

Введение Одним из направлений развития технологии хлеба является повышение пищевой, в частности белковой, ценности хлебобулочных изделий. Перспективным сырьем, позволяющим повысить содержание полноценного белка в хлебе, являются бобовые культуры в особенности горох. По содержанию отдельных аминокислот белки гороха существенно отличаются от белков пшеницы и ржи. Для них характерно повышенное содержание аргинина – 8,35 %, лизина – 5,58 %, изолейцина – 13,54 % от общего содержания белка, что существенно выше содержания данных аминокислот в пшенице [1, 2]. При проведении исследований влияния новых рецептурных компонентов на показатели качества теста и хлеба, особое внимание уделяется изучению изменений структурно-механических свойств теста, вызываемых ими [3, 4]. Реологические показатели характеризуют поведение теста при замесе и имеют большое значение при оценке качества муки. Целью настоящей работы являлось исследование влияния добавки гороховой муки на водопоглощение и структурно-механические свойства тестовых полуфабрикатов определяемые на фаринографе, а также на содержание белка в готовых изделиях.

Экспериментальная часть Объектами исследования являлись тестовые полуфабрикаты с добавками гороховой муки. В опытных образцах часть пшеничной муки заменяли гороховой в количестве 15 и 30 % к общей массе муки. Определение водопоглощения и реологических характеристик теста проводили с применением фаринографа Brabender по ГОСТ Р 51404-99. Метод основан на измерении и регистрации консистенции теста в процессе его образования из муки и воды, развития теста и изменения его консистенции в процессе замеса, с применением фаринографа. Требуемая консистенция теста достигается путем подбора количества добавляемой воды. Установленное таким образом количество добавляемой воды, называемое водопоглощением, используется для получения полной фаринограммы замеса. При определении содержания белка в хлебе минерализацию навески мякиша проводили по Кьельдалю по ГОСТ 10846-91 и определяли содержание азота по Неслеру [5].

Результаты и их обсуждение Пшеничное тесто представляет собой упругую вязко-эластичную массу, свойства которой зависят от большого количества факторов: генетических особенностей сорта зерна и условий его выращивания и хранения, сорта муки, количества добавленной воды, интенсивности замеса и влияния компонентов теста. Вязкоупругие свойства пшеничного теста определяются содержанием и качеством нерастворимых в воде фракций белков муки – глютенинов и глиадинов, а в составе белков гороха преобладают водорастворимые и солерастворимые белки [2]. Таким образом, соотношение фракций белков в тесте при добавлении гороховой муки изменится, и это будет оказывать существенное влияние на его структурно-механические свойства. Изучение реологических свойств теста при помощи фаринографа позволяет получить данные о характере динамики формирования теста, о накоплении

потенциальной энергии упругой деформации на начальном этапе замеса и расходовании ее в дальнейшем [6]. Фаринограммы теста с добавлением гороховой муки представлены на рис. 1, 2 и 3, а результаты их математической обработки в табл. 1. Начальным этапом реологических исследований муки на фаринографе является определение количества воды, которое необходимо добавить, чтобы получить тесто требуемой консистенции (500 ед. фаринографа). Полученные результаты характеризуют водопоглотительную способность муки и влияние различных добавок на данный показатель. Рис. 1 – Фаринограмма теста из пшеничной муки Рис. 2 – Фаринограмма теста из 85 % пшеничной муки и 15 % гороховой муки Рис. 3 – Фаринограмма теста из 70 % пшеничной муки и 30 % гороховой муки Согласно данным табл. 1 при добавлении 15 % гороховой муки происходило незначительное увеличение водопоглотительной способности теста. Повышение содержания гороховой муки до 30 % напротив снижало водопоглотительную способность теста. Фаринограммы дают графическое представление процесса образования теста, которое можно разделить на пять фаз: быстрая гидратация, формирование теста, стабилизация теста, ослабление структуры теста и достижение асимптотического равновесия [6]. Важным показателем фаринограмм является ширина кривой (разница между максимальным и минимальным значением фаринограммы в конкретный момент времени), на этапе гидратации происходит резкое увеличение ширины кривой, затем она достигает максимального значения, после чего стабилизируется на определенном уровне, что характеризует наступление фазы асимптотического равновесия [6]. В фазу быстрой гидратации тесто сила сопротивления теста замешиванию быстро, почти линейно, повышается, в то время как ширина кривой растет незначительно, что свидетельствует о высокой упругости теста на данном этапе. На данном этапе происходит распределение воды в муке, формирование локальных участков клейковины. На данном этапе также происходит быстрое увеличение температуры теста, связанное с тем, что реакция взаимодействия белковых полимеров с водой экзотермическая [6].

Таблица 1 – Реологические показатели пшеничного теста и теста добавлением гороховой муки полученные на фаринографе

Вариант теста	Водопоглотительная способность, %	Время образования теста, мин	Устойчивость теста, мин	Степень разжижения теста, ЕФ	Валориметрическая оценка, %	Мука пшеничная
100 %	58,5	3,5	6,0	75	58	Мука пшеничная 100 %
85 %; мука гороховая 15 %	59,34	5,5	5,5	100	58	Мука пшеничная 85 %; мука гороховая 15 %
70 %; мука гороховая 30 %	56,86	6,0	3,0	130	59	Мука пшеничная 70 %; мука гороховая 30 %

Наступление фазы формирования теста определяется по уменьшению угла наклона кривой фаринограммы, при этом зависимость увеличения силы сопротивления теста от времени продолжает оставаться практически линейной. Скорость увеличения ширины кривой на данном этапе увеличивается, что свидетельствует о переходе теста из упругого состояния к вязкоупругому. На данном этапе происходит формирование единой структуры клейковины в

пределах всего теста [6]. Добавление гороховой муки приводило к увеличению времени от момента добавления воды до появления первых признаков ослабления консистенции, т.е. времени образования теста (табл. 1). Очевидно, что белкам пшеницы требуется больше времени, для гидрофобной взаимоориентации и образования клейковинной сети. Наблюдаемая картина показывает мешающее действие белков гороха на процесс формирования клейковины. Подобное влияние водорастворимых белков описывается также в работе Oszvald et al., где показано увеличение времени образования теста при добавлении альбумина амаранта [7]. Процесс перехода от фазы образования теста к фазе стабилизации слабо заметен на кривой. Продолжительность фазы стабилизации зависит от многих факторов. Эту фазу характеризуют: максимальная сила сопротивления теста замесу и максимальная ширина кривой, а также начало ослабления теста [6]. Фаза ослабления структуры теста характеризуется квадратичным уменьшением силы сопротивления замесу как функции от времени замеса, ширина кривой при этом уменьшается менее существенно. Вид кривой в данной фазе содержит информацию о природе и внутренних силах взаимодействия в сети клейковины в тесте [6]. Устойчивость теста, определяемая по продолжительности периода нахождения кривой фаринограммы выше значения 500 ед. фаринографа, при добавлении 15 % гороховой муки была незначительно ниже, чем у теста только из пшеничной муки, но при добавлении 30 % гороховой муки уменьшалась, относительно контроля, в два раза. Здесь также проявилось влияние природы белков гороха. По своему действию они аналогичны слизям ржаной муки, т.е. образуют гидратированные слои между участками клейковины и препятствуют образованию единой сети. Таким образом, снижение устойчивости теста является следствием образования недостаточного количества клейковинных нитей на начальных этапах замеса. Переход от фазы ослабления структуры теста к фазе равновесия идет постепенно без выраженных скачков. Фаза асимптотического равновесия характеризуется установлением постоянных значений силы сопротивления замесу и ширины кривой фаринограммы. Вид кривой в данной фазе содержит дополнительную информацию о внутренних силах взаимодействия в клейковине, а также характеризует исходные свойства муки, количество добавленной воды и компонентов и условия замеса [6]. Это также связано с качественным составом белковой фракции гороховой муки. Полученные результаты хорошо согласовываются с литературными данными. В работе Sadowska et al. показано аналогичное изменение данных показателей при замесе теста с мукой из непророщенного гороха [8]. Увеличение содержания водорастворимых глобулинов в тесте мешает образованию упругого клейковинного каркаса и ухудшает реологические свойства теста. Проведение комплексных исследований влияния гороховой муки на реологические свойства полуфабрикатов позволит более точно составлять рецептуры смесей на ее

основе и прогнозировать их поведение при замесе. Известно, что горох относится к культурам содержащим большое количество белка. В связи, с чем на следующем этапе исследований было изучено влияние добавления гороховой муки на содержание белка в готовых изделиях (рис. 4). Рис. 4 – Содержание белка в хлебе. Добавление гороховой муки существенно повышало содержание белка в хлебе. При дозировке 15 % гороховой муки содержание белка в хлебе увеличивалось на 4-5 % на сухое вещество. Стоит отметить в отличие от пшеничного, белок гороха лучше сбалансирован по аминокислотному составу и при этом горох содержит мало ингибиторов трипсина по сравнению с другими бобовыми культурами. Учитывая все вышеперечисленное можно сказать, что добавление гороховой муки в хлебобулочные изделия позволит существенно повысить их пищевую ценность с точки зрения содержания и полноценности белка.