### ВЕСЦІ НАЦЫЯНАЛЬНАЙ АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ № 2 2011 СЕРЫЯ АГРАРНЫХ НАВУК

# ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ВЫТВОРЧАСЦІ

УДК 664.64.016.86:664.231

В. В. ЛИТВЯ $K^{1}$ , Е. В. РОЩИН $A^{2}$ , Д. П. ЛИСОВСКА $\mathcal{H}^{2}$ , С. Ч. ГОНЧАРУ $K^{2}$ 

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ КРАХМАЛОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

<sup>1</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию <sup>2</sup>Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации

(Поступила в редакцию 16.11.2010)

Крахмал, составляя значительную часть муки, существенно влияет на хлебопекарные свойства. Так, Р. М. Сандстедт считает, что [1] крахмал разрыхляет клейковину пшеничной муки до надлежащей консистенции, поставляет сахар в результате действия амилазы и обеспечивает необходимую для прочного связывания с клейковиной поверхность, а при выпечке (в период клейстеризации) он частично обезвоживает клейковину.

Белково-углеводный комплекс ржаной муки по химическому составу существенно отличается от пшеничного комплекса. В ржаной муке много слизей, обладающих высокой вязкостью. Ржаное тесто не имеет эластичной структуры, характерной для пшеничного теста. Предполагается, что в ржаном тесте важную роль играют не столько белки, сколько углеводный комплекс, придающий ржаному тесту свойственную ему структуру и вязкость [2].

Особенностью хлебобулочных изделий является резкое ухудшение потребительских свойств при хранении. Примерно через 10–12 ч после выпечки у них появляются признаки черствения, усиливающиеся по мере дальнейшего хранения. Ученые постоянно работают над проблемой продления свежести хлебобулочных изделий, улучшения их качественных показателей путем ввода специальных компонентов, совершенствования технологии и упаковки.

По данным ранних опытов, проведенных Л. Линдетом [3], установлено, что черствение вызвано ретроградацией крахмала, в результате хлебный мякиш и крахмальный клейстер при старении уплотняются. Ретроградацию испытывают как растворенный крахмал, так и молекулы разбухших гранул, при этом происходит процесс частичной кристаллизации молекул крахмала, которые в процессе клейстеризации были отделены друг от друга [4].

Имеются исследования ученых [5], свидетельствующие, что структура мякиша хлеба определяется в основном крахмалом.

Большую роль в хлебопечении и последующего влияния на сохраняемость хлебных изделий имеет влагосорбционная способность крахмалов. Установлено [6], что крахмал из злаков имеет меньшую влагоемкость, чем крахмал из корней или клубней. Это предопределяет проведение исследований по установлению влияния крахмалов из картофеля и тапиоки на качественные по-казатели и свежесть ржаных и пшеничных хлебных изделий.

Цель настоящей работы – определить степень влияния свойств крахмалов на качество хлебобулочных изделий.

В соответствии с целью в задачи исследования входило проведение сравнительной оценки количественного содержания крахмала в исходной муке; гранулометрического состава и форм крахмальных гранул в муке и крахмалах, вводимых в рецептуру хлебобулочных изделий; содержания амилозы; вязкости свежих и «стареющих» крахмальных клейстеров и спектров поглощения йодного комплекса крахмальных полисахаридов; выпечка хлебобулочных изделий с последу-

ющей оценкой их качественных показателей после выпечки и свежести в процессе хранения; установление взаимосвязи между показателями.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводили на базе отдела технологий продуктов из картофеля, плодов и овощей РУП «Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию, а также на базе кафедры товароведения продовольственных товаров УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» в 2005–2010 гг.

Объектами исследований явились:

- 1) крахмалы, выделенные из исходной муки: пшеничной высшего сорта М54-23 и ржаной обдирной;
- 2) крахмалы нативные: картофельный (КН) и тапиоковый (ТН), а также картофельный модифицированный (окисленный) крахмал (КМ) производства ООО «Климовский крахмал» (Россия) с применением окислителей КМпО $_4$ и/или Н $_2$ О $_2$  (по ТУ 9187-042-00334735-98 «Модифицированный крахмал «Оксиамил ОПВ»);
- 3) хлеб ржаной из обдирной муки и сайки пшеничные из муки высшего сорта М 54-23 с вводом в рецептуру крахмалов (5% к массе муки).

Для переработки картофеля (Solanum tuberosum L.) на крахмал используют разнообразные технологические схемы, оснащенные различными видами применяемого для этих целей оборудования. Однако независимо от аппаратурного оформления каждый из этих способов включает стадии производства, которые свойственны всем современным технологиям производства картофельного крахмала: подготовка картофеля к переработке, измельчение, выделение картофельного (клеточного) сока и мезги, очистка крахмала, его обезвоживание и сушка [7].

Тапиоковый крахмал получают из клубней Manihot utilissima L. или Manihot palmate L. двумя способами [8]. Разрыв стенок растительных клеток с целью освобождения гранул крахмала проводят биохимически или механически. При биохимическом способе клубням дают возможность бродить или загнивать до определенной стадии, затем их измельчают в пульпу и крахмал вымывают водой из пульпы. Механический способ заключается в разрушении стенок клеток соскабливанием, перетиранием или раздавливанием клубней. При биохимическом методе может быть осуществлено почти полное выделение крахмала из пульпы, однако общий его выход заметно не повышается и качество крахмала остается низким. Поэтому в настоящее время практически весь тапиоковый крахмал вырабатывается путем механического разрушения клеток клубня.

Исходные показатели качества муки и крахмалов определены стандартными методами: вязкость крахмальных 2%-ных клейстеров ( $\pm$ 20 °C) – капиллярным вискозиметром; размеры и форма крахмальных гранул электронной сканирующей микроскопией – с использованием сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 (Germany); спектры поглощения йодного комплекса крахмальных полисахаридов – с помощью спектрофотометра СФ 16; получение крахмала и определение амилозы (фотометрическим титрованием йодом) – по Рихтеру [9]; фазовую структуру оценивали по дифракционным кривым при помощи рентгеновского дифрактометра HZG-4A (Carl Zeiss Jena),  $CuK_{\alpha}$  излучение, Ni фильтр, поточечная запись; свежесть хлебобулочных изделий – по органолептическим показателям (5-балльная система) и по изменению массовой доли влаги.

Для обработки данных использованы математико-статистические методы в среде Excel.

Используемая мука пшеничная высшего сорта М 54-23 и мука ржаная обдирная соответствует требованиям действующих нормативных правовых актов (ТНПА).

**Результаты и их обсуждение.** Данные по крахмалам исходной муки, представленые в табл. 1, свидетельствуют, что мука пшеничная характеризуется большим содержанием крахмала по сравнению с мукой ржаной обдирной. Размер гранул пшеничного крахмала (до 30 мкм) характеризуется наличием мелких гранул (до 20 мкм) – 84,2% (по их количеству). Крахмал ржаной муки содержит 43,9% мелких гранул и 54,7% средних. Известно [10-12], что размер крахмальных гранул изменяется в широком диапазоне 1->60 мкм. Так, крупные крахмальные гранулы могут достигать 40-60 мкм, а очень крупные – более 60 мкм.

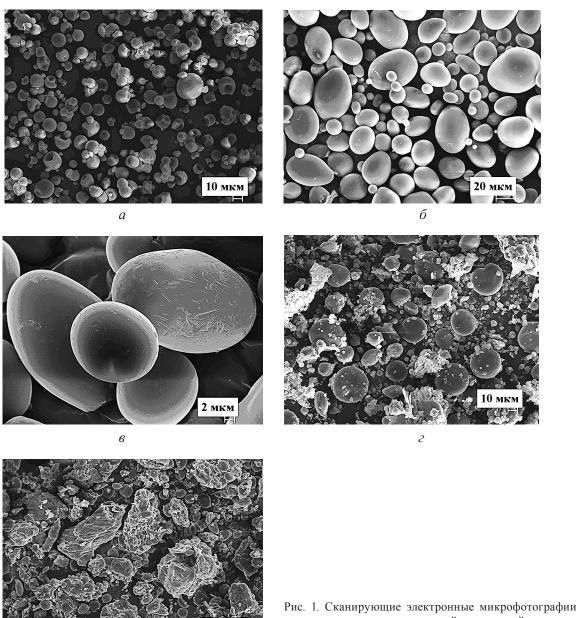
На рис. 1 показана морфология картофельного крахмала, а также муки ржаной обдирной и муки пшеничной высшего сорта марки М 54-28. При сравнительном исследовании нативных крахмалов выявлено, что имеются различия в размерах и форме крахмальных гранул тапиокового и картофельного крахмала. У нативного тапиокового и картофельного крахмала поверхность гранул гладкая.

Таблица 1. Содержание крахмала в муке и гранулометрический состав крахмала, %

Вид муки	Содержание крахмала, %	Размеры гранул, мкм									
		мелкие до 20 мкм				средние 20-40 мкм				крупные >40 мкм	
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	
Пшеничная	69,1	19,3	26,3	8,8	29,8	10,5	5,3	-	_	_	
Ржаная	65,9	1,3	21,3	5,3	16,0	20,0	16,0	6,7	12,0	1,4	

Изучение морфологической структуры крахмальных гранул показывает, что для гранул окисленного картофельного крахмала характерно появление «трещин» и «бороздок». Необходимо также отметить шероховатость поверхности у гранул окисленного картофельного крахмала.

Как видно из приведенного рис. 1, мука ржаная обдирная и мука пшеничная высшего сорта представляют собой совокупность крахмальных зерен, преимущественно правильной сфериче-



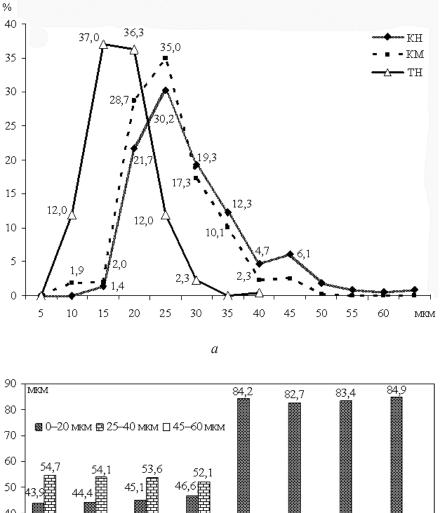
20 мкм

d

гис. 1. Сканирующие электронные микрофотографии крахмала и муки: *а* — нативный тапиоковый крахмал; *б* — нативный картофельный крахмал; *в* — окисленный картофельный крахмал; *г* — мука ржаная обдирная; *д* — мука пшеничная высшего сорта марки М 54-28

ской формы, а также комочков и отдельных некрахмальных частиц, вероятно, белковой, целлюлозной и гемицеллюлозной природы, причем некрахмальные частицы у ржаной муки намного более мелкие по сравнению с частицами пшеничной муки. В пшеничной муке некрахмальные частицы образуют крупные конгломераты и, возможно, имеют внутри себя крахмальные гранулы.

Как видно из рис. 2, наибольшее количество мелких гранул крахмала присуще тапиоковому крахмалу (97,3% по количеству). Картофельный крахмал характеризуется наличием мелких и средних гранул, причем в модифицированном крахмале мелких гранул на 4,3% больше по сравнению с нативным крахмалом.



40 30 17,1 15,8 16.6 15,2 20 10 Кантроль сКН сКМ cTH Контроль c KH  $c\,\mathrm{KM}$ сТН Ржаной хлеб Сайки пшеничные б

Рис. 2. Гранулометрический состав крахмальных гранул (a) и гранулометрический состав крахмальных гранул в тесте ( $\delta$ )

Форма крупных и средних гранул в картофельном нативном крахмале в основном округлая, а в картофельном модифицированном крахмале группы «средние» – преимущественно продолговатая (табл. 2).

Пшеничный Ржаной КН Показатель КМ TH нативный нативный Распределение крахмальных гранул по форме, % Крупные: всего 4,3 0,2 0 0 1,4 0 0 0,2 продолговатые 2,0 0 1,2 2,3 0,2 0 0 округлые Средние: 42,4 32,2 2,7 15,8 54,7 всего 21,5 2,0 7,6 13,5 продолговатые 3.1 39,3 10,7 0,7 8,2 41,2 округлые Мелкие: 53,3 67,6 97.3 84,2 43,9 всего Содержание амилозы и амилопектина, % 15,1 12,6 11,6 25,8 23,1 Амилоза 84,9 87,4 88,4 74,2 76,9 Амтилопектин Особенности фазовой структуры, % Относительная степень: 35,0 39,4 390 27,5 кристалличности 36,4 аморфности (а) 65,0 60,6 61,0 63,6 72,5 Коэффициент сродства

Таблица 2. Сравнительная оценка свойств крахмалов

Тапиоковый и пшеничный крахмал характеризуются повышенным содержанием мелких гранул. Ржаной крахмал представлен в большей степени наличием средних по размерам гранул по сравнению с мелкими гранулами. Отмечается, что лучшей в хлебопекарном отношении является ржаная мука, содержащая крахмальные гранулы средних размеров и наименьшее количество пластидных гранул [13].

0,747

0,784

0,894

0,801

к химическому модифицирующему фактору (K)

При определении содержания амилозы в крахмалах (табл. 2) установлено, что крахмал пшеничный и ржаной содержат больше амилозы по сравнению с крахмалами, вводимыми в рецептуру. Наименьшее количество амилозы имеется в картофельном модифицированном и тапиоковом нативном крахмале. Корреляция между содержанием амилозы и размерами гранул слабая: между средними гранулами r = +0.266, между мелкими r = -0.244. В связи с этим необходимо определить фазовые особенности.

Анализ фазовой структуры крахмалов (табл. 2) указывает на значительную относительную степень аморфности, особенно в ржаном крахмале.

Как известно, компактные области с упорядоченной структурой, обладающие кристалличностью, гидролизуются медленно. Менее упорядоченные участки, богатые точками ветвления, гидролизуются значительно быстрее [14].

Анализируя фазовую структуру крахмала, можно оценить степень сродства крахмала к химически модифицирующему фактору. Основной критерий химического модифицирующего фактора (аморфность) рассчитываются по формуле

$$K = a/a_{\text{max}}$$

где K — коэффициент сродства к химическому модифицирующему фактору, ед. сродства; a — аморфность крахмала, %;  $a_{\rm max}$  — максимальная аморфность крахмала, % ( $a_{\rm max}$  = 81,1% — у ячменного и горохового крахмала).

Аморфная часть гранул образует непрерывную фазу и включает кристаллические образования крахмала типа ламелей (рис. 3). Степень кристалличности природного крахмала зависит от его происхождения. Характерное строение крахмальных гранул обуславливает двойное лучепреломление. Методом широкоуглового рентгеновского рассеяния обнаружено, что крахмал зерен злаков образует A-структуру, клубневой крахмал – B-структуру.

Установлено, что крахмальная гранула неоднородно окрашивается полярными красителями (см. рис. 3). Это свидетельствует о различном содержании заряженных групп в разных областях гранулы, а также о разной интенсивности протекания реакций в разных областях одной и той же гранулы.

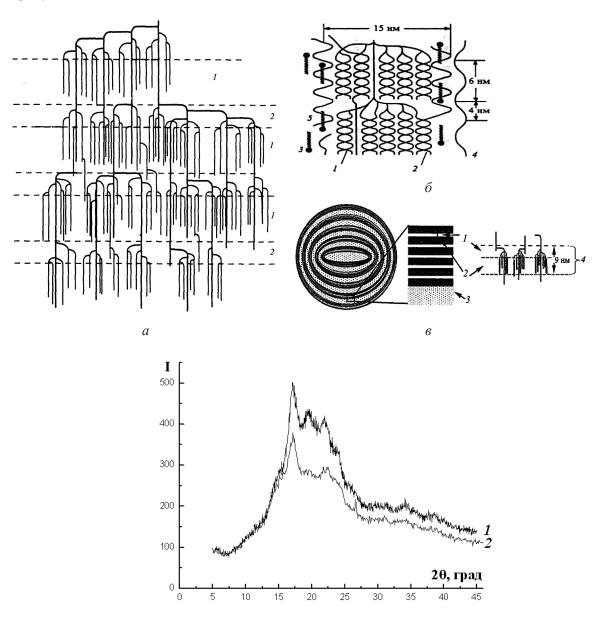


Рис. 3. Строение нативного крахмала и фазовый анализ: a – амилопектин (I – кристаллические области, 2 – аморфные области);  $\delta$  – упаковка полисахаридов цепей крахмала (I – спирали амилопектина, 2 – гибридные спирали амилозы и амилопектина, 3 – свободные липиды, 4 – свободная амилоза, 5 – V-структуры амилозы); s – крахмальная гранула (I – аморфная ламель; 2 – кристаллическая ламель; 3 – аморфное ростовое кольцо; 4 – один кластер);  $\varepsilon$  – рентгентограммы картофельного крахмала (I – нативный; 2 – окисленный)

Зная характер упаковки полисахаридных молекул и распределение цепей амилопектина в разных областях гранулы (см. рис. 3, табл. 2), можно утверждать, что более интенсивно окрашиваются аморфные области гранулы модифицированного крахмала поскольку фосфаты, которые влияют на окрашивания, находятся преимущественно в *B*-цепях амилопектина (их более всего в аморфных областях); окислителю легче атаковать амилопектин в неплотно упакованных аморфных областях и по этой причине в этих областях имеется большее число заряженных функциональных групп.

Между содержанием амилозы и степенью аморфности корреляционная связь заметная: r = +0.534.

Анализ вязкости картофельных и тапиокового крахмальных клейстеров (рис. 4) свидетельствует о том, что они в процессе хранения подвергаются ретроградации, причем более резкая ретроградация происходит в картофельном нативном клейстере.

Вязкость крахмальных клейстеров с модифицированного (окисленного) и тапиокового нативного крахмалов почти однотипна, и ее изменение описывается линейными уравнениями связи. В связи с эти дальнейшие исследования при выпечке хлебных изделий целесообразно провести с картофельным окисленным и тапиоковым нативным крахмалом.

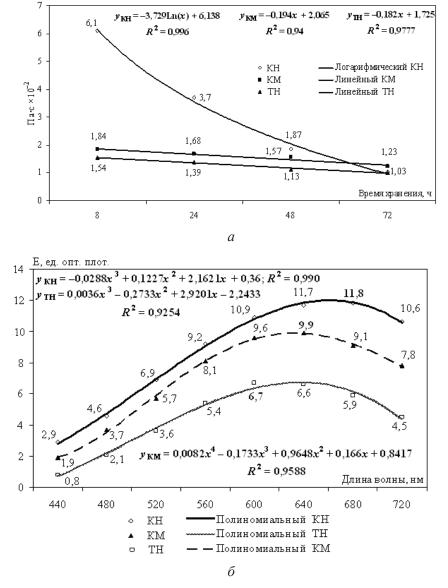


Рис. 4. Вязкость и поглощения йодного комплекса крахмальных клейстеров: *а* – вязкость свежих и хранящихся крахмальных клейстеров; *б* – поглощение йодного комплекса свежеклейстеризованных крахмальных полисахаридов

В соответствии с исследованиями Д. П. Лисовской [15] установлено, что при хранении крахмальных клейстеров происходит упрочение структуры амилопектина с выделением части захваченной влаги, высвобождение амилозы, что оказывает влияние на вязкость.

Длина волны максимальных экстинкций (E = lg1/I, где E - эксьтинкция; I - интенсивность) йодных комплексов крахмальных полисахаридов в исследуемых крахмалах различная (см. рис. 4). Так, для картофельного нативного крахмала E = 11.8 при  $\lambda = 680$  нм; картофельного модифицированного крахмала – E = 9.9 при  $\lambda = 640$  нм; тапиокового крахмала – E = 6.7 при  $\lambda = 600$  нм.

В хранящихся крахмалах указанные спектры располагаются ниже. При ретроградации крахмал становится более устойчивым к действию амилаз, увеличивается мутность клейстера, уменьшается способность к образованию окрашенного комплекса с йодом, а часть крахмала выпадает в осадок.

В тесте для выпечки был определен гранулометрический состав крахмалов для хлебопечения (см. рис. 1): тесто представлено в основном мелкими и средними гранулами крахмала; большое количество мелких гранул крахмала в тесте, приготовленном на основе пшеничной муки.

Хлебобулочные изделия были изготовлены в соответствии со следующими разработанными нами рецептурами:

1) рецептура хлеба ржаного: мука ржаная обдирная -95,0 кг, дрожжи хлебопекарные прессованные -0,1 кг, соль поваренная пищевая -1,5 кг, патока крахмальная -4,0 кг, сыворотка молочная сухая -1,0 кг, крахмальная добавка (крахмал химически модифицированный окисленный или крахмал тапиоковый нативный) -5,0 кг;

2) рецептура сайки пшеничной: мука пшеничная высшего сорта М 54-23-95,0 кг, дрожжи хлебопекарные прессованные -1,5 кг, соль поваренная пищевая -1,3 кг, сахар-песок -6,0 кг, маргарин -2,5 кг, масло растительное подсолнечное -0,15 кг, крахмальная добавка (крахмал химически модифицированный окисленный или крахмал тапиоковый нативный) -5,0 кг.

Хлебобулочные изделия, выпеченные из муки ржаной обдирной и пшеничной высшего сорта с вводом картофельного окисленного крахмала и тапиокового нативного крахмала (табл. 3), характеризуются пониженным содержанием массовой доли влаги, исключая сайки с вводом тапиокового нативного крахмала, по сравнении с контролем (без ввода крахмала) и повышенной пористостью мякиша. При этом пористость мякиша изделий с вводом окисленного крахмала выше, чем с вводом тапиокового крахмала. По органолептическим показателям все изделия соответствовали требованиям соответствующих ТНПА.

Таблица 3. Сравнительная оценка влияния различных типов крахмалов на качество хлебных изделий

		Ржаной хлеб		Сайки пшеничные							
Показатель	контроль (без крахмала)	с вводом крахмала КМ	с вводом крахмала ТМ	контроль (без крахмала)	с вводом крахмала КМ	с вводом крахмала ТМ					
Массовая доля влаги и пористость хлебобулочных изделий, %											
Массовая доля влаги	49,0	48,0	48,0	42,0	41,5	42,5					
Пористость мякиша	51	55	53	68	72	70					
I I	Изменение влаж	ности хлебобул	очных изделий	в процессе хран	ения, %						
Время хранения, ч:											
8 (свежие)	49,0	48,0	48,0	42,0	41,5	42,0					
24	47,0	48,0	48,0	41,0	41,5	42,0					
48	46,0	47,5	47,0	40,0	41,0	41,5					
72	44,0	47,0	46,5	38,5	40,0	40,0					
	Оценка свеж	сести/черствос	ти хлебобулоч	ных изделий, бал	ПЛЫ						
Время хранения, ч:											
4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0					
8	4,9	5,0	5,0	4,6	4,8	4,8					
24	4,5	4,6	4,6	4,3	4,5	4,4					
48	3,7	3,8	3,8	3,6	3,7	3,7					
72	2,9	3,0	3,0	2,3	2,7	2,8					

В процессе хранения хлебобулочных изделий при температуре  $20\pm2$  °C и относительной влажности воздуха 75% происходит уменьшение массовой доли влаги в ржаном хлебе и пшеничных сайках (см. табл. 3).

Однако необходимо определить, как изменение массовой доли влаги сочетается со свежестью/чертвостью изделий. Дифференцированная балльная оценка проведена по следующей бальной системе: очень свежий -5; свежий -4; умеренно черствый -3; черствый -2; очень черствый -1.

В табл. 3 представлены также результаты оценки свежести/черствости хлебобулочных изделий при разной длительности хранения, проведенной 20 дегустаторами по средним результатам признаков качества (вкус, запах, мягкость мякиша, крошковатость), которые свидетельствуют об изменении балльной оценки в процессе хранения и признаках черствения изделий. Проведенной корреляцией между изменением массовой доли влаги и балльной оценкой установлено: коэффициент корреляции в ржаном хлебе составляет +0,858, в пшеничных сайках +0,909.

Установлена также очень высокая прямая корреляция между вязкостью крахмальных клейстеров и показателями свежести/черствости изделий на всех этапах хранения. Так, по ржаному хлебу r=+0,978; по пшеничным сайкам с модифицированным крахмалам r=+0,960, с тапиоковым нативным крахмалом r=+0,969.

В основе черствения лежит диффузия молекул воды в структуру и гидратация полярных групп атомов макромолекул крахмала. Гидратированные цепочки молекул крахмала сцепляются по месту негидратированных (неполярных) «угловых» групп, образуя пространственную сетчатую структуру. При дальнейшем сближении в ориентации гидратированных частиц происходит частичное «выживание» воды из структуры.

Ретроградация линейных молекул крахмала осуществляется с большей скоростью, так как они быстрее образуют кристаллические области при 25 °C через 24 ч.

Установлено уменьшение скорости черствения хлебобулочных изделий, изготовленных из теста, в структуру которого входит крахмалом с высокой степенью кристалличности.

Нами показано повышение степени кристалличности (на 4%) с одновременным уменьшением размеров крахмальных гранул окисленного картофельного крахмала по сравнении с нативным (см. рис. 2, 3, табл. 2). Это можно объяснить расщеплением водородных, стабилизирующих полимерные цепочки крахмала, связей с последующей перегруппировкой (перераспределением) полимерных цепей в крахмальной грануле, в первую очередь амилозы, которая способствует образованию их плотной упаковки (т. е. появлению большого количества кристаллических областей в ламели), стабилизированной водородными связями. Образование более плотной упаковки в крахмальной ламели, по нашему мнению, вызывает эффект уменьшения (сжатия) размера гранулы. В результате более плотной упаковки полимерных цепей существенно снижается возможность диффузии молекул воды в структуру ламели, гидратация имеющихся у крахмала полярных групп и, как следствие этого, предотвращается образования пространственной сетчатой (аморфной) структуры, которая стимулирует ретроградацию.

#### Выводы

Исследуемые крахмалы характеризуются в основном содержанием средних и мелких гранул. Больше мелких гранул входит в состав тапиокового нативного и пшеничного крахмала. Картофельный модифицированный (окисленный) крахмал характеризуется повышенным содержанием продолговатых гранул по сравнению с картофельным нативным крахмалом.

Корреляция между содержанием амилозы и размерами гранул слабая, но между содержанием амилозы и степенью аморфности заметная.

Вязкость крахмальных клейстеров и пониженная экстинкция йодных полисахаридов показывает некоторую однотипность картофельных нативного и модифицированного крахмалов, а также нативного тапиокового крахмала.

Тесто для выпечки из ржаной и особенно из пшеничной муки характеризуется большим содержанием мелких крахмальных гранул. По органолептическим показателям хлебобулочные изделия соответствуют требованиям ТНПА. Пористость хлебобулочных изделий с добавлением картофельного модифицированного и тапиокового нативного крахмала в рецептуру выше по сравнению с контролем (без ввода крахмала).

Изменение массовой доли влаги и показателей свежести/черствости изделий характеризуется высоким коэффициентом корреляции и не зависит от размеров исходных крахмальных гранул в тесте.

Положительное влияние на качество пшеничных и ржаных хлебобулочных изделий оказывает добавление как картофельного модифицированного, так и тапиокового нативного крахмала. В большей степени это влияние проявляется при добавлении картофельного модифицированного крахмала.

Использование научных разработок по продлению срока хранения в свежем виде позволит предприятиям хлебопекарной отрасли получить не только экономический эффект, но и улучшить снабжение населения высококачественным продуктом питания.

#### Литература

- 1. S and stedt, R.M. The function of starch in the baking of bread / R.M. Sandstedt // Baker's Dig. 1961. Vol. 35, N 3. P. 36-44.
  - 2. Козьмина. Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н. П. Козьмина. М.: Колос, 1976. 375 с.
- 3. Lindet, L. On the condition of starch in fresh and in stale bread / L. Lindet // Soc. Chimique de Paris, Ser. 1902. Vol. 27, N 3. P. 634–639.
- 4. Whistler, R.L. Starch retrogradation / R.L. Whistler // In Starch and its derivatives (3 rd.ed.) / ed. by J. A. Radley. Vol. 1. Chapman and Hall. London, 1953. P. 134.
  - 5. Rotsch, A. The significance of starch for crumb formation / A. Rotsch, Brot Gebaeck. 1953. Vol. 7. P. 122–125.
- 6. Рихтер, М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, З. Аугустат, Ф. Ширбаум; пер. с нем. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 182 с.
  - 7. Андреев Н. Р. Основы производства нативных крахмалов / Н. Р. Андреев. М., 2001. С. 289.
  - 8. Химия и технология крахмала / под ред. Р. В. Керра; перевод с англ. М., 1956. С. 579.
  - 9. Sair, L. Water sorption by starches / L. Sair, W.R. Fetzer // Ind. Eng. Chem. 1944. Vol. 36. P. 205-208.
- 10. Литвяк, В. В. Морфологическая характеристика нативных крахмалов различного ботанического происхождения / В. В. Литвяк, С. М. Бутрим, В. В. Москва // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2010. – № 1. – С. 91–99.
- 11. Морфологическая характеристика крахмальных гранул картофеля (*Solanum tuberosum*) различных сортов / В. В. Литвяк [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. 2010. № 3. С. 99–103.
- 12. Козлова, В. Литвяк, И. Мельситова // Наука и инновации. –2010. Т. 91, № 9. С. 43–48.
- 13. Лисовская, Д. П. Химический состав и товароведно-технологические свойства некоторых районированных и перспективных сортов ржи: автореф... дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / Д. П. Лисовская. М.: 1980. 25 с.
- 14. Исследование строения модифицированных крахмалов методом микроскопирования / В. В. Литвяк [и др.] // Хлебопек. 2007. № 5. С. 24–27.
- 15. Лісоўская, Д. П. Якасць крухмалаў некаторых сартоў жыта / Д. П. Лісоўская // Вес. Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. -1987. -№ 1. C. 38-40.

V. V. LITVYAK, E. V. ROSHCHINA, D. P. LISOVSKAYA, S. Ch. GONCHARUK

# COMPARATIVE EVALUATION OF STARCH PROPERIES AND THEIR INFLUENCE ON THE QUALITY OF BAKERY PRODUCTS

#### **Summary**

The article presents the comparative evaluation of starch content in flour, grain-size composition and forms of grains in flour and starch to be included in the recipe of bakery products. The content of amylose, the degree of viscosity of fresh and aging starch paste and absorption spectra of iodine complex of starch polysaccharides are identified. The interrelation between the indicators is established.