

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.Ломоносова

На правах рукописи

ВИКТОР ФЕРНАНДЕЗ САНЧЕЗ

УДК 664.727:664.64.016.3

ВЛИЯНИЕ ШЕЛУШЕНИЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ
НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА МУКИ

Специальность 05.13.12 - процессы и аппараты
пищевых производств

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1935

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Увеличение производства зерна определяет необходимость дальнейшего совершенствования технологических процессов его переработки для получения полноценных продуктов питания, важнейшим из которых является хлеб.

Для выработки продукции высокого качества Продовольственной программой СССР предусмотрено создание новых технологических процессов, удовлетворяющих требованиям безотходной технологии, наименьшим трудовым и энергетическим затратам. В связи с необходимостью наиболее полного использования пшеницы в пищевых целях, перспективной является выработка муки из зерна с предварительным отделением оболочек, неусвояемых человеком, но обладающих полезностью при кормлении сельскохозяйственных животных.

Нарастающая потребность населения в хлебе обойного помола определяется его высокой биологической полезностью, что требует дальнейшего совершенствования технологии выработки муки.

В процессе промышленного производства хлеба на его качество значительное влияние оказывают физические и технологические свойства муки, рецептура компонентов, способ и режимы приготовления теста, интенсивность изменения показателей качества его в связи с различными приемами выпечки.

Так как показатели качества хлеба, вырабатываемого из муки крупнодисперсного состава на основе предварительно ошелушенной пшеницы при оптимальных затратах энергии на процесс изучены недостаточно, установление закономерностей их изменения от количества отделенных оболочек и качества зерна представляет важную научно-техническую задачу. Целенаправленное

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. В. Ломоносова
Б И Б Л И О Т Е К А

№ 6015154

использование измельченного зерна ошелушенной пшеницы для промышленного производства хлеба улучшенного качества приобретает народнохозяйственную значимость и является актуальным.

Целью работы является обоснование режимов комплексного технологического процесса шелушения зерна увлажненной пшеницы, его измельчение и приготовление теста, обеспечивающих получение хлеба улучшенного качества.

Задачи работы:

определение физико-технологических свойств и хлебопекарных достоинств зерна пшеницы различных видов, продуктов измельчения ошелушенного зерна, качества теста и хлеба;

разработка методики и критериальных показателей комплексной оценки качества и уровня продовольственного использования зерна пшеницы;

микробиологическая оценка качества исходного и ошелушенного зерна;

получение математической модели для оценки реологических свойств крупок различного гранулометрического состава при тестообразовании;

выбор показателей и разработка методик оценки эффективности предлагаемого технологического процесса подготовки, шелушения и измельчения зерна пшеницы, приготовления теста и выпечки хлеба;

выполнение экспериментальных исследований для установления закономерностей изменения качества хлеба при варьируемых параметрах подготовки зерна, его шелушения, измельчения и условий приготовления теста;

выбор оптимальных параметров и рациональных режимов комплексного технологического процесса подготовки зерна к переработке, его измельчения и выработки хлеба.

Научная новизна работы

Разработаны частные и обобщенный критерии для оценки уровня продовольственного использования зерна пшеницы при выработке муки различных выходов и сортов.

Аналитически обоснован процесс массообмена крупок различного гранулометрического состава из зерна ошелушенной пшеницы, разработано приборное устройство, методика и экспериментально определено время набухания крупок при тестообразовании.

Установлены закономерности изменения качества теста и хлеба в зависимости от количества снятых оболочек, гранулометрического состава измельченного зерна, режима набухания крупок и условий приготовления теста.

Предложен новый комплексный технологический процесс, включающий шелушение увлажненного зерна пшеницы, его измельчение и выработку хлеба улучшенного качества, а также обоснованы его рациональные параметры.

Практическая ценность. Установлены оптимальные параметры технологических процессов подготовки зерна пшеницы к шелушению в роторно-лопастной машине и измельчению его в вальцовом станке для получения крупок из ошелушенного зерна с различным количеством отделенных оболочек.

Определены исходные параметры для разработки рекомендаций к построению комплексного технологического процесса, включающего шелушение увлажненного и кратковременно отволоженного зерна пшеницы, его измельчение и приготовление теста из крупок различного гранулометрического состава для выпечки хлеба повышенных пищевых достоинств.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Одесского технологического института пищевой про-

мышленности им.М.В.Ломоносова, 1934, 1935 гг.; на Всесоюзной конференции в Московском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте пищевой промышленности, 1934 г.

На защиту выносятся следующие научные положения:

методика определения и результаты расчетов уровня продовольственного использования зерна пшеницы по обобщенному критерию оценки качества, учитывающего данные пищевых достоинств исходного зерна и муки различных выходов и сортов;

закономерности изменения содержания и состава микроорганизмов от результатов шелушения увлажненного зерна;

аналитическое обоснование процесса массообмена крупок различного гранулометрического состава, изменения деформаций и напряжений в образцах смеси при тестообразовании;

методика экспериментального определения времени набухания крупок различного гранулометрического состава из зерна пшеницы в процессе тестообразования;

экспериментально обоснованные результаты изменения качества теста из муки и крупки нешелушенного и ошелушенного зерна пшеницы разных сортов;

рациональные параметры для реализации комплексного технологического процесса подготовки, шелушения, измельчения зерна и приготовления хлеба улучшенного качества.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений.

Диссертация изложена на 177 страницах, в том числе содержит 20 рисунков, 22 таблицы и 16 приложений. Список литературы включает 152 наименования, в том числе 20 иностранных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе содержится анализ данных выполненных исследований в области переработки зерна, обоснование направлений и приемов совершенствования техники и технологии подготовки зерна к переработке в муку и выработки хлеба улучшенного качества путем предварительного шелушения его перед измельчением.

Анализ данных по технической анатомии зерна с оценкой качества по биохимическому составу и пищевой ценности выполнен с использованием научно-технических достижений в теории и практике переработки зерна, обоснованных работами В.Л.Кретовича, Г.А.Егорова, М.Е.Гинзбурга, Н.П.Козьминой, И.А.Наумова, П.П.Тарутина, Н.В.Роменского, И.Т.Мерко, И.К.Кравченко, Л.И.Пучковой, А.Д.Чмыря, В.В.Щербатенко и других.

Обобщение результатов выполненных исследований позволило установить, что технологические свойства зерна в значительной мере зависят от его структуры и анатомического строения и определяют параметры процессов производства муки различных сортов и приготовления теста.

Вследствие несовершенства существующего технологического процесса производства муки, наряду с потерями 60...70 % витаминов, 20 % белков с зародышем и алейроновым слоем, существуют потери чистого эндосперма. Так, при среднем содержании эндосперма 32,5 % суммарный выход муки высшего, первого и второго сортов при многосортных помолах пшеницы установлен 75 и 73%.

Анализ зольности высшего и первого сортов муки свидетельствует о том, что практически все микроэлементы, которые наряду с витаминами и ферментами играют важнейшую роль в обеспечении жизнедеятельности животного организма, удаляются в отруби вместе с зародышем и алейроновым слоем и представляют собой не-

восполнимые потери физиологически ценных и биологически активных веществ. В муке второго сорта используется большая часть микроэлементов, попадающих в нее с частицами алейронового слоя. Особенно рационально используются ценные микроэлементы в обойной муке, где лишь незначительная часть (0,07 %) золотобразующих веществ, содержащихся в покровных тканях, направляется в отруби, а все ценные в биологическом отношении вещества зародыша и алейронового слоя полностью используются в пищевых целях. Поэтому важнейшей задачей совершенствования технологии переработки зерна является обеспечение максимально высокого уровня его продовольственного использования при сохранении в готовой продукции естественных биологически активных веществ без изменения основных показателей качества.

Во втором разделе работы приведена математическая модель для оценки реологических свойств крупок различного гранулометрического состава и определения времени перехода частиц из воздушно-сухого в пластическо-вязкое состояние в процессе тестообразования.

Для аналитического обоснования изучаемого явления экспериментально установлено, что внедрение индентора сопровождается упруго-пластическими деформациями материала, и для получения математической модели процесса нами были приняты упрощающие допущения. Принято, что в исследуемом образце участкам наибольших деформаций соответствуют максимальные напряжения, равные пределам прочности их на сжатие и сдвиг по поверхности конического индентора с достижением частицами крупок предельного влагонасыщения, а эпюры распределений напряжений в образце характеризуются линейной зависимостью и пропорциональны величине погружения h_0 индентора (рис.1).

Сделанные аналитические предположения позволили заключить,

что нормальные напряжения максимальны на поверхности исследуемого образца, снижаются до нуля на его вершине и величины их определяются по выражению

$$\sigma = \frac{z}{h_0} \sigma_n \quad (1)$$

Касательные напряжения имеют максимальные значения на вершине конуса, уменьшаются до нуля по мере приближения к поверхности исследуемого образца и вычисляются по выражению

$$\tau' = \frac{h_0 - z}{h_0} \tau_n' \quad (2)$$

где σ_n и τ_n' - соответственно величины предельного напряжения сжатия и сдвига материала по поверхности конуса;

z - текущее значение ординаты образующей конуса.

Исходя из условий равновесия сил $G = Q$ в системе нагружения индентора и принимая во внимание, что $\tau = h_0 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$, после преобразований в декартовой и перехода к цилиндрической системе координат, в результате интегрирования получено выражение

$$G = \frac{2}{3} \tau_n' h_0^2 \text{tg} \frac{\alpha}{2} (\sigma_n \text{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{\tau_n'}{2}) \quad (3)$$

Суммарное действие предельных нормальных и касательных напряжений в сечении, перпендикулярном внешней силе G , позволило получить выражение для приведенного напряжения

$$\sigma_{\text{прив}} = \frac{3G \cos \frac{\alpha}{2}}{2\pi h_0^2 \text{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (4)$$

Полученное расчетное выражение аналогично формуле М.П.Воларовича, полученной при других допущениях, поэтому сделанные нами предположения являются правомерными.

Так как величина приведенного напряжения $\sigma_{\text{прив}}$ характеризовала в образце крупок переходный процесс из зернистой структуры в пластическо-вязкое состояние, в экспериментальных исследованиях общая величина погружения индентора h_0 была представлена суммой начального погружения h_n в воздушно-сухой зернистый материал и последующего приращения погружения h_c , завися-

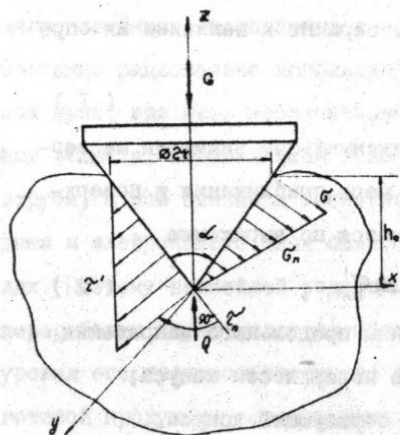


Рис. I. Расчетная схема для анализа нагружения и напряжений в исследуемом образце

Для исследуемого приборного устройства (консистометра) при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ значение $K = 0,338$.

щего от крупности частиц, скорости влагораспределения, полной нагрузки G и коэффициента K , учитывающего форму конуса. Поэтому величины приведенных напряжений вычисляли с учетом $h_0 = h_n + h_c$ по выражению

$$\sigma_{прив} = K \frac{G}{(h_n + h_c)^2} \quad (5)$$

В третьем разделе приведены программа и план, описаны объекты исследования, экспериментальные установки, использованные приборы и разработанные методики исследования и обработки результатов экспериментов.

Объектами исследований были два сорта пшеницы Степняк и Чайка, отличающихся механико-технологическими свойствами.

Для объективного сопоставительного анализа полноты продовольственного использования питательных и биологически активных веществ зерна при производстве муки различных выходов и сортов были разработаны частные и обобщенные критериальные показатели.

Частные критериальные показатели предназначены для оценки уровней продовольственного использования каждого из содержащихся в зерне веществ и представляют отношение суммарного количества рассматриваемого вещества к его общему количеству в исходном зерне.

Так, для оценки уровня продовольственного использования белков зерна критериальный показатель η_b имел вид

$$\eta_b = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot B_i}{B_3} \quad (6)$$

где B_3 и B_i - соответственно содержание белков в исходном зерне и готовой продукции;

B_i - выходы готовой продукции для каждого i -го из n сортов.

Аналогичные расчетные выражения были получены для определения уровней продовольственного использования крахмала η_k , жира $\eta_{ж}$, витаминов η_v и других веществ.

На основе частных критериальных показателей были разработаны обобщенные, которые позволили комплексно охарактеризовать уровень продовольственного использования зерна в целом и отдельных групп содержащихся в нем веществ. Для оценки полноты использования питательных веществ зерна пользовались обобщенным критериальным показателем

$$\eta_n = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot B_i + \sum_{i=1}^n B_i \cdot K_i + \dots + \sum_{i=1}^n B_i \cdot \mathcal{K}_i}{B_3 + K_3 + \dots + \mathcal{K}_3} \quad (7)$$

где K_3 и K_i , \mathcal{K}_3 и \mathcal{K}_i - соответственно содержание крахмала и жира в исходном зерне и готовой продукции.

Выбор кинематических параметров процесса шелушения зерна в рабочей зоне роторно-лопастной шелушильной машины был обоснован на эффективном отделении оболочек без разрушения ядра.

Изменение содержания бактерий, грибов и дрожжей в результате шелушения определяли по общепринятым методикам.

Для гравиметрической оценки гранулометрического состава исходное и ошелушенное зерно измельчали в вальцовом станке с последующей ситовой классификацией на фракции. По результатам ситовой классификации продуктов измельчения строили гистограммы и полигоны размеров частиц, а также кумулянты остатков на ситах и средневзвешенных размеров частиц.

В связи со сложностью составления достоверной математиче-

ской модели, описывающей влияние разнородных параметров на качество хлеба, в работе применяли многофакторное планирование экспериментальных исследований. В результате реализации многофакторного эксперимента поверхность отклика выходных параметров аппроксимировали эмпирическими выражениями в виде полиномов второй степени при условии независимости характера монотонности частных производных по переменным каждого фактора. В этом случае в интерполяционный полином не входят произведения парных взаимодействий

$$y = \sum_{i=1}^m a_i x_i^2 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + c_0, \quad (8)$$

где m - число независимых факторов.

При планировании на трех уровнях такой способ поиска функции отклика, в отличие от известного метода наименьших квадратов, имеет меньшую дисперсию рассеивания отклонений расчетных значений от экспериментальных при малом числе опытов. Достаточная точность получаемых расчетных значений выходных параметров, при сокращенном числе опытов, достигается заменой при планировании эксперимента вершин гиперкуба n -мерного фазового пространства центрами его граней.

Величины коэффициентов a_i , b_i , c_i определяли по выражениям

$$a_i = \frac{2(Z_{2i-1} + Z_{2i})}{(\max X_i - \min X_i)^2}; \quad Z_j = Y_j - Y_0; \quad (9)$$

$$b_i = \frac{1}{\max X_i - \min X_i} \left[(Z_{2i-1} - Z_{2i}) - 2(Z_{2i-1} + Z_{2i}) \frac{\max X_i + \min X_i}{\max X_i - \min X_i} \right]; \quad (10)$$

$$c_i = 0,5 \frac{\max X_i + \min X_i}{\max X_i - \min X_i} \left[\frac{(Z_{2i-1} + Z_{2i})(\max X_i + \min X_i)}{\max X_i - \min X_i} - (Z_{2i-1} - Z_{2i}) \right]; \quad (11)$$

При оценке реологических характеристик крупок в процессе тестообразования планировали постановку экспериментальных исследований, направленных на определение минимального времени,

необходимого для набухания частиц различных размеров. Опыты проводили по плану однофакторного эксперимента в десятикратной повторности.

В четвертом разделе приведены результаты экспериментальных исследований процессов шелушения и измельчения зерна пшеницы, а также оценки хлебопекарных свойств муки и качества хлеба.

Для сопоставления данных исходного содержания ценных в пищевом отношении компонентов зерна пшеницы с содержанием их в готовой продукции были выполнены расчеты с использованием разработанных критериальных показателей.

Сравнением полученных данных для муки обойной 96 % помола с осредненными для смеси муки 73 % помола установлено, что относительное изменение содержания питательных и биологически активных компонентов, характеризующих уровень продовольственного использования зерна пшеницы для обойного помола, определялось следующими величинами. При общем повышении уровня использования витаминов зерна пшеницы в 3,9 раза содержание витаминов B_1 , B_2 и PP по сравнению с мукой трехсортного помола увеличилось в 2,61; 5,27 и 4,0 раза, а содержание микроэлементов в обойной муке было выше в 3,27 раза.

Полученные расчетные величины по данным исследований авторов различных работ подтверждают известные положения о высокой полезности для питания муки из цельносмолотого зерна, подвергнутого очистке от минеральных и органических примесей, а также при частичной очистке поверхности его путем шелушения в воздушно-сухом состоянии.

Обобщенный анализ приведенных данных позволяет заключить, что уровень продовольственного использования питательных веществ и витаминов зерна пшеницы повышается с увеличением общего выхода муки. Однако увеличение количества высших сортов муки

при неизменных общих выходах приводит к повышению содержания крахмала в готовой продукции и одновременному снижению уровня продовольственного использования зерна по содержанию белков, жиров, пентозанов, витаминов и микроэлементов.

Исследованиями установлено, что при шелушении увлажненного и кратковременно отволоженного зерна в роторно-лопастной машине при линейной скорости вращения концов лопаток ротора 15 м/с и радиальном зазоре 6 мм в результате однократного шелушения отделение оболочек составляло 2,8 %, а при двухкратном 3,6 %; потери крахмала с отходами шелушения не превышали 1,5 %; среднее относительное снижение зольности было 8,2 %; увеличение количества разрушенных зерен не превышало 2,5 %, а суммарный удельный расход энергии составлял 7,5 кВт.ч/т обработанного зерна.

Микробиологическими исследованиями пшениц Чайка и Степняк установлено, что при однократном шелушении общее содержание бактерий снизилось соответственно на 99,93 и 99,7 %; грибов на 76,2 и 73,3 %; в результате двухкратного шелушения снижение этих величин составило для бактерий 99,95 и 99,3 % и для грибов 33,3 и 37,0 % (табл. I).

Таким образом, шелушение увлажненного на 3 % зерна пшеницы позволяет обеспечивать высокую эффективность очистки его поверхности от пыли и микроорганизмов при незначительном расходе воды, дефицитной для промышленных целей, и создает возможность исключения на мельзаводах моечного процесса.

Полученные данные позволяют рекомендовать комплексное использование результатов шелушения увлажненного зерна не только в направлении повышения уровня продовольственного использования его вследствие съема оболочек, но и улучшения санитарно-гигиенического состояния поверхности зерна при выработке муки.

Изменение содержания микрофлоры поверхности пшеницы в результате шелушения

Состав микрофлоры	Количество микроорганизмов, тыс/г					
	Чайка			Степняк		
	нешелушенное	ошелушенное		нешелушенное	ошелушенное	
	I пр.	II пр.	I пр.	II пр.	III пр.	
Бактерии (общ.):	520	0,35	0,27	125	0,31	0,20
неспорооб.	300	0,21	0,13	107	0,10	0,09
спорооб.	1,0	0,04	0,02	0,95	0,05	0,03
кокки	219	0,10	0,07	17,05	0,16	0,03
Грибы (общ.):	0,42	0,10	0,07	0,23	0,05	0,03
<i>Penicillium</i>	0,21	0,04	0,03	0,13	0,01	-
<i>Aspergillus</i>	0,13	0,03	0,02	0,02	0,01	-
прочие	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Дрожжи	0,09	-	-	0,06	-	-

Обработка результатов экспериментальных исследований грансостава исходного и ошелушенного зерна двух сортов пшениц Чайка и Степняк позволила установить изменение величин исходных размеров длины, ширины и толщины в процессе шелушения. Для обоих сортов двухкратно ошелушенного зерна их средневзвешенные размеры уменьшались в пределах 3,1...4,5 %.

При подготовке к измельчению зерно пшеницы сортов Чайка и Степняк влажностью $9,6 \pm 0,1$ % доводили предварительным увлажнением с длительным отволаживанием до влажности 13,0 %. Далее перед шелушением обеспечивалось увлажнение зерна на 3,0 % с последующим кратковременным отволаживанием в пределах 17...20 мин. После шелушения в машине ошелушенное зерно смешивали с отходами шелушения и, при отволаживании в пределах 6 час., обеспечивали диффузионное перераспределение влаги в смеси с доведением влажности зерна до 14,5 %. Перед измельчением зерна в вальцовом станке проводилось доувлажнение его на 0,5...0,7 % с отволаживанием до 30 мин.

При измельчении однократно и двукратно ошелушенного зерна обоих сортов пшениц изменение межвальцового зазора от 1,2 до 0,6 мм не оказывало существенного влияния на характер гистограмм и полигонов размеров частиц продуктов измельчения.

Анализ кумулятивных кривых остатков на ситах и средневзвешенных размеров частиц позволил установить, что при межвальцовом зазоре 0,9 мм однородность частиц продуктов измельчения ошелушенного зерна с частицами крупнее 2,5 мм и однородность остальной части продукта с меньшими размерами, была практически одинаковой.

Обобщение экспериментально установленных закономерностей измельчения однократно и двукратно ошелушенного зерна при уменьшении межвальцового зазора позволяет заключить, что влияние на изменение однородности частиц для обоих сортов пшениц характеризуется одинаковой тенденцией. При уменьшении межвальцового зазора от 1,2 до 0,6 мм средневзвешенные размеры частиц продуктов измельчения изменялись у однократно ошелушенных пшениц от 1,86...2,80 мм до 1,50...1,65 мм, а у двукратно ошелушенных от 2,14...2,44 до 1,58...1,6 мм, т.е. независимо от исходных размеров зерна и кратности шелушения частицы дробленого продукта были почти одинаковой величины.

Выполненные экспериментальные исследования зависимости глубины и приращения погружения индентора консисометра в образец двухфазной смеси крупок различных размеров зерна пшеницы сорта Степняк с водой от продолжительности влагообмена, позволили установить закономерности процесса массообмена на начальной стадии приготовления теста.

Математико-статистическая обработка результатов экспериментов позволила определить, что глубина начального погружения индентора в образцы продуктов измельчения зерна двукратно

ошелушенной пшеницы зависит от крупности частиц и подчиняется линейной зависимости от среднего диаметра d_c

$$h_n = 0,037 - 4 d_c \quad (12)$$

Зависимость приращений глубины погружения индентора во времени τ для образцов различной крупности частиц имела вид

$$h_c = \frac{\tau}{2 \cdot 10^3 d_c + 4 + (11 \cdot 10^3 d_c + 30) \tau} \quad (13)$$

Выражение для определения продолжительности полного влаго-распределения

$$\tau_n = \frac{(2 \cdot 10^3 d_c + 4) h_{c_{\max}}}{1 + (11 \cdot 10^3 d_c + 30) h_{c_{\max}}} \quad (14)$$

где $h_{c_{\max}} = h_{c_{\max}} - \Delta h_c$;
 $\Delta h_c = 0,05 h_{c_{\max}}$ - абсолютная величина предельного отклонения измеряемого максимального приращения глубины погружения индентора.

Используя выражения (3, 4, 12, 13), представилось возможным вычислить величины приведенных напряжений в исследованных образцах (табл. 2).

$$\sigma_{\text{прив}} = \frac{1,656}{\left[0,037 - 4 d_c + \frac{\tau}{2 \cdot 10^3 d_c + 4 + (11 \cdot 10^3 d_c + 30)} \right]^2} \quad (15)$$

Таблица 2
 Значения приведенных напряжений $\sigma_{\text{прив}}$ образцов в процессе влагораспределения (тестообразования)

Показатель	Время, τ , ч.	Фракция с размером частиц $d_c \cdot 10^{-3}$, м			
		мелкая 1,0	средняя 1,5	крупная 2,0	грубая 2,5
$\sigma_{\text{прив}}$	0,1	399,9	1057,1	1233,1	1447,6
	0,5	615,6	723,9	367,1	1013,6
	1,0	562,2	670,7	794,2	927,1
	2,0	533,3	636,7	754,3	879,6
	τ_n	524,9	626,2	741,4	362,3

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. В. Ломоносова
 БИБЛИОТЕКА

к.в. 15154

Исследованиями установлено, что при увеличении крупности частиц, характеризующихся изменением среднего диаметра от 1,0 до 2,5 мм, продолжительность тестообразования возрастает с 167 мин. до 181 мин.; приведенные напряжения пластических деформаций увеличиваются в 1,64 раза, что свидетельствует об уменьшении пластичности теста с увеличением размеров частиц муки для его приготовления.

Для сравнительного анализа были определены хлебопекарные свойства обойной муки, полученной соответственно из нешелушенного, одно- и двукратно ошелушенного зерна пшеницы двух сортов и крупок из одно- и двукратно ошелушенной пшеницы, полученных в результате однократного дробления на вальцовом станке при межвальцовом зазоре 0,9 мм.

Экспериментальными исследованиями газообразующей способности установлено, что с увеличением размеров частиц муки этот показатель снижается. Количество CO_2 , выделенного крупками, несколько меньше, чем у обойной муки.

Качество клейковины оценивалось по гидратационной способности, упругим и пластическим свойствам с использованием приборов ИДК-1 и АВ-1. Результаты экспериментальных исследований, приведенные в табл.3, позволяют заключить, что выход сырой и сухой клейковины максимален для крупки из двукратно ошелушенного зерна.

Физические свойства теста из различных продуктов измельчения зерна пшеницы определялись на валориграфе и оценивались по водопоглощительной способности, времени образования теста, его стабильности, способности к разжижению, валориметрическим числом и удельной работой замеса. Определено, что лучшие показатели имеет крупка из двукратно ошелушенного зерна.

Экспериментальным исследованием установлено, что для улуч-

шения качества теста целесообразно проводить двухстадийный замес, включающий смешивание в течение двух минут, отлежку теста при остановке машины 30 мин и пластификацию в течение 5...7 мин

Таблица 3
Качество клейковины обойной муки из нешелушенного зерна и крупок одно- и двукратного шелушения (1 и 2)

Показатели	Един. изм.	Степняк			Чайка		
		мука обойная	крупка		мука обойная	крупка	
			1	2		1	2
Выход (сырой)	%	22,3	21,3	24,6	23,0	23,5	24,2
Выход (сухой)	%	7,3	7,4	8,2	7,4	6,9	7,6
Число гидратации	-	3,0	2,9	3,0	3,1	3,4	3,2
Показания ИДК-1 усл.ед.	100	105	95	107	102	97	
Время истечения клейковины на АВ-1	с	36	21	42	13	16	23

Для выбора рациональных параметров и математического описания комплексного процесса шелушения, измельчения ошелушенного зерна пшеницы, приготовления теста и выпечки хлеба улучшенного качества в лабораторных условиях были реализованы две серии опытов.

Пределы варьирования входных параметров, определявшиеся на основе рекомендаций и выводов ранее выполненных научно-исследовательских работ, были следующими: количество последовательных пропусков через машину - $n = 1, 2, 3$; величина межвальцового зазора - $\delta = 0,6; 0,9$ и $1,2$ мм; время отволаживания ошелушенной пшеницы перед измельчением - $\tau = 4,0; 6,0; 8,0$ ч.; удельная работа при одностадийном замесе теста $A_{уд} = 5,0; 25,0$ и $45,0$ кДж/кг.

В качестве показателя эффективности процесса выбрали удельный объем выпеченного хлеба $V_{уд}$, $см^3/100$ г муки.

В результате обработки опытных данных были получены следующие эмпирические выражения:

Сорт Чайка

$$V_{уд} = 27,5n - 4,5n^2 + 18,25\tau - 1,38\tau^2 + 180\delta - 122,2\delta^2 + 1,06A_{уд} - 19 \cdot 10^{-2} A_{уд}^2 + 183,2 \quad (I6)$$

Сорт Степняк, зависимость рис.2

$$V_{уд} = 18,5n - 2,5n^2 + 15,25\tau - 1,13\tau^2 + 183,3\delta - 133,3\delta^2 + 0,81A_{уд} - 1,4 \cdot 10^{-2} A_{уд}^2 + 236,3 \quad (I7)$$

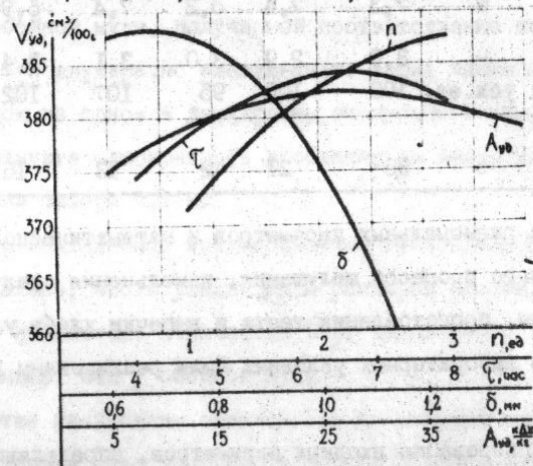


Рис.2. Изменение удельного объема хлеба из крупки пшеницы Степняк от параметров $n, \tau, \delta, A_{уд}$:

Анализ выражений (I6, I7) в частных производных позволил определить оптимальный режим комплексного процесса для обоих сортов пшениц: $n = 2$, $\tau = 6,5$ ч, $\delta = 0,7$ мм и $A_{уд} = 30$ кДж/кг.

Подстановкой полученных оптимальных значений в выражения (I6, I7) получены экстремальные значения удельного объема хлеба, которые составили для Чайки $362 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, для Степняка $390 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ муки.

При рекомендованных параметрах были проведены контрольные выпечки формового хлеба из продуктов измельчения ошелушенного и

неошелушенного зерна пшеницы Степняк. Анализ внешнего вида образцов показал, что наибольший объем имеет хлеб, выпеченный из обойной муки двукратно ошелушенного зерна. Хлеб, полученный из крупки ошелушенного зерна, характеризовался несколько меньшим объемом. Пористость у всех образцов отличалась незначительно и находилась в пределах нормы.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Обобщение результатов выполненных научно-исследовательских работ позволило определить рациональность использования оболочек для кормовых целей, а эндосперма с краевым алейроновым слоем и зародыша для получения биологически полноценной муки и других продуктов.
2. На основе разработанных частных и обобщенных критериев, по данным выполненных экспериментальных исследований, доказана недостаточная эффективность применяемой техники и технологии на существующих мельзаводах и определены приемы их совершенствования.
3. Доказано, что наибольшей пищевой ценностью обладает мука обойного помола, а предварительное отделение оболочек и сохранение в зерне алейронового слоя создают предпосылки для получения хлеба улучшенного качества.
4. Для решения задачи безотходной технологии, повышения уровня использования продовольственного зерна, наиболее полного сохранения его пищевых достоинств, доказана возможность эффективного использования способа предварительного отделения оболочек увлажненного и кратковременно отволоженного зерна пшеницы в процессе шелушения в роторно-лопастной машине.
5. Определено, что целесообразно проводить процесс шелушения при скорости вращения ротора 15 м/с и радиальном зазоре 6 мм. В этом случае обеспечиваются достаточные нагрузки зерновых

объемов и при однократном шелушении отделение оболочек составляло 2,3 %, а при двухкратном 3,6 %.

6. Микробиологическими исследованиями установлено, что шелушение увлажненного на 3 % зерна пшеницы обеспечивает высокую эффективность очистки его поверхности от микроорганизмов, что создает возможность исключения из технологического процесса мельзаводов моечных машин.

7. Экспериментальными исследованиями измельчения одно- и двухкратно ошелушенного зерна пшениц Степняк и Чайка установлено, что выход крупок незначительно изменяется от сортов зерна и с уменьшением межвальцового зазора от 1,2 до 0,6 мм наиболее выровненный по размерам частиц суммарный сход их с металлотканых сит номеров 35, 25 и 16 изменялся от 73,2 % до 35,7 %, а средне-взвешенные размеры частиц по сравнению с исходным зерном уменьшались на 0,44...1,32 мм. Рекомендовано принять величину межвальцового зазора $0,7 \pm 0,1$ мм и двухкратное шелушение зерна пшеницы для создания в структуре ядра систем микротрещин, позволяющих получить при измельчении в вальцовом станке более выровненный продукт по гранулометрическому составу.

8. В результате аналитических и экспериментальных исследований получены математические модели для оценки изменяющихся реологических свойств и установления минимальной экспозиции массообменного процесса двухфазной смеси крупок различных размеров с водой. Определено, что при увеличении крупности частиц, характеризуемых изменением среднего диаметра от 1,0 до 2,5 мм, продолжительность тестообразования возрастает с 167 мин до 181 мин.

9. Определены технологические свойства нового сырья для хлебопекарной промышленности – крупки из ошелушенного зерна пшеницы. Лучшими хлебопекарными свойствами по показателю выхо-