

ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА РЖАНО-ПШЕНИЧНОЙ СМЕСИ С АМАРАНТОВОЙ КРУПЯНОЙ МУКОЙ

Н.А. ШМАЛЬКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: shmalko.na@outlook.com*

Статья посвящена вопросу изучения влияния амарантовой крупяной нативной муки на хлебопекарные свойства ржано-пшеничных смесей. Хлебопекарные свойства сырья оценивались по состоянию его углеводно-амилазного комплекса: автолитической активности, сахарообразующей способности, активности амилолиза (атакуемости) крахмала. Амарантовая крупяная нативная мука отличается от хлебопекарной муки повышенной автолитической активностью и ферментативной активностью бета-амилазы, большим количеством собственных сахаров и наличием атакуемого при амилолизе мелкозернистого крахмала. Для выработки хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки стандартного качества использование амарантовой крупяной нативной муки в качестве крупяного продукта является целесообразным в случае переработки хлебопекарной муки с пониженной ферментативной (автолитической) активностью при показателе числа падения ржано-пшеничной смеси не менее 327-330 с.

Ключевые слова: Мука амарантовая крупяная нативная, хлебопекарные свойства ржано-пшеничных смесей, качество хлеба.

В 2013 г. в Российской Федерации введён в действие межгосударственный стандарт – ГОСТ 31807-2012 «Изделия хлебобулочные из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки. Общие технические условия», распространяемый на хлебопекарную продукцию, предназначенную для непосредственного употребления в пищу, а также как сырьё для производства панировочных сухарей, сухарей-гренков и др. Стандарт не распространяется на хлебобулочные изделия пониженной влажности, хлебобулочные изделия, приготовленные способом жарки, диетические хлебобулочные изделия и хлебобулочные изделия для детского питания.

Согласно требований данного стандарта к основным видам сырья для производства хлебобулочных изделий относят и зерновые продукты, т.е. зерновые, крупяные и зернобобовые культуры, их смеси, а также продукты их переработки. Допускается выработать хлебобулочные изделия из смеси

ржаной и пшеничной муки в смеси с зерновыми продуктами в количестве не более 10,0 % от массы этой смеси.

Зерновые продукты в составе основного хлебопекарного сырья представлены кукурузной мукой (ГОСТ 14176), соевой дезодорированной обезжиренной мукой (ГОСТ 3898), овсяными хлопьями (ГОСТ 21149), крупой, разрешённой для применения в пищевой промышленности и продуктами её переработки.

Для расширения ассортимента крупяных изделий предложен инновационный способ размола зерна амаранта [1] с получением целевого крупяного продукта выходом (53,0÷56,0) % – хлопьев амарантовых нативных с последующим их измельчением в амарантовую крупяную нативную муку выходом (82,0÷88,0) %. Формируемая в основном из частиц крахмалистого перисперма зерна амаранта, амарантовая крупяная мука отличается большим в (3,6÷9,1) и (1,1÷1,2) раза содержанием собственных сахаров и крахмала, чем хлебопекарная мука (табл. 1).

Как правило, технологические свойства крупяного сырья отличаются от хлебопекарных свойств ржаной и пшеничной муки, что требует проведения дополнительных исследований по оценке его углеводно-амилазного комплекса: автолитической активности, сахарообразующей способности, активности амилолиза (атакуемости) крахмала.

Т а б л и ц а 1 – Химический состав муки [2]

Наименование компонентов	Мука пшеничная хлебопекарная		Мука ржаная обдирная	Мука амарантовая крупяная
	высшего сорта	первого сорта		
Влага, %	14,0	14,0	14,0	12,4
Белки, %	10,3	10,6	8,9	6,8
Липиды, %	1,1	1,3	1,7	1,7
Крахмали декстрины, %	68,7	67,1	59,3	72,5
Моно- и дисахариды, %	0,2	0,5	0,9	3,2
Клетчатка, %	0,1	0,2	1,2	2,5
Зола, %	0,5	0,7	1,2	0,8
Минеральные вещества, мг на 100 г:				
натрий	3	4	1	67

калий	122	176	200	146
кальций	18	24	19	85
магний	16	44	25	74
фосфор	86	115	129	290
железо	1,2	2,1	2,9	22
Витамины, мг на 100 г:				
тиамин	0,17	0,25	0,25	3,41
рибофлавин	0,06	0,08	0,08	1,47
ниацин	1,20	2,20	2,20	–
β-каротин	–	Сл.	0,005	–
пиридоксин	0,17	0,22	0,25	2,1
токоферол	2,57	3,05	3,66	1,02
Энергетическая ценность, ккал	334	331	304	360

Показатель автолитической активности хлебопекарной муки (ГОСТ 27495) определяется по способности при прогреве её водной суспензии накапливать определённое количество водорастворимых веществ.

Показатель числа падения зернопродуктов (ГОСТ 27678) определяется путём измерения длительности приготовления клейстеризованной водно-мучной суспензии в вискозиметрической пробирке при температуре плюс 100 °С, времени опускания в ней калиброванного по геометрическим размерам и массе штока, а также фиксации суммарного времени в секундах.

При прогреве водной суспензии амарантовой крупяной муки количество водорастворимых веществ, определяемых по ГОСТ 27495, накапливается больше, чем при прогреве суспензии пшеничной муки, но меньше, чем при прогреве суспензии ржаной муки (табл. 2).

Показатель числа падения по ГОСТ 27678 в клейстеризованной пробе амарантовой крупяной муки в (2,3÷6,3)раза ниже, чем в клейстеризованных пробах хлебопекарной ржаной и пшеничной муки, что обусловлено высокой атакуемостью крахмала зерна амаранта при прогреве вследствие его мелкозернистой ячеистой структуры [3].

Таблица 2 – Автолитическая активность муки [2]

Объекты исследования	Количество водорастворимых веществ в муке, % в перёсчете на сухое вещество	Число падения, с
Мука пшеничная высшего сорта	15,79	393
Мука пшеничная первого сорта	23,70	414
Мука ржаная обдирная	53,86	150
Мука амарантовая крупяная	30,00	64

Для инструментальной оценки углеводно-амилазного комплекса зернопродуктов предложен эффективный способ контроля и регулирования автолитической активности [4] с помощью информационно-измерительного комплекса на базе прибора амилотест АТ-97 (ЧП-ТА).

Реологическое поведение клейстеризованных водно-мучных суспензий: кинетика по изменению скорости деструкции крахмального геля, λ , с^{-1} , под действием собственных амилолитических ферментов и динамика по расчётному критерию автолитической активности, Δ , исследуется путём измерения их вязкости при постоянной температуре термостатирования плюс $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 20 мин в режиме «тестограмма»:

$$F(\tau) = (F_{\max} - F_{\min}) \cdot \exp(-\lambda\tau) + F_{\min}; \quad (1)$$

$$\Delta = [(F_{\max} - F_{\min}) / F_{\min}] \cdot \lambda, \quad (2)$$

где F_{\max} – максимальная вязкость крахмального геля, Н;

F_{\min} – минимальная вязкость крахмального геля, Н.

Результаты исследований реологического поведения водно-мучных суспензий хлебопекарной и крупяной муки приведены на рис. 1-4.

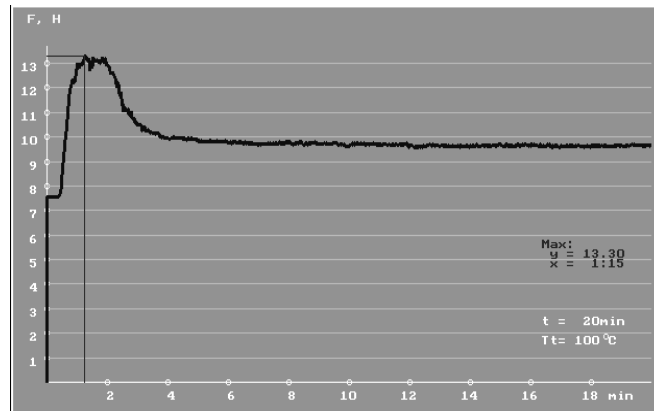


Рис. 1. Тестограмма муки пшеничной высшего сорта:

$$F(1,15) = (13,30 - 9,60) \times e^{-\lambda \cdot 1,15} + 9,60;$$

$$\lambda = 0,83; \Delta = 0,32$$

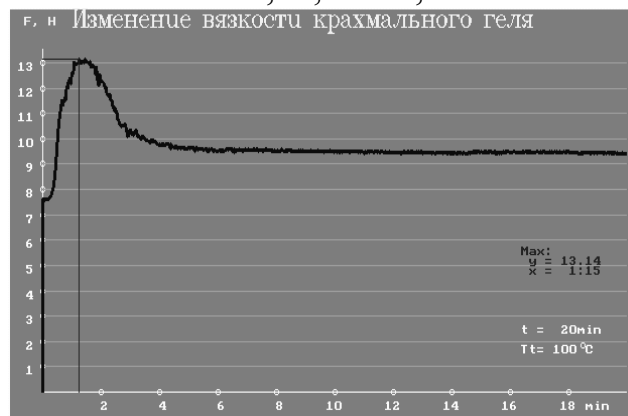


Рис. 2. Тестограмма муки пшеничной первого сорта:

$$F(1,15) = (13,14 - 9,40) \times e^{-\lambda \cdot 1,15} + 9,40;$$

$$\lambda = 0,80; \Delta = 0,32$$

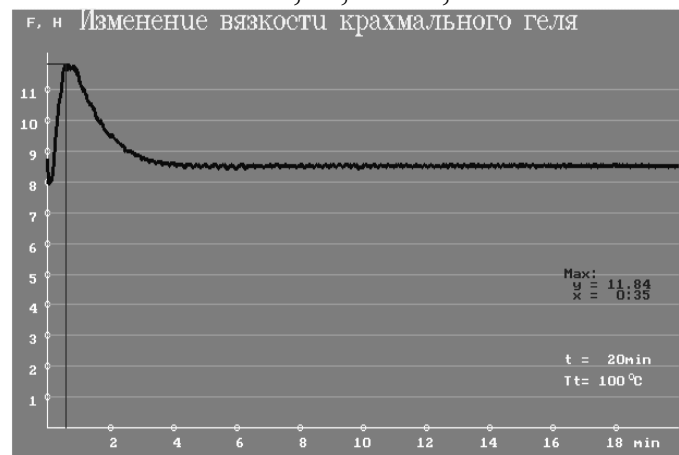


Рис. 3. Тестограмма муки ржаной обдирной:

$$F(0,35) = (11,84 - 8,50) \times e^{-\lambda \cdot 0,35} + 8,50;$$

$$\lambda = 2,67; \Delta = 1,05$$

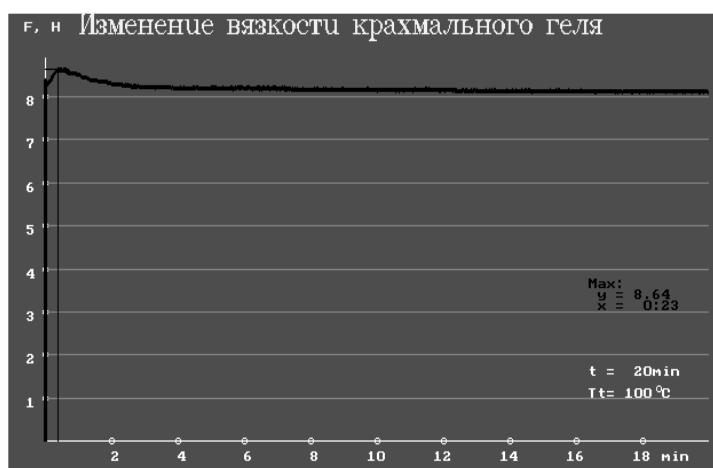


Рис. 4. Тестограмма муки амарантовой крупяной нативной:

$$F(0,23) = (8,64 - 8,00) \times e^{-\lambda \cdot 0,23} + 8,00;$$

$$\lambda = 10,98; \Delta = 0,88$$

Среди объектов исследования наличие прямоугольного участка кривой на тестограмме как плато-фазы стабильности характерно только для пшеничной муки (рис. 1,2). Предположительно, при прогреве её водной суспензии на начальном этапе клейстеризации осуществляется образование комплекса с амилозой, который при дальнейшем прогреве способен быть устойчивым к деструкции [5].

Для амарантовой крупяной муки (рис. 4) характерный «пик» вязкости на тестограмме выражен слабо по причине механической деструкции зёрен крахмала амаранта при вальцевании нативных хлопьев. Расчётный критерий автолитической активности клейстеризованной пробы крупяной муки приближается к показателю для клейстеризованной пробы ржаной муки, что позволяет прогнозировать сочетание данных видов сырья в рецептуре хлеба.

С атакуемостью крахмала действию амилаз связана и сахаробразующая способность, обуславливающая образование при автолизе водно-мучной суспензии определённое количество мальтозы за счёт проявления активности, главным образом, бета-амилазы (табл. 3). Суммарная активность амилолитических ферментов амарантовой крупяной муки приближается к таковой для ржаной муки, отличаясь, наибольшей активностью бета-амилазы.

Т а б л и ц а 3 – Активность амилолитических ферментов муки [2]

Объекты исследования	Активность амилолитических ферментов, мг гидролизованного крахмала за 60 мин		
	суммарная	альфа-амилаза	бета-амилаза
Мука пшеничная первого сорта	28,39	2,35	26,04
Мука пшеничная высшего сорта	32,09	2,86	29,23
Мука ржаная обдирная	44,76	19,90	24,86
Мука амарантовая крупяная	42,97	6,64	36,33

Максимальное количество матользы в мг, образующееся из пробы муки массой 100 г в течение 60 мин её настаивания в 50 см³ воды при температуре плюс 27 °С, наблюдается в пробе амарантовой крупяной нативной муки (10,80 мг), что в 1,3 и 1,7 раза выше, чем в пробах ржаной и пшеничной муки.

С целью определения целесообразности применения амарантовой крупяной муки при производстве хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки проведены исследования по оценке автолитической активности мучной смеси на приборе амилотест АТ-97 (ЧП-ТА).

В анализе использовалась мучная смесь, состоящая из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с пониженной автолитической активностью (число падения 396 с в режиме «процесс клейстеризации» при норме 220-250 с), муки ржаной обдирной хлебопекарной с пониженной автолитической активностью (число падения 258 с в режиме «процесс клейстеризации» при норме 150-180 с), муки амарантовой крупяной нативной (число падения 66 с в режиме «процесс клейстеризации»), взятых в соотношениях: 50,0:47,2:2,5; 50,0:45,0:5,0; 50,0:42,5:7,5; 50,0:40,0:10,0; 50,0:37,5:12,5; 50,0:35,0:15,0.

Результаты исследования реологического поведения водно-мучных суспензий исследуемых соотношений композитной мучной смеси приведены в табл. 4. В клейстеризованных пробах ржано-пшеничной смеси с амарантовой крупяной мукой скорость деструкции крахмального геля, по сравнению с контрольной пробой, с увеличением дозировки добавки повышается.

Т а б л и ц а 4 – Реологические характеристики клейстеризованных водно-мучных суспензий композитной мучной смеси на приборе амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)

Компонент/мучная смесь	Вязкость крахмального геля, Н		Скорость деструкции крахмального геля, $\lambda, \text{с}^{-1}$	Расчётный критерий автолитической активности, Δ
	максимальная	минимальная		
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (А)	13,30	9,60	0,83	0,32
Мука ржаная обдирная (В)	11,84	8,50	2,67	1,05
Мука амарантовая крупяная (С)	8,52	7,75	3,91	0,39
Смесь А:В – 50,0:50,0	12,64	9,20	0,74	0,28
Смесь А:В:С – 50,0:47,5:2,5	12,94	9,00	0,81	0,36
Смесь А:В:С – 50,0:42,5:7,5	11,94	8,45	0,78	0,32
Смесь А:В:С – 50,0:40,0:10,0	11,56	8,70	0,99	0,29
Смесь А:В:С – 50,0:37,5:12,5	11,40	8,90	0,97	0,27
Смесь А:В:С – 50,0:35,0:15,0	11,64	9,00	1,14	0,33

Период снижения ферментативной активности альфа-амилазы в ходе клейстеризации водно-мучных суспензий наблюдается при добавлении (10,0÷12,5) % добавки взамен ржаной муки при одновременном повышении её водопоглотительной способности при прогреве и, тем самым, проявления гидродинамического фактора сохранения устойчивости крахмала амилолизу.

Влияние добавления амарантовой крупяной муки на качество хлеба, приготовленного из смеси хлебопекарной ржаной и пшеничной муки, приведено в табл. 5. Тесто готовилось ускоренным способом с использованием сухой закваски-подкислителя «Аграм тёмный», состоящей из муки пшеничной набухающей, кислоты лимонной, ацетата кальция, муки обжаренной

солодовой, колера сахарного (Е150), что сокращало продолжительность созревания мучного полуфабриката при достижении необходимой кислотности.

Таблица 5 – Влияние амарантовой крупяной муки на качество хлеба [2]

Показатели качества	Контроль	Дозировка амарантовой крупяной муки, %					
		2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
Удельный объем формового хлеба, см ³ /100 г	192	193	202	206	207	207	205
Формоустойчивость подовых изделий (Н:Д)	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40
Кислотность, град.	4,6	4,5	4,7	5,0	5,5	5,5	6,0
Влажность, %	45,6	45,6	45,8	45,8	45,9	46,0	46,0
Пористость, %	59,0	60,0	61,0	63,0	64,0	64,0	62,0
Реологические свойства мякиша, ед. пр. АП-4/2:							
$\Delta N_{\text{общ}}$	59	61	64	65	70	70	76
$\Delta N_{\text{пл}}$	42	41	43	44	47	48	52
$\Delta N_{\text{упр}}$	17	20	21	21	23	22	24
Содержание ароматических веществ (мл 0,1 моль/дм ³ раствора йода)	5,5	6,1	6,2	6,3	6,5	6,5	6,7

Удельный объем формового хлеба при добавлении амарантовой крупяной муки в дозировках от 2,5 % до 15,0 % вместо ржаной обдирной муки повышается по сравнению с контролем на (0,5÷7,8) %, пористость – на (1,7÷8,5) %, кислотность – в 1,3 раза, общая сжимаемость мякиша – на (3,4÷28,8) %, содержание ароматических веществ в мякише хлеба – на (11,0÷21,8) % соответственно. Влажность мякиша и формоустойчивость в опытных пробах изменяется незначительно.

Повышенным качеством отличается проба хлеба, приготовленного из смеси хлебопекарной ржаной и пшеничной муки с внесением 10,0 % амарантовой крупяной муки, отвечающая требованиям ГОСТ 31807-2012 «Изделия хлебобулочные из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки. Общие

технические условия»: влажность мякиша, %, не более 53,0; кислотность мякиша, град, не более 12,0; пористость, % не менее 46,0.

Соответственно, для выработки хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки стандартного качества использование амарантовой крупяной нативной муки в качестве крупяного продукта является целесообразным в случае переработки хлебопекарной муки с пониженной ферментативной (автолитической) активностью при показателе числа падения ржано-пшеничной смеси не менее 327-330 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмалько Н.А. Инновационные способы и технологии размола зерна амаранта // «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортопереживание». – Сборник материалов международной научно-практической конференции, 21 июня 2016 г. Краснодар: КубГТУ, 2016. – С. 270-273.

2. Шмалько Н.А., Росляков Ю.Ф. Амарант в пищевой промышленности: монография. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. – 489 с.

3. Крахмал и крахмалопродукты / В.В. Литвяк [и др.]: монография; под ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.Ф. Рослякова. – Краснодар: Изд. ФБГОУ ВПО «КубГТУ», 2013. – 204 с.

4. Способ контроля и регулирования автолитической активности пшеничной муки. Пат. 2145417 Россия, С1 7 01N33/02 / В.Я. Черных, М.А. Ширшиков, А.А. Бочарников, Т.В. Лущик; НПФ «Радиус». - № 99113426/13; Заявл. 01.07.1999; опубл. 10.02.2000. – Бюл. № 4.

5. Реологические характеристики углеводно-амилазного комплекса хлебопекарных смесей с амарантовой мукой / Н.А. Шмалько [и др.]// Техника и технология пищевых производств, 2011. - № 22 (Т.3). – С. 82-86.

REFERENCES

1. Shmalko N.A. Innovative methods and technologies of grinding grain amaranth // «Sustainable, environmentally friendly technologies and equipment for food processing of agricultural raw materials; advance import». – Collected materials of the international scientific-practical conference, June 21, 2016 Krasnodar: KubGTU, 2016. – P. 270-273.

2. Shmalko N.A., Roslyakov Y.F. Amaranth in the food processing industry: a monograph. - Krasnodar: Education-South, 2011. - 489 p.

3. Starch and starch products / V.V. Litvyak [et al.]: Monograph; ed. Dr. tehn. Sciences, prof. Y.F. Roslyakov. - Krasnodar: Publishing. FBGOU VPO "KubGTU", 2013. - 204 p.

4. A method for controlling and regulating the autolytic activity of wheat flour. Pat. 2145417 Russia, C1 7 01N33/02 / V.J. Chernyh, M.A. Shirshikov, A.A.

Bocharnikov, T.V. Lushchyk; SPF "Radius". - № 99113426/13; Stated. 01.07.1999; publ. 10.02.2000. - Bull. Number 4.

5. The rheological characteristics of carbohydrate-amylase complex baking mixes with amaranth flour / N.A. Shmalko [et al.] // Engineering and technology of food production, 2011. - № 22 (Vol.3). - S. 82-86.

*BAKING PROPERTIES OF RYE-WHEAT MIXTURE
WITH AMARANTH FLOUR*

N.A. SHMALKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: shmalko.na@outlook.com*

The article is devoted to the study of the influence of the native amaranth cereal flour baking properties of rye-wheat mixtures. Baking properties of materials were evaluated as its carbohydrate-amylase complex: autolytic activity, maltose abilities, and amylolytic activity of attacked starch. The difference between the different types of flour is the amount of amylolytic activity of its own sugar and attacked starch. Bakery products from a mixture of rye and wheat flour can develop the standard quality when using amaranth cereal native flour. The introduction of cereal products is appropriate in the case of processing of bread flour with reduced enzymatic (autolytic) activity in the index falling number of rye-wheat mixture with not less than 327-330 s.

Key words: Amaranth flour, cereal native, baking properties of rye-wheat mixes, bread quality.