

УДК 664.78:664.726.1

СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА ОТ ПРИМЕСЕЙ

Н.А. Шмалько^{1,*}, С.О. Смирнов²

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
технологический университет»,
350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

²ФГАНУ «Научно-исследовательский институт
хлебопекарной промышленности»,
107553, Россия, Москва, ул. Б. Черкизовская, 26А

*e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 17.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Статья посвящена вопросу разработки способа очистки зерна амаранта от примесей для его подготовки к размолу в муку пищевого назначения. Способ воздушно-ситовой очистки зерна амаранта учитывает крупность и содержание отдельных фракций, отличающихся по размеру, но не по цвету, что ухудшает качество продуктов размолы. В целях совершенствования указанного способа зерновую массу амаранта подвергали комплексной поэтапной очистке, включая проведение пневмокласификации и фотосепарирования. Объектом исследования явилась зерновая масса амаранта сортов «Ультра», «Харьковский», «Шунтук», «Лидер», «Валентина», «Факел», «Каракула» посевного качества с отклонениями от базисных кондиций по засоренности (т.е. степенью очистки от примесей не более 98,0 %) для поступления на мукомольное производство. Разделение зерновой массы амаранта на компоненты (зерно, коробочки, плодовые оболочки, семена дикорастущего амаранта (ширицы)) осуществляли на пневмокласификаторе с замкнутым циклом воздуха ЗЦВ по аэродинамическим свойствам, фотосепарирование зерновой массы амаранта производили на промышленном фотосепараторе ОПТИМА компании ООО «СиСорт (CSort TM)». Результаты исследований показывают, что проведение комплексной очистки зерна амаранта от примесей с внедрением фотосепарирования на участке вторичной очистки зерновой массы, калиброванной по размеру, перед проведением обработки ее поверхности позволит повысить качество зерна (при степени очистки более 99,8 %) с посевного до товарного, т.е. пригодного для переработки в муку пищевого назначения.

Ключевые слова. Зерно амаранта, пневмокласификация, фотосепарирование, мука пищевого назначения

METHOD FOR CLEANING AMARANTH SEEDS FROM IMPURITIES

N.A. Shmalko^{1,*}, S.O. Smirnov²

¹Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia

²Research Institute the baking industry,
26A, B. Cherkisovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

*e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Received: 17.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The article is devoted to the development of a method for cleaning of amaranth seeds from impurities to prepare them for grinding into food grade flour. The method of air-sieve cleaning amaranth grain takes into account the size and content of individual fractions that differ in size but not in color, which worsens the quality of the grinding products. In order to improve this process the amaranth grain has been subjected to a complex step-by-step cleaning, including pneumo classification and photo separation. The object of the study is the grain mass of "Ultra", "Har'kovskij", "Shuntuk", "Lider", "Valentin", "Fakel", "Karakula" amaranth varieties of seed quality with deviations from the baseline conditions of contamination (i.e., from impurities not more than 98.0%) for admission to flour production. Separation of grain mass of amaranth into the components: grain, boxes, fruit shells, and wild amaranth seeds has been carried out using a pneumatic classifier with a closed H3CB air cycle for aerodynamic properties. Photo separation of amaranth grain has been done using an industrial OPTIMA separator of the "SiSort (CSort TM)" company. The results show that complex cleaning of amaranth seeds from impurities with the introduction of photo separation at the secondary grain mass treatment section, calibrated to size before its surface processing allow us to improve grain quality (with a purification degree more than 99.8%) from inoculums to commercial, i.e. suitable for processing into food flour.

Keywords. Amaranth grain, pneumo classification, photo separation, food flour

Введение

На мукомольных предприятиях оперируют с различными зерновыми смесями и продуктами переработки зерна, имеющими различный видовой и

гранулометрический состав. Все эти смеси представляют собой сыпучие тела, состоящие из целых зерен или частей их и других органических и минеральных включений. Зерновые смеси, поступающие

для переработки в муку, состоят из зерна основной культуры и различных примесей. Примеси, засоряющие зерновые смеси, состоят из: сорной (в том числе минеральной и вредной), зерновой и металломагнитной примеси. Сильная засоренность зерна ухудшает мукомольные и хлебопекарные качества муки, придает хлебу неприятный вкус и темный цвет. Употребление зерновых продуктов питания, которые содержат в себе вредную примесь (куколь, спорынья, горчак и др.) более установленного стандартом качества, приводит к отравлению организма человека и животных. Принципиальная схема технологического процесса переработки зерна на мельничных предприятиях включает участок первичной очистки зерновой смеси при приеме для распределения и хранения, а также участок вторичной очистки зерновой смеси от примесей и мелкого (щуплого) зерна перед проведением обработки поверхности сырья [1].

В России согласно ГОСТ Р ИСО 5526-2015 [2] амарант классифицируют как продовольственную культуру, что обуславливает целесообразность проведения научных исследований с целью определения возможностей его использования в производстве пищевой продукции [3, 4]. Действующий на территории РФ стандарт ГОСТ 28636-90 «Семена малораспространенных кормовых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия» [5] распространяется на предназначенные для посева семена амаранта аргентинского (щирицы) *Amaranthus argentinica* L.: амаранта белого – *A. albus* L., амаранта индийского – *A. indica* L., амаранта кровавого (багряного, метельчатого) *A. cruentus* L. *Syn. A. paniculatus* L., амаранта мангостанового (трехцветного) – *A. mangostanus* L. *Syn. A. tricolor*.

В документе указаны технические требования по сортовой чистоте семян амаранта аргентинского (щирицы) и по видовой чистоте семян амаранта белого и кровавого, согласно которым посевной материал делят на три категории I, II, III по чистоте в процентах: 98,0; 95,0; 90,0 для амаранта аргентинского (щирицы), амаранта белого; 98,0; 92,0; 90,0 для амаранта кровавого (багряного, метельчатого). Содержание семян сорных растений в семенном материале при влажности 12,0 % в процентах регламентируется не более: 2,0 для амаранта аргентинского (щирицы), амаранта белого, амаранта кровавого (багряного, метельчатого); 1,0 для амаранта индийского, амаранта мангостанового (трехцветного).

Зерно амаранта с отклонениями от базисных кондиций по засоренности до поступления на мукомольное производство должно подвергаться соответствующей очистке и сортированию. Целью данной работы является разработка способа очистки зерна амаранта от примесей для переработки в муку пищевого назначения.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужила зерновая масса амаранта сортов «Ультра», «Харьковский», «Шунтук», «Лидер», «Валентина», «Факел», «Ка-

раула» посевного качества для определения состава примеси и способов ее удаления. Зерновую массу амаранта подвергали комплексной поэтапной очистке, включая проведение пневмокласификации и фотосепарирования. Разделение зерновой массы амаранта на компоненты (зерно, коробочки, плодовые оболочки, семена щирицы) осуществляли на пневмокласификаторе с замкнутым циклом воздуха ЗЦВ по аэродинамическим свойствам [6].

Скорость витания компонентов зерна определяли по формуле

$$V_B = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H_d}{\gamma}}, \quad (1)$$

где γ – удельный вес воздуха, кг/м³ (при атмосферном давлении 760 мм вод. ст. и температуре воздуха 20 °С; $\gamma = 1,20$ кг/м³); g – ускорение силы тяжести (9,81 м/с²); H_d – динамическое давление, мм вод. ст. После преобразования формулы при подстановке в нее значений постоянных величин она приобретает следующий вид

$$V_B = 4,04 \cdot \sqrt{H_d}. \quad (2)$$

Средневзвешенную скорость витания компонентов зерновой массы вычисляли по формуле

$$V_{\text{ср.вз}} = \frac{V_1 \cdot P_1 + V_2 \cdot P_2 + \dots + V_n \cdot P_n}{100} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot P_i}{100}, \quad (3)$$

где V_i – скорость воздуха, при которой происходит унос частиц i -той фракции, м/с; P_i – вес частиц i -той фракции, вынесенных в осадочную камеру при скорости V_i , в % к весу навески.

Средневзвешенную скорость витания каждой увлажненной фракции определяли по формуле

$$V_{\text{ср.вз}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot P_i}{V_n \cdot P_n}, \quad (4)$$

где V_i – скорость воздуха при i -той продувке, м/с; P_i – вес продукта, выделившегося в разгрузитель при i -той продувке, г.

Фотосепарирование зерновой массы амаранта было произведено на промышленном оборудовании [7] компании ООО «СиСорт (CSort ТМ)» (Россия: г. Барнаул, г. Краснодар).

Результаты и их обсуждение

В результате проведения экспериментов получены вариационные кривые скоростей витания компонентов зерновой массы (рис. 1) и рассчитаны средневзвешенные скорости их витания (табл. 1). Предварительное фракционирование зерновой массы амаранта по размеру частиц показало, что наибольшее распространение в ней (до 36,0 %) имеют зерновки размером 1,2 мм в диаметре. Вариационные кривые скоростей витания зерна сорта «Ультра», семян щирицы и щуплых зерен накладываются друг на друга, что свидетельствует о сложности разделения данных компонентов зерновой массы, используя только значения их скоростей витания.

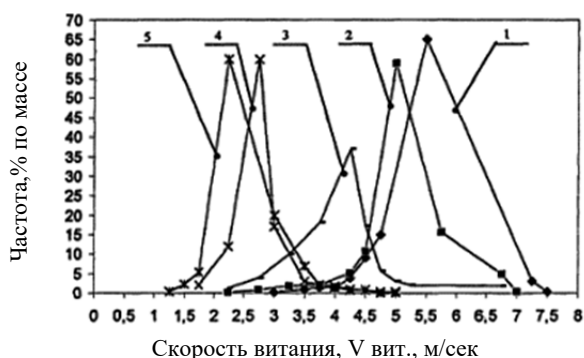


Рис. 1. Вариационные кривые скоростей витания компонентов зерновой массы амаранта [8]:

- 1 – зерно; 2 – семена щирицы; 3 – щуплые зерна;
4 – крупная органическая примесь;
5 – мелкая органическая примесь

Вариационные кривые скоростей витания крупной и мелкой органической примеси в зерновой массе амаранта сливаются между собой, но не с вариационными кривыми зерна, поэтому органическая примесь может быть выделена из зерновой массы амаранта при скорости воздушного потока от 2,2 до 3,0 м/с. При повышении скорости от 3,0 до 4,2 м/с удаляется фракция неполноценного зерна, т.е. пустого или заполненного эндоспермом лишь на четверть.

Вариационная кривая трудноотделяемой фракции семян щирицы накладывается на кривые основного зерна, щуплых зерен и органической примеси. При скорости воздушного потока 4,2 м/с отделяется до 11,0 % семян щирицы при незначительной потере основного зерна, поэтому рекомендуемая скорость воздушного потока при разделении компонентов зерновой массы принята 4,5 м/с.

Таблица 1

Средневзвешенная скорость витания компонентов зерновой массы амаранта

Наименование компонентов	Сорт «Ультра»		Сорт «Харьковский»	
	Влажность, %	Средневзвешенная скорость, м/с	Влажность, %	Средневзвешенная скорость, м/с
Зерно амаранта	10,0	5,5	10,2	5,1
Семена щирицы	10,5	5,0	–	–
Щуплые зерна	9,6	4,2	10,0	3,9
Крупная органическая примесь	12,0	2,7	12,2	2,8
Мелкая органическая примесь	10,3	2,3	10,5	2,0

Определяющим фактором процесса сортирования зерновой массы является влагосодержание компонентов ее состава. Проведен анализ влияния влажности семян щирицы, органической примеси и щуплого зерна амаранта на изменение средней скорости их витания, для чего предварительно произ-

водили калибровку компонентов по ширине и толщине (табл. 2). С увеличением влажности всех компонентов зерновой массы амаранта их средневзвешенные скорости витания повышаются: в наибольшей степени фракции основного зерна, в наименьшей – у коробочек.

Таблица 2

Средневзвешенная скорость витания увлажненных компонентов зерновой массы амаранта

Сорт «Ультра»						Сорт «Харьковский»					
Зерно		Щуплые зерна		Органическая примесь		Зерно		Щуплые зерна		Органическая примесь	
W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с
8	5,5	8	4,2	8	2,7	8	5,1	8	3,9	8	2,8
10	5,6	10	4,2	10	2,7	10	5,2	10	4,1	10	2,8
12	5,7	12	4,4	12	2,7	12	5,5	12	4,2	12	2,8
14	5,8	14	4,5	14	2,8	14	5,7	14	4,4	14	2,9
16	6,0	16	4,7	16	2,9	16	5,8	16	4,5	16	3,1
18	6,2	18	4,9	18	3,0	18	6,0	18	4,7	18	3,2
20	6,4	20	5,0	20	3,1	20	6,2	20	4,9	20	3,3
22	6,7	22	5,2	22	3,2	22	6,4	22	5,0	22	3,4
24	7,0	24	5,4	24	3,3	24	6,7	24	5,2	24	3,5
26	7,2	26	5,5	26	3,4	26	7,0	26	5,4	26	3,6
28	7,5	28	5,5	28	3,5	28	7,2	28	5,5	28	3,6
30	7,5	30	5,5	30	3,5	30	7,2	30	5,5	30	3,6

С.О. Смирновым предложена классификация вредной, сорной и зерновой примесей зерновой массы амаранта. К вредной примеси относятся спорынья, головня, угрица, вязель разноцветный, горчак розовый, горчак-софора, мышатник, плевел опьяняющий, гелиотроп опушенноплодный и три-

ходесма инканум (седую), содержащие горькие ядовитые вещества для человека и животных. Характеристика вредных примесей, а также семян и плодов дикорастущих растений, наиболее часто встречающихся в партиях зерна амаранта, приведена в табл. 3.

Характеристика вредной примеси зерновой массы амаранта

Культура и сорняки	Содержание в смеси, %	Скорость витания, м/с	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
Амарант	92,3	от 3,5 до 7,5	0,5 ÷ 1,3	0,6 ÷ 1,7	0,7 ÷ 2,0
Горчак розовый	0,4	от 3,5 до 7,5	0,7 ÷ 1,4	1,4 ÷ 2,5	2,0 ÷ 3,5
Гречишка вьюнковая	0,7	от 5,0 до 8,1	1,0 ÷ 2,0	1,8 ÷ 2,6	1,8 ÷ 2,8
Лебеда	0,5	от 2,0 до 7,0	0,5 ÷ 1,4	0,7 ÷ 1,5	0,9 ÷ 1,6
Пикульник	0,1	от 2,5 до 6,5	0,7 ÷ 1,3	1,2 ÷ 2,0	1,2 ÷ 2,5
Повилика	0,2	от 2,5 до 6,5	0,4 ÷ 1,1	0,6 ÷ 1,1	0,8 ÷ 1,3
Подмаренник цепкий	0,6	от 2,5 до 6,5	0,6 ÷ 1,2	0,6 ÷ 1,8	1,3 ÷ 2,3
Сурепка	1,0	от 6,0 до 10,0	0,9 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,6	0,9 ÷ 1,9
Черноголовка	1,0	от 2,0 до 6,0	0,5 ÷ 0,9	0,8 ÷ 1,4	1,2 ÷ 2,3
Щетинник сизый	0,9	от 4,0 до 7,0	0,5 ÷ 1,2	1,0 ÷ 1,6	1,9 ÷ 2,7
Щирица	2,0	от 3,0 до 7,0	0,5 ÷ 1,1	0,6 ÷ 1,5	0,5 ÷ 1,7
Ярутка	0,3	от 2,5 до 6,0	0,6 ÷ 1,0	1,1 ÷ 1,6	1,3 ÷ 2,3

Сорная примесь, в т.ч. минеральная, содержит частицы почвы, гальки, песка, вносимые в зерновую массу амаранта при уборке урожая, при перевозке сырья в загрязненных транспортных средствах и нарушении санитарных норм хранения на складе. Органическая примесь обусловлена содержанием в зерновой массе растительных остатков амаранта (частиц стебля, стержня, колоса, остей и цветочных пленок), покрытых пылью и зараженными болезнетворными микроорганизмами.

Очистка зерновой массы амаранта от сорной и органической примеси из зерновой массы амаранта должна производиться путем просеивания сыпучей смеси через металлотканое сито с диаметром отверстий 0,67 мм [9]. Проход такого сита содержит частицы сорной и минеральной примесей, в т.ч. семена культурных и дикорастущих растений, не отнесенных к зерновой примеси. Зерна основной культуры с испорченным ядром (эндоспермом), загнившие, заплесневевшие, обуглившиеся, поджаренные вследствие их порчи относят к сорной примеси. Внешним признаком порчи зерна является измененный цвет оболочек, при разрезе которого отмечается испорченный зародыш бурого, буро-коричневого, темно-коричневого или черного цвета.

К зерновой примеси амаранта относят зерна основной культуры, изъеденные вредителями, битые, давленные, проросшие, поврежденные самосогреванием или сушкой, шуплые и недозрелые.

Для разработки способа очистки зерновой массы амаранта от примесей произведен ситовой анализ с целью определения крупности фракций в сыпучей массе для деления зерновок по ширине. Образец исследуемой сыпучей смеси пропускали через набор сит, отверстия которых (в мм) постепенно уменьшаются: 1,60; 1,40; 1,20; 1,00; 0,85; 0,67; 0,56 (размеры отверстий сит указаны в соответствии с требованиями нормативных документов: ТУ 14-4-1374-86 «Сетки тканые для мукомольной промышленности», ТУ 17 РСФСР 62-10849-84 «Ситовые ткани из импортных моноплетей») [10].

Зерновая масса амаранта как объект дисперсионного анализа при делении на фракции по крупности (ширине зерновки) подчиняется нормальному закону распределения (рис. 2), где наибольшая вероятность значений показателя крупности распо-

лагается в области от 0,85 до 1,20 мм. Необходимым условием для фракционного разделения зерновой массы амаранта по крупности является наличие в наборе сит металлотканого сита с отверстиями ячеек размером 1,0 мм, сходом которого является ее большая часть: для фракции крупного зерна – более 40,0 %, мелкого зерна – менее 20,0 %, средней по крупности – от 20,0 % до 40,0 %.



Рис. 2. Полигоны распределения образцов зерновой массы амаранта по ширине зерновки, сгруппированных по сортам: 1 – «Ультра», 2 – «Лидер», 3 – «Шунтук», 4 – «Харьковский», 5 – «Валентина», 6 – «Факел»

Вместе с тем, в числе сорной примеси зерновой массы амаранта должна учитываться фракция «весь проход через сито с отверстиями размером 0,67 мм». К зерновой примеси относят «целые и битые зерна амаранта, прошедшие через сито с отверстиями 0,80 мм» и оставшиеся на сите с размерами ячеек 0,67 мм. В партиях зерновой массы амаранта средней и мелкой по крупности следует учитывать проход через сито с размерами ячеек 0,67 мм, в партиях крупного зерна в составе сорной примеси – через сито с размерами 0,85 мм, поэтому содержание фракции мелкого зерна в таком проходе составляет не более 0,5 %. В составе фракции, относимой к органической примеси, следует учитывать для крупного зерна весь сход сита с размерами отверстий ячеек 1,4 мм, а для зерна средней крупности и мелкого – сход сита с размерами отверстий ячеек 1,2 мм.

Ситовой анализ промышленных партий зерна амаранта показывает, что сход сита с размерами отверстий 0,85 мм составляет от 93,5 до 99,8 %. Проход через сито с размерами ячеек 0,67 мм со-

держит выполненное зерно не более 0,02 %, а фракция 0,85/0,67 мм – 0,38 %, при этом такое малое зерно в количестве от 0,45 до 0,70 % имеет удлиненную форму или является шуплым, недоразвитым «остряком» и является непригодным.

На основании вышеуказанных положений специалистами ВНИИЗ предложена технологическая линия подготовки зерновой массы амаранта к помолу в муку (рис. 3) производительностью до 1000 кг/ч (1500 т/год) с использованием серийно выпускаемого отечественного оборудования. В результате пнев-

моклассификации зерновой массы амаранта предложено ее разделять на крупную, среднюю и мелкую фракции, полученные сходами на наборе сит с отверстиями размером, мм: 1,2 – крупная; 0,85 – средняя; 0,67 – мелкая. Зерно амаранта считается выровненным, если количество зерен крупной и средней фракции в зерновой массе составляет не менее 80,0 %. Наличие прохода через сито с отверстиями 0,67 мм указывает на содержание в зерновой массе неполноценных (шуплых, недоразвитых) зерен с большим количеством оболочек [8].

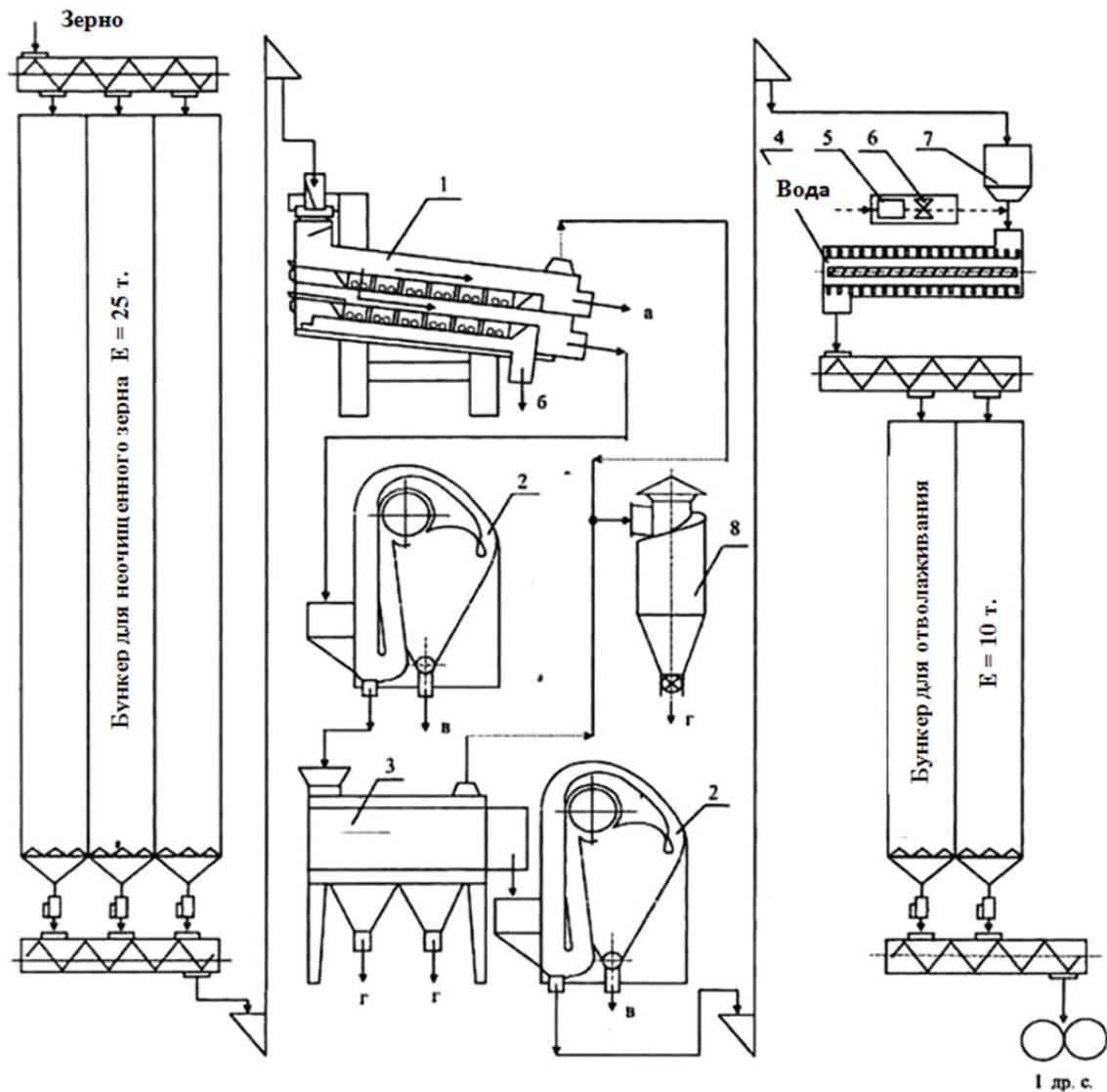


Рис. 3. Технологическая схема подготовки зерна амаранта к помолу в муку:

- 1 – сепаратор вибрационный СПВ-06; 2 – пневмосепарирующее устройство УПС-06; 3 – обоючная машина СИГ-3010; 4 – увлажнительная машина БМК; 5, 7 – расходомеры воды и зерна, соответственно; 6 – регулирующий орган; 3 – циклон-осадитель; а – крупные примеси, б – мелкие примеси, в – аспирационные отсосы, г – отходы

Однако предложенный способ сепарирования зерна амаранта допускает только частичное удаление зерновой примеси [6], в т.ч. с испорченным зародышем, делая не пригодной зерновую массу для производства муки пищевого назначения. В таком случае целесообразным является проведение дополнительного сепарирования зерна амаранта по цвету, производимого с помощью фотоэлектронно-

го сепаратора, что доказано ранее на примере фракционирования поврежденного зерна пшеницы [11] и загрязненной гречневой крупы [12].

В 2007 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ был внесен сорт амаранта «Каракула», созданный селекционером В.В. Чумаковой в Ставропольском НИИСХ. Он относится к белосемянной форме, перспективен для использо-

вания в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [4]. Для придания товарного качества посевному зерну амаранта сорта «Каракула», переданного на апробацию в ФГБОУ ВО «КубГТУ», Н.А. Шмалько предлагает в вышеуказанной технологической схеме подготовки зерна амаранта к помолу (рис. 3) перед проведением обработки поверхности сырья в обочечной машине дополнительно устанавливать промышленный фотосепаратор (рис. 4).



Рис. 4. Схема работы промышленного фотосепаратора

Принцип действия сепаратора по цвету следующий: сортируемый продукт подается в загрузочный бункер (1), далее продвигается по вибротолку (2) и попадает в наклонные лотки (3), в конце которых просматривается CCD камерами (4), смонтированными в передней и задней части лотков. Переданные оптической системой сигналы обрабатываются компьютерной системой контроля, после чего в пневматическую систему (5) поступает команда по отделению негодного продукта от общей массы годного продукта, продолжающего свое движение по основному патрубку (6). Негодный продукт под воздействием сжатого воздуха, выдуваемого соответствующим эжектором, меняет свое направление и попадает в патрубок для отхода, находящийся в передней части аппарата (7). В моделях с автоматической повторной сортировкой, отход или отсортированный годный продукт отправляется в один из лотков фотосепаратора, где он снова подвергается вышеописанному процессу сортировки [7].

Очистка зерна амаранта от примесей на промышленном фотосепараторе PIXEL ООО «СиСорт (CSort TM)» (Россия, г. Барнаул) с производительностью по сырью 450 кг/ч может выполняться в двух режимах: до посевного и товарного качества (рис. 5, 6). Демонстрационный пример [7] показывает, что на этапе очистки зерна амаранта до по-

севного стандарта исходный продукт (рис. 5а) очищается от примесей на 98,9 % (рис. 5б), годный продукт – на 99,81 % при норме остатков отходов: годное/негодное 1:1,5. Масса негодного продукта (рис. 5в) составила 1,19 % от исходного продукта с содержанием сорной примеси 42,31 %.

В режиме очистки зерна амаранта до товарного качества исходным продуктом служил годный продукт, полученный при очистке до посевного стандарта (рис. 6а) с содержанием сорной примеси 99,81 %, годный продукт (3б) – до 99,81 % при содержании черноокрашенных зерен не более 20 шт. в кг. Норма остатков отходов: годное/негодное 1:7. Масса негодного продукта (рис. 6в) составила 0,64 % от исходного продукта с содержанием сорной примеси 13,59 %.

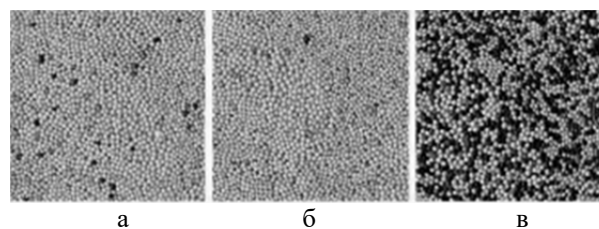


Рис. 5. Режим очистки зерна амаранта до посевного качества

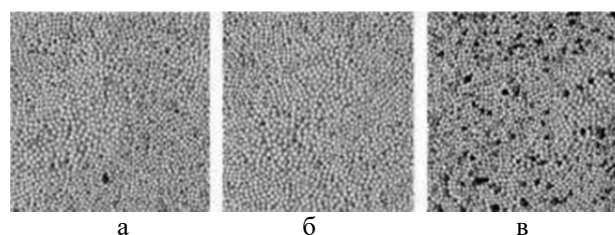


Рис. 6. Режим очистки зерна амаранта до товарного качества

Проведение очистки зерна амаранта сорта «Каракула» с посевным качеством I категории (сход сита с круглыми отверстиями 1,0 мм при предварительной калибровке составил 99,54 %) на фотосепараторе ОПТИМА ООО «СиСорт (CSort TM)» (Россия, г. Краснодар) с производительностью по сырью 450 кг/ч в указанных режимах позволило удалить не более 3,85 % отходов при возврате 17,95 % зерновой массы стандартной для посевного качества чистоты. Полагаем, что предложенный способ очистки зерна амаранта от примесей, предусматривающий проведение фотосепарирования сырья, позволит значительно улучшить товарное качество зерновой массы, предназначенной для переработки в муку пищевого назначения.

Список литературы

1. Технология переработки зерна (мукомольное, крупяное и комбикормовое производство) / Под ред. проф. Я.Н. Куприца. – М.: Колос, 1965. – 504 с.
2. ГОСТ ИСО 5526-2015 Зерновые, бобовые и другие продовольственные зерновые культуры. Номенклатура. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
3. Амарант – продовольственная культура (происхождение, систематика, морфология, физиология, интродукция, возделывание, химический состав, сушка, хранение, переработка, применение): монография / Р.У. Уажанова, Ю.Ф. Росляков, И.М. Жаркова, Н.А. Шмалько. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2016. – 348 с.

4. Журавель, Н.В. Зерновой амарант – перспективная культура / Н.В. Журавель, В.В. Чумакова, В.В. Мартиросян // Достижения науки и техники АПК, 2012. – № 10. – С. 71–72.
5. ГОСТ 28636-90 Семена малораспространенных кормовых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
6. Смирнов, С.О. Разработка технологии разделения зерна амаранта на анатомические части и получения из них нативных продуктов: дис. ... канд. техн. наук / С.О. Смирнов. – М., 2006. – 215 с.
7. Принцип работы фотосепаратора. Режим доступа: URL: <http://www.csort.ru/technology/> (на 20.06.2017).
8. Смирнов, С. Технология очистки зерна перед помолом / С. Смирнов // Хлебопродукты. – 2006. – № 2. – С. 50–52.
9. Кольтюгина, О.В. Технологическая модель подготовки амаранта для хранения / О.В. Кольтюгина, И.Ф. Костиков // Ползуновский вестник, 2012. – № 2/2. – С. 144–148.
10. Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаizzo, Я.Ф. Мартыненко. – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Изд. центр «МарТ», 2004. – 688 с.
11. Фракционирование зерна твердой пшеницы на электронном сепараторе Ф 5.1 / Р. Кандроков, В. Дулаев, А. Агеев, Е. Вакула // Хлебопродукты. – 2011. – № 8. – С. 48–49.
12. Пешков В. Фотосепаратор улучшает качество продукции / В. Пешков // Хлебопродукты. – 2011. – № 6. – С. 28–29.

References

1. Kuprits Ya.N. (ed.) *Tekhnologiya pererabotki zerna (mukomol'noe, krupyanoie i kombikormovoe proizvodstvo)* [Technology of grain processing (flour milling, groats and feed)]. Moscow: Kolos Publ., 1965. 504 p.
2. *GOST ISO 5526-2015. Zernovye, bobovye i drugie proizvodstvennye zernovye kul'tury. Nomenklatura* [State Standard ISO 5526-2015. Cereals, pulses and other food grains. Nomenclature]. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 28 p.
3. Uazhanova R.U., Roslyakov Yu.F., Zharkova I.M., Shmal'ko N.A. *Amarant – proizvodstvennaya kul'tura (proiskhozhdenie, sistematika, morfologiya, fiziologiya, introduktsiya, vozdeleyvanie, khimicheskii sostav, sushka, khranenie, pererabotka, primeneniye)* [Amaranth is a food crop (origin, systematics, morphology, physiology, introduction, cultivation, chemical composition, drying, storage, processing, use)]. Krasnodar: KubGTU Publ., 2016. 348 p.
4. Zhuravel' N.V., Chumakova V.V., Martirosyan V.V. Zernovoy amaranat – perspektivnaya kul'tura. [Grain amaranth is a promising culture]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2012, no. 10, pp. 71–72.
5. *GOST 28636-90. Semena malorasprostranennykh kormovykh kul'tur. Sortovye i posevnye kachestva. Tekhnicheskie usloviya.* [State Standard 28636-90. Seeds of little-spread forage crops. Varietal and sowing characteristics. Specifications]. Moscow: Standartinform Publ., 2009. 12 p.
6. Smirnov S.O. *Razrabotka tekhnologii razdeleniya zerna amaranta na anatomicheskie chasti i polucheniya iz nikh nativnykh produktov. Diss. kand. tekhn. nauk.* [Development of technology for separation of grain amaranth on the anatomical parts and of obtaining from them native products. Cand. eng. sci. thesis]. Moscow, 2006. 215 p.
7. *Printsip raboty fotoseparatora* [Working principle of foto separator]. Available at: <http://www.csort.ru/technology/> (accessed 20 June 2017).
8. Smirnov S. *Tekhnologiya ochistki zerna pered pomolom* [Technology of cleaning of grain before milling]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2006, no. 2, pp. 50–52.
9. Kol'tyugina O.V., Kostikov I.F. *Tekhnologicheskaya model' podgotovki amaranta dlya khraneniya* [Technological model of preparation of amaranth storage]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunov Bulletin], 2012, no. 2/2, pp. 144–148.
10. Chebotarev O.N., Shazzo A.Yu., Martynenko Ya.F. *Tekhnologiya muki, krupy i kombikormov* [The technology of flour, cereals and feed]. Moscow: IKTS «MarT» Publ., 2004. 688 p.
11. Kandrov R., Dulayev V., Ageev A., Vakula E. *Fraktsionirovaniye zerna tverdoy pshenitsy na elektronnom sепaratore F 5.1* [Fractionation of grains of hard wheat on the electronic separator f 5.1]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2011, no. 8, pp. 48–49.
12. Peshkov V. *Fotoseparator uluchshaet kachestvo produktov* [The foto separator improves the product quality]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2011, no. 6, pp. 28–29.

Дополнительная информация / Additional Information

Шмалько, Н.А. Способ очистки семян амаранта от примесей / Н.А. Шмалько, С.О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 114–120.

Shmal'ko N.A., Smirnov S.O. Method for cleaning amaranth seeds from impurities. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 114–120 (In Russ.).

© Шмалько Наталья Анатольевна

канд. техн. наук, доцент института пищевой и перерабатывающей промышленности, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (861) 255-15-98, e-mail: na.shmal'ko@yandex.ru

© Смирнов Станислав Олегович

заведующий отдела аспирантурой, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, Москва, ул. Б. Черкизовская, д. 26А, тел.: +7 (499) 161-42-74, e-mail: sts_76@bk.ru

© Natal'ya A. Shmal'ko

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Food Technology Institute, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (861) 255-15-98, e-mail: na.shmal'ko@yandex.ru

© Stanislav O. Smirnov

Head of the Department of postgraduate studies, Research Institute the baking industry, 26A, B. Cherkisovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (499) 161-42-74, e-mail: sts_76@bk.ru