

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

На правах рукописи

БЕЛОГРИЦЕНКО АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ

А. Белогриц

УДК 664.696.057.3

ТЕХНОЛОГИЯ И АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ
ВЗОРВАННЫХ ЗЕРЕН СОРГО ДЛЯ МАЛЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Специальность 05.18.12 – Процессы, машины и
агрегаты пищевой промышленности

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков - 1993



00814781 (Т)

Работа выполнена на кафедре
Харьковского института общественного

- Научный руководитель: академик Инженерной Академии Украины,
доктор технических наук, профессор
Коваленко В.И.
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Пахомов П.Л.
кандидат технических наук, доцент
Бакуридзе Т.А.
- Ведущая организация: Чугуевский опытно-экспериментальный
завод прецизионного оборудования

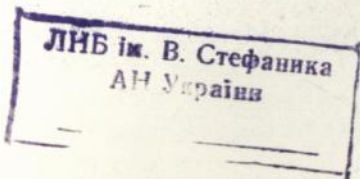
Защита состоится 25 июня 1993 г в 14 часов на заседании
специализированного Совета Д 131.07.01 в Харьковском институте
общественного питания по адресу: 310051, г.Харьков, ул.Клочков-
ская, 333.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковского
института общественного питания.

Автореферат разослан " 24 " мая 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
Академик Украинской Академии
Наук Национального Прогресса
кандидат технических наук,
доцент

А.И. ЧЕРЕКО



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Производство сухих завтраков из различных видов зернового сырья нашло широкое распространение во всем мире. В тоже время на Украине производство сухих завтраков значительно отстает от спроса. Во многом это объясняется отсутствием технологий и необходимого оборудования.

Одной из технологий, нашедшей широкое распространение в мире является технология получения взорванных (воздушных) зерен.

Взорванные зерна (кукурузы, риса, пшена и др.) являются продуктом готовым к употреблению в пищу. Их питательная ценность по сравнению с другими продуктами переработки повышается благодаря сохранению в готовом продукте зародыша зерна, содержащего ценные белки и непредельные жирные кислоты. Кроме того, продукты на основе взорванных зерен имеют повышенное содержание пищевых волокон, необходимых для организма человека. Поэтому необходимо создание высокоэкономичных способов переработки с целью получения новых пищевых продуктов из нетрадиционных видов сырья и оснащение предприятий современным технологическим оборудованием для освоения новых технологий.

Таким образом, разработка технологии получения взорванных зерен из такого нетрадиционного сырья как сорго и создание оборудования для освоения данной технологии является актуальной проблемой и её решение имеет большое социальное значение.

Цель и задачи исследований. Целью работы являлась разработка технологии производства взорванных зерен сорго и аппаратное оформление данной технологии. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи исследований:

- провести теоретические и экспериментальные исследования механизма взрыва и факторов, влияющих на интенсивность взрыва (температуры, влажности и др.);
- определить рациональные режимы увлажнения зерна сорго и установить математическую модель, описывающую реальный процесс;
- исследовать изменения микроструктуры взорванных зерен сорго;
- разработать технологию и аппаратное оформление процесса получения взорванных зерен сорго;
- провести исследования и технологические испытания разработанного аппарата для производства взорванных зерен, определить режи-

мы его работы и выполнить тепловой расчет аппарата;

- дать практические рекомендации по эксплуатации технологического аппарата;

- предложить рецептуры сухих завтраков на основе взорванных зерен сорго и разработать нормативно-техническую документацию на продукты.

Научная новизна. Получены закономерности изменения времени воздействия на зерно сорго в процессе взрывания в зависимости от температуры среды и влажности зерна. Получены кинетические кривые поглощения влаги зерном сорго при различных температурах. Изучены изменения микроструктуры зерен сорго в процессе взрывания. Дано новое объяснение механизма взрыва и для его доказательства определены значения термоупругих напряжений, возникающих в зерне при взрыве.

Новизна технических решений подтверждена 2 положительными решениями ВНИИГПЗ о выдаче патентов по заявкам № 4940792/13-025731 "Устройство для производства взорванных зерен" и № 4926753/13 - 030651 "Способ производства взорванных зерен".

Практическая ценность работы состоит в разработке устройства для производства взорванных зерен, технологии производства взорванных зерен сорго и рецептур продуктов на их основе.

В отраслевой лаборатории Сумского сельскохозяйственного института изготовлены и переданы в производство три устройства для производства взорванных зерен. Готовятся к серийному выпуску устройства для производства взорванных зерен на Чугуевском заводе прецизионного оборудования.

Апробация работы. Материалы диссертации обсуждались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковского института общественного питания в 1991, 1992, 1993 гг.

Результаты работы освещались в периодической печати: газеты "Время" от 3 ноября 1992 г.; "Инженерная газета" декабрь 1992 г.

На многочисленных дегустациях разработанные продукты на основе взорванных зерен сорго получили высокую оценку и были рекомендованы к внедрению.

Диссертация обсуждена на объединенном заседании кафедр ХИОП (Харьков, 1993 г.) и рекомендована к защите.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 2 положительных решения ВНИИГЭС на выдачу патентов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и предложений. Материалы работы изложены на 136 страницах машинописного текста, включает 45 рисунков и приложений. Список литературы включает 160 источников, в том числе 45 иностранных.

На защиту выносятся:

- механизм взрыва зерен;
- устройство для производства взорванных зерен;
- технология производства взорванных зерен сорго.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность диссертационной работы, её научная и практическая ценность.

В первой главе приведен анализ механизма взрыва и технологий получения воздушных продуктов на основе зернового сырья. Показаны преимущества и недостатки существующих способов получения взорванных зерен. Приведен обзор и анализ конструкций аппаратов для производства взорванных зерен. Выявлены недостатки используемого оборудования для взрыва зерен. На основании обзора литературы сформулирована основная цель и частные задачи исследований.

Во второй главе описаны методы исследований, экспериментальная установка и стенд для исследования изучаемых процессов.

В третьей главе приведены закономерности изменения времени воздействия на зерно сорго в процессе взрывания в зависимости от температуры среды и влажности зерна (под временем воздействия понимается время от начала тепловой обработки до момента взрыва). На рис. I показаны кинетические кривые взрыва зерен сорго с влажностью 10% при различных температурах среды (185°C, 200°C, 210°C). На оси ординат на графиках отложено в процентах количество зерен, взорвавшихся после конкретного времени воздействия на зерно. На оси абсцисс отложено время воздействия на зерно в процессе взрывания. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что с понижением температуры среды увеличивается разброс зерен по времени

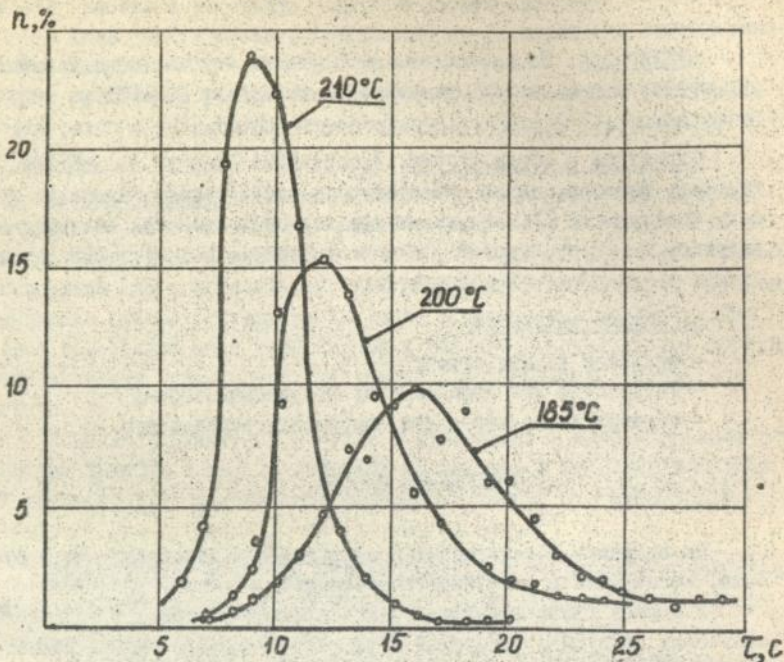


Рис.1. Кинетические кривые взрыва зерен сорго с влажностью 10% при различных температурах среды.

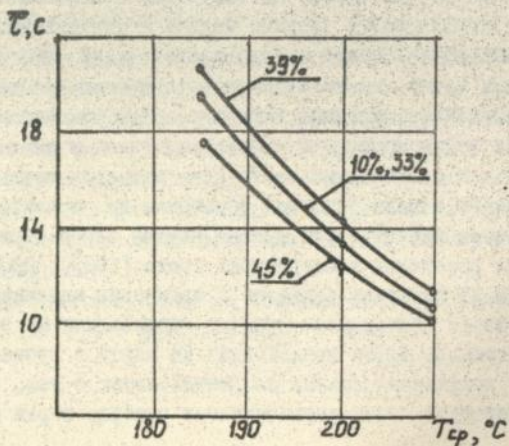


Рис.2. Зависимость среднего времени воздействия на зерно сорго в процессе взрывания от температуры среды для зерен различной влажности.

взрыва. Так, при температуре 210°C кривая имеет острый пик, более 90% зерен взорвалось в течение 12 с. от начала тепловой обработки. При снижении температуры среды всего на 10°C для взрыва 90% зерен уже понадобилось 19 с. При снижении температуры до 185°C для взрыва 90% зерен уже понадобилось 28 с. На рис.2 представлена зависимость среднего времени воздействия на зерно сорго в процессе взрывания от температуры среды.

Проведенные эксперименты показали, что уменьшение температуры среды приводит к увеличению времени воздействия на зерно в процессе взрывания, а это в свою очередь будет способствовать уменьшению производительности технологического аппарата для взрыва зерен. Поэтому необходимо не допускать в процессе взрывания значительного колебания температуры среды. Время воздействия на зерно в аппарате в процессе взрывания должно находиться в пределах 40-60 с.

Одним из этапов технологии получения взорванных зерен является доведение зерна или крупы до необходимой влажности. Для выбора технологических режимов увлажнения зерна сорго был исследован процесс увлажнения зерна. Проникновение растворителя во внутренние области зерна осуществляется в соответствии с уравнением нестационарной диффузии, решение которого для нашего случая известно и имеет вид:

$$W(\tau, \tau) = W_r + 2 \frac{R}{\sqrt{\pi}} (W_H - W_r) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} e^{-\frac{n^2 \pi^2 D_w \tau}{R^2}} \sin \frac{n \pi \tau}{R}, \quad (1)$$

Решение краевой задачи в усредненном (по координате τ) виде будет следующим:

$$\frac{W_p - \bar{W}}{W_p - W_H} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} (n^2) e^{-\frac{(n \pi)^2 D_w \tau}{R^2}}, \quad (2)$$

- где W_p - равновесное влагосодержание, которое для зерна зависит от температуры растворителя, %;
 \bar{W} - среднее текущее влагосодержание, %;
 D_w - коэффициент диффузии влаги во внутренние области зернового сырья;
 τ - время, с;
 R - линейный размер зерна (в данном случае радиус) м;
 W_H - начальное влагосодержание в зерне.

С целью определения коэффициента диффузии, входящего в уравнение (1) и (2) и характеризующего интенсивность переноса влаги во внутренние области зерен, а также доказательства адекватности математической модели реальному процессу, были проверены экспериментальные исследования кинетики изменения влагосодержания в зернах сорго (рис.3.). Экспериментальные точки хорошо согласуются с теоретическими кривыми, рассчитанными по формуле (1) (за исключением области $\tau > 120$ мин при $T = 100^\circ\text{C}$, что подтверждает адекватность математической модели реальному процессу.

Используя экспериментальные данные был определен коэффициент диффузии переноса массы влаги во внутренние области зерен, который зависит от температуры среды (рис.4). Анализируя зависимость коэффициента диффузии от температуры среды можно отметить, что после 40°C численное значение коэффициента диффузии значае снижается, а затем начиная с 80°C снова возрастает. Это можно связывать с началом процесса клейстеризации крахмала эндосперма и физико-химическими изменениями структуры зерна. Зная численные значения

D_w в зависимости от температуры среды и используя математическую модель, представленную в уравнении (2), можно определить необходимое время для достижения заданной влажности зерна сорго с целью подготовки к взрыву и деструкции.

Были проведены исследования изменения времени воздействия на зерно сорго в процессе взрывания от влажности зерна, которые показали, что влажность зерна не оказывает существенного влияния на время воздействия. Поскольку основным фактором, влияющим на интенсивность взрыва, как было установлено, является температура среды, нами предложено новое объяснение механизма взрыва, которое заключается в следующем. Вследствие быстрого нагрева зерна во внутренних областях последнего возникают термоупругие напряжения, которые приводят к разрушению зерна в форме его взрыва. Для подтверждения данного механизма были выполнены расчеты термоупругих напряжений. Для определения напряжений в зерне предварительно было рассчитано распределение температурного поля во внутренних областях зерна. Расчеты проводились на компьютере IBM PC/AT.

Расчет температурного поля проводился с использованием следующего выражения:

$$\theta = \frac{T(r, \tau) - T_0}{T_0} = \rho d \left[F_0 - \frac{1}{6} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n} \frac{R \sin \mu_n \frac{r}{R}}{r \mu_n} \exp(-\mu_n^2 F_0) \right], \quad (3)$$

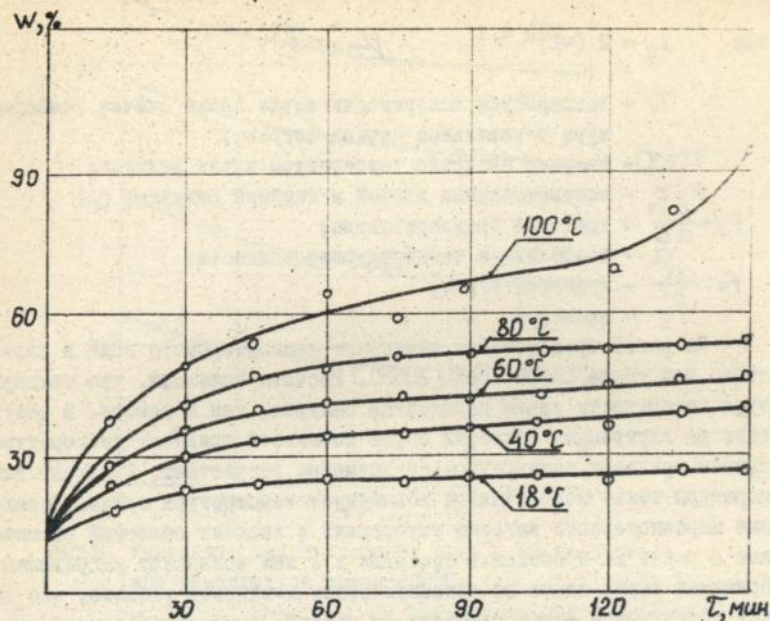


Рис.3. Кинетические кривые поглощения влаги зерном сорго при различных температурах.

$Dw \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$

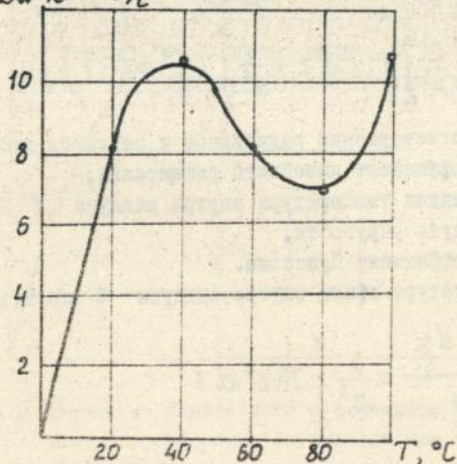


Рис.4. Зависимость коэффициента диффузии влаги от температуры.

где $A_{II} = 2(-I)^{II} + I$, $\mu_n = n\pi$;

T_0 - температура поверхности зерна после скачка температуры в начальный период нагрева;

$T(r, \tau)$ - текущее значение температуры вдоль радиуса;

R, r - соответственно полный и текущий радиусы;

$Pd = \frac{k R^2}{\alpha T_0}$ - критерий Предворителева;

α - коэффициент температуропроводности;

$Fo = \frac{\alpha \tau}{R^2}$ - критерий Фурье;

τ - время, с.

На рис.5 представлено изменение температурного поля в зерне сорго при температуре среды 200°C . Расчеты показали, что температура поверхности зерна повышается быстрее, чем в центре. В результате во внутренних областях зерна возникает градиент температуры, причем градиент температуры со временем возрастает. Градиент температуры также возрастает с повышением температуры среды. Вследствие неравномерного нагрева внутренних и внешних областей расширение в зерне не происходит свободно и в нем возникают напряжения. Принимая зерно сорго за сплошную сферу и задавая условие, что внешняя поверхность зерна свободна от усилий, были использованы для определения компонентов напряжения следующие формулы:

$$G_r = \frac{2\alpha E}{1-\nu} \left(\frac{1}{R^3} \int_0^R T r^2 dz - \frac{1}{r^3} \int_0^r T r^2 dz \right), \quad (4)$$

$$G_t = \frac{\alpha E}{1-\nu} \left(\frac{2}{R^3} \int_0^R T r^2 dz + \frac{1}{r^3} \int_0^r T r^2 dz - T \right), \quad (5)$$

где G_r, G_t - соответственно радиальное и окружное напряжение;

α - коэффициент линейного расширения;

T - средняя температура внутри радиуса r ;

E - модуль упругости;

ν - коэффициент Пуассона.

Средняя температура сферы внутри радиуса r составит:

$$\frac{4\pi \int_0^r T r^2 dz}{\frac{4}{3} \pi r^3} = \frac{3}{r^3} \int_0^r T r^2 dz \quad (6)$$

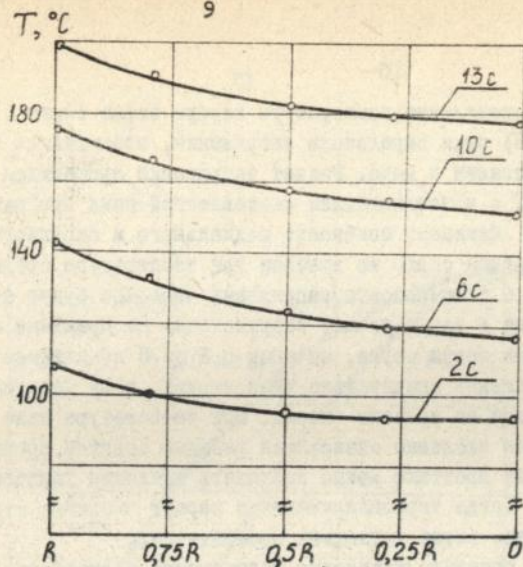


Рис.5. Изменение температурного поля в зерне сорго при температуре среды 200°C.

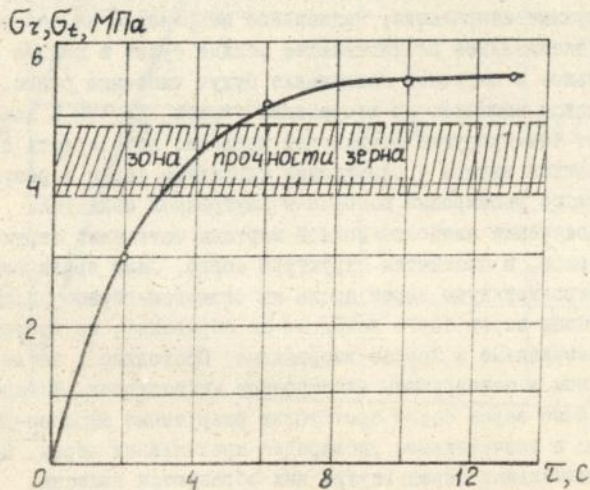


Рис.6. Изменение радиального и окружного напряжений в центре зерна сорго во времени при температуре среды 270°C.

Зная распределение температуры внутри зерна сорго с помощью формул (4), (5) были определены напряжения, возникающие в зерне при экспандировании в жире. Расчет напряжений проводился на компьютере IBM-PC/AT с использованием составленной нами программы.

На рис.6 показано изменение радиального и окружного напряжений в центре зерна сорго во времени при температуре среды 200°C. Видно, что на 6 с компоненты напряжений численно будут превосходить прочность зерна и зерно начнет разрушаться. На практике мы можем наблюдать взрыв зерен сорго, начиная с 6 с. С понижением температуры среды напряжения значительно уменьшаются, и их максимальное значение сдвигается по времени вперед. При температуре ниже 185°C термонапряжения численно становятся равными средней прочности зерна и поэтому на практике можно наблюдать снижение количества взорванных зерен. Когда термонапряжения в зернах численно станут ниже прочности зерна, взрыв последних прекратится.

На рис.7 показано изменение радиального и окружного напряжений в зерне сорго по координате на I3 с тепловой обработки в среде с температурой 200°C. На I3 с напряжения в зерне будут максимальными. Из рис.7 видно, что на поверхности зерна действуют сжимающие окружные напряжения. Радиальное напряжение на поверхности равно 0. Максимальное растягивающее усилие будет в центре зерна, где радиальное и окружное напряжение будут численно равны. Это подтверждается наличием во взорванных зернах пустоты в центре.

Расчет термоупругих напряжений позволил подтвердить предложенный механизм взрыва - разрушение структуры зерна в результате неравномерного расширения внешних и внутренних областей.

Для получения наиболее полной картины изменения структуры зерен при взрыве, в частности структуры сорго, были проведены исследования микроструктуры зерен после их тепловой обработки. Исследовались образцы зерен сорго исходные до взрывания, не взорвавшиеся, частично взорванные и хорошо взорванные. Проводились исследования на оптическом и сканирующем электронном микроскопах. Установлено, что при взрыве зерен сорго происходит разрушение белково-углеводной матрицы и значительное расширение крахмальных зерен. При расширении крахмальных зерен внутри них образуются полости.

В четвертой главе изложены требования к аппаратам для взрыва зерен и разработана конструкция устройства для производства взорванных зерен, представленная на рис.8. Устройство включает закрепленную под углом на станине 2I посредством рамы 20 цилиндрическую рабочую камеру I с теплоносителем и с возможностью изменения угла

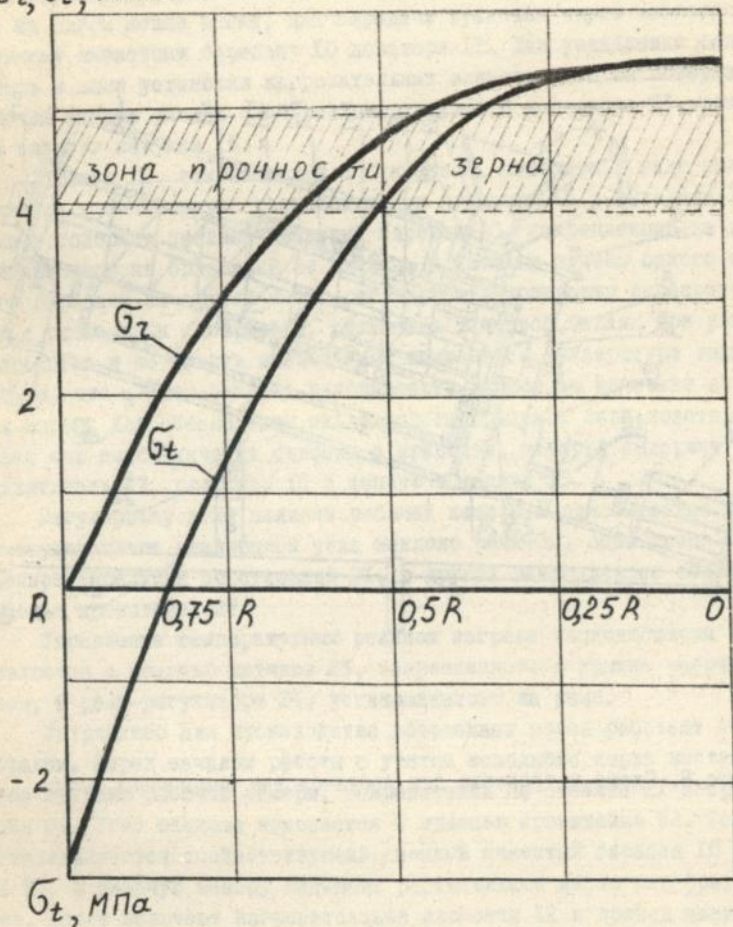
$\sigma_z, \sigma_t, \text{МПа}$ 

Рис.7. Изменение радиального и окружного напряжений в зерне сорго по координате на $I3$ с тепловой обработки в среде с температурой 200°C .

наклона к горизонтальной плоскости, загрузочный бункер 2, выходное отверстие 3, крышки 4 и 5, шнек 6, выполненный в виде вилта, переферийные участки витков которого соединены стержнями 7, укрепленными перпендикулярно виткам шнека, зубчатое колесо 8, установленное на одном конце шнека, для передачи вращения через шестерню 9 сменному ячеистому барабану 10 дозатора II. Для уменьшения теплопотерь в зоне установки нагревательных элементов 12 на поверхности рабочей камеры уложен слой теплоизолирующего материала 13, закрытый снаружи кожухом 14.

Дозатор II, закрепленный в бункере 2, выполнен в виде полого цилиндра с симметрично расположенными приемным 15 и выходным 16 окнами и содержит сменный ячеистый барабан 10, закрепленный на валу и кинематически связанный со шнеком. С помощью замены одного ячеистого барабана на другой можно регулировать дозировку зернового сырья с различными свойствами, сохранять тепловой баланс при работе устройства и не давать значительно изменяться температуре теплоносителя, что в свою очередь положительно влияет на качество взорванных зерен. Для обеспечения синхронности вращения вала дозатора и шнека они кинематически связаны с приводом, который содержит электродвигатель 17, редуктор 18 и цепную передачу 19.

Регулировку угла наклона рабочей камеры I относительно горизонта осуществляют изменением угла наклона рамы 20, один конец которой шарнирно соединен со станиной 21, а другой закреплен со станиной с помощью кронштейна 22.

Управление температурным режимом нагрева теплоносителя осуществляется с помощью датчика 23, закрепленного в крышке рабочей камеры, и реле-регулятора 24, установленного на раме.

Устройство для производства взорванных зерен работает следующим образом. Перед началом работы с учетом исходного сырья выставляется угол наклона рабочей камеры, закрепленной на станине 21 посредством рамы 20. Угол наклона изменяется с помощью кронштейна 22. Также устанавливается соответствующий сменный ячеистый барабан 10 дозатора II. В рабочую камеру наливают растительное масло или фритурный жир. Далее включают нагревательные элементы 12 и привод шнека. Вращающийся шнек 6 способствует хорошему теплообмену между жиром и стенкой рабочей камеры. По достижении температуры жира 195-200°C засыпают зерно в бункер, откуда оно начинает поступать в рабочую камеру. Зерно, попадая в рабочую камеру, интенсивно перемешивается

шнеком и прогревается жиром. Вследствие быстрого нагрева в зернах возникает термоупругие напряжения, которые приводят к разрушению структуры в форме его взрыва. Взорванные зерна транспортируются шнеком и выгружаются через выходное отверстие 3.

Исследованы режимы работы устройства для производства взорванных зерен. Установлено, что угол наклона рабочей камеры должен находиться в пределах 20–30° в зависимости от вида зернового сырья. При уменьшении угла наклона меньше 15° происходит значительный расход растительного масла из рабочей камеры. Увеличение угла наклона больше 30° приводит к ухудшению равномерности прогрева масла вследствие значительной разницы высоты столба масла в зоне нагрева, а также затрудняет равномерное дозирование зерна. Измерения температурного поля в рабочей камере показали, что для достижения температуры масла, предусмотренной технологией получения взорванных зерен (185–200°C), необходимо, чтобы температура нагревателей или промежуточного теплоносителя при косвенном нагреве была не меньше 267°C. Полученные данные по изменению температурного поля в рабочей камере позволили провести тепловой расчет устройства.

В пятой главе приведены основы технологии производства взорванных зерен сорго. Проведенные исследования технологических этапов производства взорванных зерен сорго позволяют рекомендовать увлажнять сорго перед экспандированием в жире до 16–18%. Для оценки технологических свойств зерна сорго сорта Хигери раннее 85 был определен коэффициент увеличения объема. С этой целью определялся объем навески зерна до взрывания и после взрывания. Далее проводим расчет коэффициента увеличения объема по формуле:

$$K = \frac{V - V_0 a}{V_0 a} \quad , \quad (7)$$

где V – объем взорванных зерен;
 V_0 – объем зерен до взрывания;
 a – выход взорванных зерен.

Для сорта сорго Хигери раннее 85 коэффициент увеличения объема составил 3,1. Установлено, что при получении хорошо взорванных зерен сорго коэффициент увеличения объема должен быть не менее 3.

Разработаны рецептуры продуктов на основе взорванных зерен сорго. На основе разработанной технологии производства взорванных зерен и исследований технологических этапов предложена технологиче-

ская линия для производства взорванных зерен сорго, которая представлена на рис. 9. Линия работает следующим образом: зерно сорго очищается в сепараторе I и поступает в шнековый увлажнитель, где оно увлажняется. Вместо воды может подаваться в увлажнитель водный раствор вкусовых веществ для предварительного обогащения зерна. После увлажнения зерно поступает на отлежку в бункер 3. Из бункера 3 зерно порциями загружается в приемный бункер устройства для производства взорванных зерен 4, где экспандируется в масле (жире). Взорванное зерно выгружается ленточным транспортером в бункер 5. Из бункера взорванное зерно пневмотранспортером 6 подается на просеиватель 7, в котором отделяется мелочь и некондиционные зерна. Хорошо взорванное зерно поступает в бункер 8. Из бункера 8 часть зерен отправляется на участок приготовления грильяжа. Остальное зерно подается в установку для обогащения продуктов 9. Вместе с зерном в установку для обогащения продуктов согласно рецептурам дозируют сахарную пудру, какао и другие добавки. Обогащенный продукт упаковывается в пакеты на автомате IO и упаковывает в гофро-короба на автомате II. Готовая продукция отправляется на склад.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании проведенных исследований влияния температуры среды и влажности зерен на интенсивность взрывания зерен сорго определено, что:

- изменение температуры среды от 210°C до 185°C увеличивает среднее время воздействия на зерно сорго в процессе взрывания с IO-II с. до I7-2I с. в зависимости от влажности зерен;

- влажность зерен оказывает влияние на изменение объема конечного продукта.

Продолжительность тепловой обработки зерен сорго в аппарате для взрыва зерен должна находиться в пределах 40-60 с.

2. Исследован процесс увлажнения зерен сорго при различных температурах среды. Предложена математическая модель процесса и определен коэффициент диффузии влаги во внутренние области зерна сорго.

3. Предложено новое объяснение механизма взрыва зерен. Установлено, что основную роль в разрушении структуры зерна в процессе тепловой обработки при температуре выше 170°C играют термоуп-

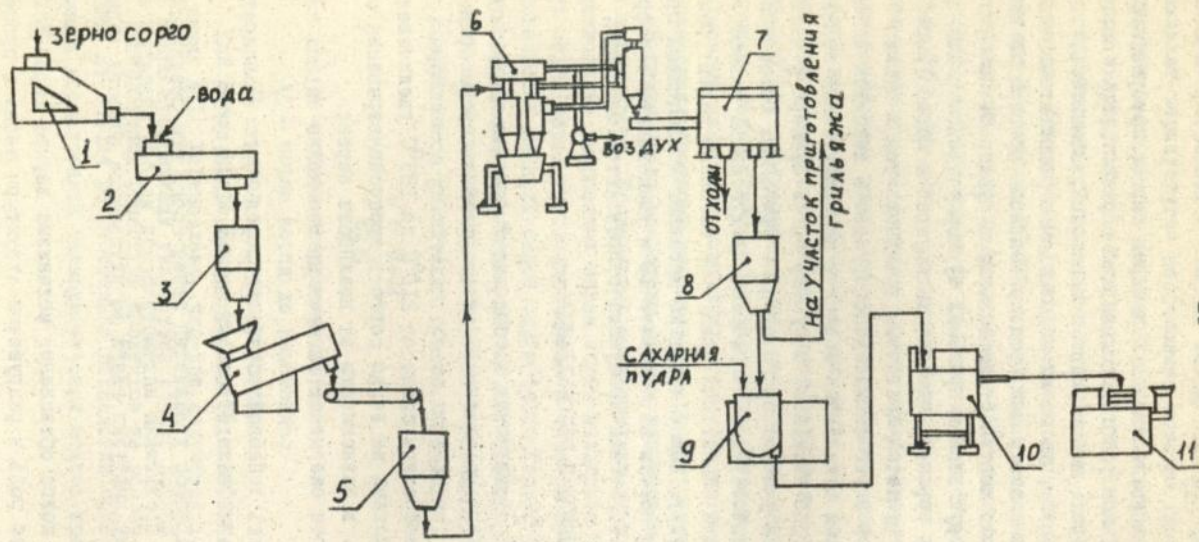


Рис. 9. Схема технологической линии для производства взорванных зерен сорго:
 I - сепаратор; 2 - шнековый увлажнитель; 3, 5, 8 - бункера;
 4 - устройство для производства взорванных зерен; 6 - пневмотранспортер;
 7 - просеиватель; 9 - установка для обогащения продуктов; 10 - автомат
 для упаковывания в пакеты; 11 - автомат для упаковывания продукции
 в гофрокороба.

ругие напряжения, возникающие в зерне вследствие неравномерного расширения внешних и внутренних областей. Определены численные значения максимальных термоупругих напряжений, возникающих в зерне сорго, которые составили 4,2...5,5 МПа.

4. Изучено изменение микроструктуры зерен сорго с помощью оптического и сканирующего микроскопа. Установлено, что по мере увеличения объема взорванных зерен происходит расширение крахмальных зерен и разрушение белково-углеводной матрицы.

5. Разработано непрерывнодействующее устройство для производства взорванных зерен, работающее при атмосферном давлении.

Исследованы режимы работы разработанного устройства для производства взорванных зерен. Установлено, что угол наклона рабочей камеры устройства должен находиться в пределах 20...30°. Температура поверхности электронагревателей при непосредственном нагреве или промежуточного теплоносителя при косвенном нагреве должна составлять 267...275°C.

6. Проведены исследования технологических этапов производства взорванных зерен сорго. Для получения максимального выхода взорванных зерен сорго рекомендовано увлажнять зерно до 16...18%.

7. Разработана технология производства взорванных зерен сорго, рецептуры продуктов на их основе и нормативно-техническая документация на выпуск продуктов.

8. Проведены работы по внедрению результатов исследований в практику. В отраслевой лаборатории Сумского сельскохозяйственного института изготовлены и переданы в производство три устройства для производства взорванных зерен. Готовятся к серийному выпуску устройства для производства взорванных зерен на Чугуевском заводе прецизионного оборудования.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Устройство для производства взорванных зерен /Коваленко В.И., Белогрищенко А.И., Заявка № 4940792/13 - 025731. Положительное решение ВНИИГПЭ от 3.01.1992 г.
2. Способ производства взорванных зерен /Коваленко В.И., Белогрищенко А.И. Заявка № 4926753/13/ - 030651. Положительное решение ВНИИГПЭ от 3.01.1992 г.

3. Коваленко В.И., Белогрищенко А.И. К вопросу о механизме взрыва. Сб. науч. трудов ХИОП. Экономика и технология продовольственных товаров. - Харьков, 1991. - С.247-251.
4. Белогрищенко А.И., Коваленко В.И., Синекон Н.С. Влияние термо-напряжения на процесс взрыва зернового сырья. Сб. науч. трудов ХИОП. Прогрессивные технологии и формирование рыночных отношений в общественном питании. - Харьков, 1992 г. - С.116-117.
5. Белогрищенко А.И., Коваленко В.И. Аппаратурное оформление производства взорванных зерен. Сб. науч. трудов ХИОП. Прогрессивные технологии и формирование рыночных отношений в общественном питании. - Харьков, 1992 г. - С.50-53.
6. Коваленко В.И., Белогрищенко А.И. Разработка режимов производства сухих завтраков на основе взорванных зерен сорго. Сб. научных трудов ХИОП. Технология и качество пищевых продуктов. - Харьков, 1992 г. - С.26-29.
7. Белогрищенко А.И., Коваленко В.И. Сухі сніданки із сорго-Харчова I переробна промисловість, 1993-№ 3. - С.28.

Подписано к печати 19.05.93г. формат 60x84 1/16 Бум.тип. Печ.обсет. Усл.печ.1,1.
Уч.-изд.л. 1,0 Тираж 100 экз. Заказ № 924, Бесплатно

ОП ХОУС Харьков-2, ул. Маршала Бажанова, 23.

465853

AB 27.63

AB 27.632