплекса. Это, в свою очередь, обуславливает снижение качества получаемых муки, круп и крахмалопродуктов [4].

Ресурсы кукурузного масла в Российской Федерации, как и во всем мире, незначительны [6, 14]. Несмотря на это, следует учитывать тот факт, что кукурузное масло является побочным продуктом переработки кукурузы – злака, занимающего по распространенности 3 место в мире после пшеницы и риса [7, 8].

По составу жирных кислот его триацилглицеринов (ТАГ) и физико-химическим свойствам оно близко к таким растительным маслам, как подсолнечное, хлопковое, маковое, кунжутное, арахисовое, соевое и др. [11].

Выход и состав кукурузного масла во многом определяется способом выделения зародыша.

В промышленности отделение кукурузных зародышей от зерна осуществляется двумя способами: сухим, применяемым на мельнично-крупяных и пищевом концентратных предприятиях, и мокрым, распространенным на крахмалопаточных заводах. Существуют различные технологические схемы сухого отделения зародыша. Чаще всего применяется схема с использованием зародышеотделительной мельницы – дежерминатора.

По этой схеме предварительно замоченное и доведенное до 20-22% влажности кукурузное зерно обрабатывается на дежерминаторах с целью дробления и освобождения зародыша, на различных сушильных, сортирующих и очистительных устройствах, с помощью которых достигается обогащение зародыша, то есть максимально возможное удаление крахмалосодержащих частей эндоспермы от массы отбитого зародыша.

Кроме этой схемы, существует схема, где основным оборудованием для отделения зародыша и получения крупы являются дробилки, мельничные отсеивы, аспирационные камеры и пневматические столы. Существуют также схемы с применением обочных и щеточных машин с абразивными цилиндрами.

Кроме того, имеет место схема, в которой отделение зародыша осуществляется с помощью дробилок, работающих по ударному принципу, и вальцовых станков с нарезными валками.

При сухом способе остаточное количество в зародышах крахмалосодержащей эндоспермы определяется конструктивными особенностями машин, отделяющих зародыш от зерна, а также тех-

нологией дальнейшей сортировки и очистки полученного «отбоя» зародыша. Так, при наличии в технологической линии дежерминаторов, содержание крахмала в полученном зародыше не превышает 25-26% при масличности 25-30%; при отделении зародыша на вальцах содержание крахмала в нем, как правило, до 30% при значительно меньшей масличности (17-18%).

В последнее время предложен ряд усовершенствований в конструкции и работе вальцев, а также улучшена дальнейшая очистка зародыша, что позволяет получать с помощью вальцовок зародыш такого же состава и качества как на дежерминаторных установках.

В целом, сухой метод отделения зародыша, используемый при производстве кукурузных муки и крупы, обуславливает получение масел, характеризующихся низким содержанием продуктов окисления, свободных жирных кислот и других нежелательных продуктов химических превращений. Такие масла отличаются повышенной стабильностью к окислительной порче, однако, их выход сравнительно невелик и составляет 18-20% от массы зародыша [12].

Мокрый способ заключается в длительном замачивании зерна в течение 36-50 ч в теплом (48-50°C) водном 0,2%-ном растворе сернистой кислоты с последующей обработкой зерна на дисковых дробилках и разделении полученной «кашки» на гидроциклонах или на сепараторах флотационного типа, где зародыш отделяется от общей массы частичек крахмалистой эндоспермы. Отделенные зародыши подвергают трехкратной отмывке от оставшегося в них в небольших количествах крахмала, после чего из массы зародышей удаляют влагу; сначала на шнековых прессах, а затем на непрерывнодействующих барабанных или паровых сушилках, в том числе и вакуум-сушилках.

Такой способ обработки зародышей обуславливает повышение удельного содержания масла до 40-50% за счет снижения содержания водорастворимых белков, углеводов, минеральных и других веществ [4]. Именно мокрый способ производства в настоящее время получил наибольшее распространение.

Технология крахмально-паточного производства предусматривает мокрый способ отделения зародыша от крахмалистых веществ. При этом способе обработки увеличивается содержание масла в зародыше до 40-50% за счет снижения содержания водорастворимых белков, углеводов, минеральных и других веществ [4]. Следует отметить, что кукурузное масло, извлекаемое этим способом, характеризуется более низкой пищевой ценностью в результате интенсивного протекания ферментативных и гидролитических процессов, а также инактивации физиологически активных веществ [6, 12], прежде всего, фосфолипидов, которые в дальнейшем выделяются из нерафинированного кукурузного масла в качестве самостоятельного продукта [6, 12]. Кроме того, в результате интенсивной тепловой сушки зародышей в масла могут попадать продукты неполного сгорания, проявляющие канцерогенные свойства.

Технологические способы и схемы переработки кукурузных зародышей определяются их качеством и свойствами.

Масло, получаемое из зародыша мокрого способа выделения, пригодно в пищу только после рафинации и дезодорации. Это справедливо, как для прессового масла, даже полученного холодным отжимом, так и для экстракционного масла.

Масло из кукурузного зародыша можно получать путем холодного и горячего прессования. Отжим и фильтрация масла методом холодного прессования происходит при сравнительно низких температурах и без предварительного нагрева семян. Масло на фильтрацию поступает при температуре 30-40°C, в отличие от 80-90°C для горячего отжима. Масло холодного прессования имеет золотисто-желтый цвет, в отличие от темноокрашенного масла, полученного горячим прессованием [13].

Извлечение кукурузного масла из зародыша сухого способа выделения прессованием (особенно холодным отжимом) в промышленных масштабах – сложный и дорогой технологический процесс.

Масло холодного отжима из кукурузных зародышей, полученных сухим способом выделения, не требует рафинации и дезодорации, характеризуется светло-золотистым цветом, приятным запахом и нежным вкусом, свойственным молодой кукурузе. Оно богато ненасыщенными жирными кислотами и оказывает регулирующее действие на содержание липидов и холестерина, в том числе, проявляет антиатерогенное действие, препятствуя отложению холестерина на стенках кровеносных сосудов.

Кукурузное масло богато фосфолипидами – биологически активными веществами, входящими в состав клеточных мембран и регулирующими многие функции мозга. Нерафинированное кукурузное масло рекомендуют употреблять в пищу больным ожирением, сахарным диабетом, атеросклерозом, болезнями печени, больным с нарушениями липидного обмена или сочетанием нарушений липидного и углеводного обменов.

Наряду с традиционными способами получения кукурузного масла, разрабатываются и патентуются новые способы.

Один из современных способов получения кукурузного масла имеет следующие стадии: гидротермическая обработка цельного зерна кукурузы; дробление обработанного зерна; кондиционирование дробленого зерна и изготовление хлопьев из кондиционированного зерна; проведение экстракции хлопьевидной кукурузной массы с целью получения кукурузной муки и кукурузного масла. Содержание масла в цельном зерне кукурузы составляет 3-6%. Для отделения более легких частиц, образующихся в процессе обработки кукурузного зерна, от более тяжелых частиц над массой кукурузного материала пропускают поток газа, уносящего легкую фракцию. Для этой цели может быть использован воздух, азот или аргон. Вместо потока газа может быть использована струя воды, содержащая витамины, минеральные вещества, ферменты и их комбинации [14].

Большое количество исследований проведено в области получения кукурузного масла экстракционным методом.

Существуют методы извлечения кукурузного масла из измельченного сырья с использованием этанола в качестве экстрагента. Установлено, что оптимальными условиями процесса экстракции является соотношение экстрагента и сырья 4 мл/г, концентрация этанола 100%, время экстракции 30 мин. и температура 50°C. При соблюдении всех параметров выход масла составляет 3,3 г/100 кг кукурузы [15].

Известен также способ получения кукурузного масла из зерна или муки различных сортов кукурузы, основанный на экстракции масла из кукурузных хлопьев, содержащих 0,2-4 % масла, 10-20 % влаги, 2-8 % белка, 0-80 % крахмала, менее 800 ч/млн. фосфора, менее 0,5 % свободных жирных кислот и 3 % нейтральных масел. Экстракцию проводят при использовании в качестве растворителей гексана, этилового или изопропилового спирта при 60-65°C и получают продукт светло-желтого цвета [16].

С целью повышения выхода масла и фитостеролов проводятся исследования, касающиеся получения масла из клетчатки, полученной при влажном размоле зерна кукурузы. Масло из клетчатки кукурузы, содержащее фитостеролы, может быть хорошим источником липопротеинов, но его низкое содержание в продукте (1-3 %) делает сложной и дорогой его экстракцию. Предварительная обработка клетчатки разбавленной кислотой или глюкозидазами позволяет удалить нелипидные компоненты и получить обогащенные маслом фракции, легче поддающиеся экстракции. В результате разрушения и удаления нелипидных компонентов и крахмала концентрация масла в продукте перед экстракцией возрастает с 0,3 до 10,8 %, а общее содержание фитостеролов увеличивается с 19,8 до 1256,2 мг/100 г клетчатки в сравнении с необработанной клетчаткой [17].

В целом, проведенный анализ существующих технологий получения кукурузного масла показал, что актуальным остается поиск эффективных технологических решений, обуславливающих сохранение нативных свойств физиологически ценных веществ, находящихся в зародыше и извлекаемых из него.

**Литература:**

1. Егоров Г.А. Технология муки. Технология крупы: учеб. для студентов вузов. М.: КолосС, 2005. 304 с.
2. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.
3. Чеботарев О.Н., Шаззо А.Ю., Мартыненко Я.Ф. Технология муки, круп и комбикормов. М.; Ростов н/Д: МарТ, 2004. 688 с.
4. Бутина Е.А., Шаззо А. А., Корнена Е. П. Пищевая ценность и физиологическая активность кукурузных масел // Известия вузов. Пищевая технология. 2009. № 1. С. 16-18.
5. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. М.: Высшая школа, 1991. 288 с.
6. Corn Oil. Corn Refiners Association, Inc. Washington, D.C. 2006. 22 p.
7. Мартынова И.В., Милованов С.С. Опыт рафинации кукурузного масла в мировой практике // Масла и жиры. 2003. № 9. С.12-14.
8. Мартынова И.В., Милованов С.С. Опыт рафинации кукурузного масла в мировой практике // Масла и жиры. 2003. № 10. С. 1-2.
9. Новоселов С.Н. Использование кукурузы в пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2003. № 1. С. 54-55.
10. Состав сопутствующих веществ кукурузного масла при рафинации / В.К. Тимченко [и др.] // Пищевая промышленность. 1992. №5. с. 8.
11. Corn Part of Our Daily Lives. Corn Refiners Association Annual Report 2005 – Corn Refiners Association, Inc. Washington, D.C., 2005. 22 p.
12. The Future of Wet Milling. Corn Refiners Association Annual Report 2002. – Corn Refiners Association, Inc. Washington, D.C., 2002. 24 p.
13. Долина С.В. Фильтрация растительных масел холодного отжима // Масла и жиры. 2006. №5. С. 14-15.
14. Кукурузное масло и кукурузная мука и способ их получения: пат. 6723370 США, МПК<sup>7</sup> А 21 D 2/00 Cargill, Inc., Renessen LLC, Ulrich James, Jakel Neal T., Amore Francis, Beaver Michael J., Fox Eugene J., Adu-Peashah Patrick, Lohrmann Troy T. № 10/046856; заявл. 15.01.2002; опубл. 20.04.2004; НПК; 426/622. Англ.
15. Экстракция масла из измельченной кукурузы с использованием этанола. Kwiatkowski J., Cheryan M. (Department of food Science and Human Nutrit and Department of Agricultural Engineering, Agricultural Bioproc Laboratory, University of LLLinois, Urbana, LLLinois 61801). JAOCS. Amer. Oil Chem. Soc. 2002. 79, №8, p. 825-830. Библ. 18. Англ.
16. Способ получения кукурузного масла: пат. 6388110 США, МПК<sup>7</sup> С 11 В 1/00. Cargill, Inc., Ulrich James F., Anderson Stephan C. Purtle Ian, Seymour Gary. № 09/ 636481; заявл. 10.08.2000; опубл. 14.05.2002; НПК 554/13. Англ.
17. Предварительная обработка клетчатки, полученной при влажном размоле зерна кукурузы, с целью повышения выхода масла и фитостеролов. Singh Vijay, Johnston David B., Moreau Robert A., Hicks Kevin B., Dien Bruce S., Bothast R.J. Cereal Chem. 2003. 80, №2, p.118-122. Библ. 9. Англ.