

пальцевыми РО 196,3 мк, шнековыми РО 352,4 мк. Коэффициент распределения после замешивания кулачковыми рабочими органами составляет 84 %, наблюдается равномерное распределения компонентов в структуре дрожжевого теста. После замешивания пальцевыми месильными органами коэффициент распределения составляет 67 % и достигается равномерность распределения компонентов в структуре теста. Во время замешивания шнековыми рабочими органами коэффициент распределения достигает 58 %, при этих значений не достигается равномерного распределения компонентов в структуре теста, содержатся следы не промесса.

После замешивания кулачковыми рабочими органами достигается дрожжевое тесто высокого качества, наблюдается равномерная мелкая тонкостенная структура без пустот. В тесте нет посторонних включений в виде не размешанных комочков муки. Во время замешивания дрожжевого теста кулачковыми рабочими органами в тестовой заготовке равномерно распределяются газообразные составляющие, в дальнейшем улучшает структуру пористости хлебобулочных изделий.

Список использованной литературы

1. The effects of yeast metabolites on the rheological behaviour of the dough matrix in fermented wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*, Volume 82, July 2018, Pages 183–189.
 2. Wheat dough imitating artificial dough system based on hydrocolloids and glass beads. *Journal of Food Engineering*, Volume 223, April 2018. Pages 144–151.
 3. Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 2. Yeast activity, dough proofing and bread quality. *Journal of Cereal Science*, Volume 77, September 2017, Pages 275–283.
 4. Jekle M. Dough microstructure: Novel analysis by quantification using confocal laser scanning microscopy. *Food Research International*. 2011. Pages 129–131.
-

УДК 664.282

**Заболотец А.А.¹, Ермаков А.И.², кандидат технических наук, доцент,
Литвяк В.В.³, доктор технических наук, кандидат химических наук, доцент**

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск

³Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ
«ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, пос. Красково, Российская Федерация

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ РАЗДЕЛЕНИЯ НАТИВНОГО КРАХМАЛА В ПОЛЕ СИЛ ТЯЖЕСТИ

Нативный крахмал широко применяется в пищевой промышленности и для технических целей. Однако в связи с совершенствованием технологических способов переработки и значительным расширением ассортимента выпускаемой продукции характеристики нативного крахмала не всегда удовлетворяют современным требованиям. Для улучшения (целенаправленного изменения) свойств нативного крахмала применяют физические или химические или сочетанные модифицирующие факторы [1-3].

Актуальной проблемой современной технологии крахмала и крахмалопродуктов является разработка современных высокоэффективных методов целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных крахмалов без использования модифицирующих факторов [2, 4, 6-8].

Согласно современным научным представлениям элементарной структурной частью нативного крахмала, которая одновременно заключает в себе все особенности молекулярного и надмолекулярного строения нативного крахмала является крахмальная гранула [1].

Именно из-за уникальной особенности крахмальной гранулы заключать в себе одновременно строение и свойства молекулярного и надмолекулярного уровней структурной организации крахмала крахмальную гранулу можно назвать квантом нативного крахмала. Понятие кванта основывается на представлении квантовой механики о том, что некоторые физические величины могут принимать только определённые значения (говорят, что физическая величина квантуется). В некоторых важных частных случаях эта величина или шаг её изменения могут быть только целыми кратными некоторого фундаментального значения – и последнее называют квантом.

Следует отдельно отметить, что особенности формирования крахмальной гранулы зависят от многих геоклиматических факторов (температуры окружающей среды, количества осадков, количества солнечных дней, плодородия почвы и т.д.), контролируются биохимически (специализированными ферментативными системами) и генетически (ДНК, РНК и экспрессией генов) [1,4]. Размер и форма крахмальных гранул – квантов нативного крахмала определяют (обуславливают) проявление физико-химических характеристик (свойств) нативного крахмала.

Таким образом, задачей является разработка инновационного высокоэффективного и экологически безопасного способа получения нативного крахмала классифицированного по размеру крахмальных гранул. Такая технология позволит осуществлять тонкую регуляцию потребительских характеристик (органолептических и физико-химических свойств) нативного крахмала без использования модифицирующих (химических) факторов [4-8].

Установлено, что для регулирования физико-химических свойств натурального крахмала, полученного из растительного крахмалосодержащего сырья, без использования модифицирующих факторов необходимо проводить более тщательную переработку этого сырья. Размер гранул нативных крахмалов колеблется в широком диапазоне (от 5 до 200 мкм) [5]. Нами предлагается добавить в технологический процесс получения натурального крахмала этап разделения крахмальной суспензии с целью классификации частиц крахмала по размерам на фракции.

Предлагаемые наименования фракций крахмальных гранул нативного крахмала в соответствии с их размерами приведены в [6-8].

Было установлено проведение экспериментальной части в два этапа:

- 1) статическое разделение (классификация) крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил (методом осаждения);
- 2) динамическое разделение (классификация) крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил (методом осаждения).

При статическом разделении (классификации) крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил учитывались такие показатели, как время отстаивания, концентрация крахмальной суспензии и объем разделяемой крахмальной суспензии.

В результате эксперимента были сделаны следующие выводы:

- а) более крупные частицы крахмальной суспензии осаждаются быстрее, чем мелкие. Т.е. скорость осаждения частиц тем больше, чем больше ее диаметр (или радиус);
- б) скорость осаждения частиц тем больше, чем меньше концентрация крахмальной суспензии. Т.е. при концентрации крахмальной суспензии 5 % и 40 % количество частиц крахмала в одинаковом объеме мерных цилиндров разная. Следовательно, при большей концентрации крахмальных частиц в разделяемой жидкости скорость оседания частиц меньше, вследствие большего трения и соударений частиц между собой.

При динамическом разделении (классификации) крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил учитывались такие показатели, как время отстаивания, концентра-

ПЕРЕРАБОТКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

ция крахмальной суспензии, частота вращения мешалки и время перемешивания. Эксперимент осуществлялся с использованием магнитной мешалки с подогревом yellow MAG HS 7, имеющей диапазон скорости перемешивания от 100 до 1500 об/мин.

По окончанию проведения эксперимента была составлена матрица получения образцов крахмальной суспензии. Данные по обработке эксперимента представлены в виде таблицы 1. Средняя выборка 1 образца составила порядка 25–40 крахмальных гранул.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных образцов крахмальной суспензии

№ образца	картофельный нативный крахмал 10 %			№ образца	картофельный нативный крахмал 20 %				
		D _{max}	D _{min}		D _{cp}		D _{max}	D _{min}	D _{cp}
1	слив	33,85	4,23	13,54	19	слив	34,62	10,00	18,54
2	остаток	50,76	8,33	20,70	20	остаток	43,94	5,30	18,97
3	слив	28,85	6,15	14,05	21	слив	44,70	6,82	21,57
4	остаток	46,21	5,30	21,82	22	остаток	43,94	6,82	23,03
5	слив	23,08	5,38	12,35	23	слив	11,15	2,31	7,15
6	остаток	36,54	6,15	17,97	24	остаток	23,85	3,08	11,51
7	слив	12,31	4,62	7,66	25	слив	43,18	6,06	22,61
8	остаток	36,36	7,58	19,21	26	остаток	58,33	5,30	26,03
9	слив	19,62	5,00	12,00	27	слив	43,18	7,58	20,52
10	остаток	62,12	4,55	21,30	28	остаток	62,12	4,55	25,03
11	слив	11,54	3,46	6,23	29	слив	22,69	5,38	12,63
12	остаток	50,76	6,06	20,64	30	остаток	41,67	6,06	18,39
13	слив	31,82	6,06	16,91	31	слив	47,73	4,55	19,24
14	остаток	36,36	5,30	19,24	32	остаток	64,40	4,55	22,82
15	слив	34,85	3,79	14,97	33	слив	23,08	4,62	11,69
16	остаток	48,18	6,06	23,85	34	остаток	39,40	3,03	15,91
17	слив	20,77	5,38	12,75	35	слив	16,92	4,62	11,54
18	остаток	41,54	5,00	17,20	36	остаток	46,21	6,06	21,45

Продолжение таблицы 1

№ образца	картофельный нативный крахмал 30%			№ образца	картофельный нативный крахмал 30%				
		D _{max}	D _{min}		D _{cp}		D _{max}	D _{min}	D _{cp}
37	слив	44,70	4,55	19,52	46	остаток	63,63	3,03	20,91
38	остаток	63,64	4,55	25,15	47	слив	38,64	3,03	16,46
39	слив	46,21	5,30	22,82	48	остаток	40,91	4,55	22,42
40	остаток	51,52	4,55	25,67	49	слив	56,06	4,55	17,03
41	слив	40,91	4,55	16,57	50	остаток	53,03	3,03	20,72
42	остаток	55,30	3,03	23,24	51	слив	42,42	2,27	14,26
43	слив	37,88	3,79	16,85	52	остаток	45,45	3,03	20,09
44	остаток	31,06	1,52	17,03	53	слив	46,97	2,65	17,55
45	слив	61,36	3,03	20,45	54	остаток	62,12	6,82	19,60

Анализ экспериментальных данных показал:

1) на размер крахмальных гранул в процессе осаждения влияет процентное содержание нативного картофельного крахмала в воде, т.е. чем меньше процентное содержание крахмальной суспензии, тем более четкое прослеживается разделение. Таким образом, прослеживается значительная разница между средними размерами гранул крахмала в сливе и остатке;

2) процентное содержание нативного картофельного крахмала в воде также влияет и на скорость протекания процесса осаждения. При меньшей концентрации картофельной суспензии времени на осаждения потребовалось меньше.

3) отмечено, что с увеличением времени отстаивания средний размер гранул нативного картофельного крахмала в сливе уменьшается. Т.е., чем дольше по времени осуществляет-

ся процесс разделения, тем меньший наблюдается размер гранул в сливе.

4) было установлено, что в крахмальной суспензии имеются частицы разных размеров. При проектировании лабораторной установки по разделению крахмальных гранул методом отстаивания, необходимо вести расчет технических параметров оборудования основываясь на экспериментальные данные частиц меньшего размера, т.к. если создать условия для осаждения мелких частиц, то для крупных они будут заведомо достаточны. Для более эффективного проведения процесса отстаивания следует оказывать воздействие на скорость осаждения уменьшая вязкость и плотность среды путем, например, повышения ее температуры. При этом температуру можно повышать очень осторожно, не допуская клейстеризации крахмальных гранул, т.е. температура не должна превышать +50°C.

Таким образом, получение нативного крахмала с заданным размером фракций станет новым этапом развития технологического производства крахмала.

Список использованной литературы

1. Заболотец, А.А. Размеры и морфологические особенности зерен нативного крахмала разного ботанического происхождения / А.А. Заболотец, А.И. Ермаков, В.В. Литвяк // *Навукові праці Національного університету харчових технологій*. – 2018. – Том 24. – №1. – С. 245–255.

2. Ловкис, З.В. Перспективы применения нативного картофельного крахмала в кондитерской промышленности / З.В. Ловкис, А.И. Ермаков, А.А. Заболотец // *Известия Высших учебных заведений. Серия: Пищевая технология*. – 2018. – №3(41). – Т. 11. – С. 19–30.

3. Литвяк, В.В. Способы получения модифицированного крахмала / В.В. Литвяк, А.И. Ермаков // *Агропанорама*. – 2014. – № 4. – С. 21–23.

4. Заболотец, А.А. Характеристики нативных крахмалов и способы их разделения / А.А. Заболотец, В.В. Литвяк, А.И. Ермаков // *Наука, питание и здоровье: материалы II Международного конгресса (Минск, 3-4 октября 2019г.)* / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»: редкол.: З.В. Ловкис [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 395–404.

5. Zabolotets, N. Morphological characteristics of starch granules of various varieties of potatoes (*Solanum Tuberosum*) / Nastia Zabolotets, Vladimir Litvyak, Alex Ermakov, Gulnazym Ospankulova // *Ukrainian Food Journal*. – 2019. – Volume 8. – Issue 1. – С. 18–33.

6. Литвяк, В.В. Технология глубокой переработки растительного крахмалосодержащего сырья / В.В. Литвяк, А.И. Ермаков, А.А. Заболотец, Е.И. Комисарова // *Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 14-го Международного научного семинара, проводимого в рамках 16-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» 25–27 января 2018 года, Минск, Респ. Беларусь; программ. комитет С.В. Харитончик, А.В. Данильченко [и др.]*. – Минск: Бестпринт, 2018. – С. 322–324.

7. Лобанов, В.Г. Способ выделения из крахмальной суспензии нативного крахмала, фракционированного по размеру гранул: Патент № 2709667. RU, МПК7 С 08В 30/00 / В.Г. Лобанов, Ю.Ф. Росляков, А.А. Заболотец, В.В. Литвяк, А.И. Ермаков; заявка №2019122199; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВПО «КубГТУ»); заявл. 11.07.2019; опубл. 19.12.2019 // *Государственный реестр изобретений Российской Федерации*. – Бюл. №35. – 2019.

8. Заболотец, А.А. Инновационный способ получения нативного крахмала фракционированного по размеру крахмальных гранул / А.А. Заболотец, А.И. Ермаков, В.В. Литвяк, Д.А. Соломин // *Пищевая промышленность*, – Москва: «Пищевая промышленность», 2020. – №9 – С. 12–17.