

Литература

1. *Брилис В.И.* Методика изучения адгезивного процесса микроорганизмов // Лабораторное дело. – 1986. – № 4. – С. 210–214.
2. *Занданова Т. Н., Хамагаева И.С., Хурхесова Т.Е.* Симбиотическая закваска для производства курунги // Пищевая промышленность. – 2009. – № 7. – С. 48–49.
3. *Занданова Т.Н., Гоголева П.А.* Исследование биотехнологического потенциала микробного консорциума // Вестн. ВСГУТУ. – 2017. – № 3. – С. 71–76.
4. *Николаев Ю.А., Плакунов В.К.* Биопленка – город микробов или аналог многоклеточного организма? // Микробиология. – 2007. – Т. 76, № 2. – С. 149–163.
5. *Олескин А.В., Ботвиненко И.В., Цавкелова Е.А.* Колониальная организация и межклеточная коммуникация у микроорганизмов // Микробиология. – 2000. – Т. 69, № 3. – С. 309–327.
6. *Пашук З.Н., Апект Т.К., Апект И.И.* Технология производства хлебобулочных изделий. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 400 с.

Literatura

1. *Brilis V.I.* Metodika izuchenija adgezivnogo processa mikroorganizmov // Laboratornoe delo. – 1986. – № 4. – S. 210–214.
2. *Zandanova T. N., Hamagaeva I.S., Hurhesova T.E.* Simbioticheskaja zakvaska dlja proizvodstva kurungi // Pishhevaja promyshlennost'. – 2009. – № 7. – S. 48–49.
3. *Zandanova T.N., Gogoleva P.A.* Issledovanie biotehnologicheskogo poten-ciala mikrobnogo konsorciuma // Vestn. VSGUTU. – 2017. – № 3. – S. 71–76.
4. *Nikolaev Ju.A., Plakunov V.K.* Bioplenka – gorod mikrobov ili analog mnogokletochnogo organizma? // Mikrobiologija. – 2007. – T. 76, № 2. – S. 149–163.
5. *Oleskin A.V., Botvinenko I.V., Cavkelova E.A.* Kolonial'naja organizacija i mezhkletechnaja kommunikacija u mikroorganizmov // Mikrobiologija. – 2000. – T. 69, № 3. – S. 309–327.
6. *Pashuk Z.N., Apekt T.K., Apekt I.I.* Tehnologija proizvodstva hlebobulochnyh izdelij. – SPb.: GIORД, 2011. – 400 s.



УДК 519.237.5: 664.691/694

*Н.С. Шелубкова, М.К. Садыгова, Т.В. Кириллова,
И.В. Буянова, Е.Я. Мучкина*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАМЕСА МАКАРОННОГО ТЕСТА ИЗ КОМПОЗИТНОЙ МУКИ

*N. S. Shelubkova, M.K. Sadygova, T.V. Kirillova,
I.V. Buyanova, E.Ya. Muchkina*

THE OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF THE BATCH OF MACARONI DOUGH FROM COMPOSITE FLOUR

Шелубкова Н.С. – асп. каф. технологий продуктов питания Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов. E-mail: sadigova.madina@yandex.ru

Садыгова М.К. – д-р техн. наук, проф. каф. технологий продуктов питания Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов. E-mail: sadigova.madina@yandex.ru

Кириллова Т.В. – канд. техн. наук, доц. каф. математики и математического моделирования Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов. E-mail: sadigova.madina@yandex.ru

Shelubkova N.S. – Post-Graduate Student, Chair of Technologies of Food, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov. E-mail: sadigova.madina@yandex.ru

Sadygova M. K. – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Technologies of Food, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov. E-mail: sadigova.madina@yandex.ru

Kirillova T.V. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mathematics and Mathematical Modeling, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov. E-mail: sadigova.madina@yandex.ru

Буянова И.В. – д-р техн. наук, проф. каф. технологии молока и молочных продуктов Кемеровского государственного университета, г. Кемерово. E-mail: ibuyanova@mail.ru

Мучкина Е.Я. – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: emuchkina@yandex.ru

Buyanova I.V. – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Technology of Milk and Dairy Products, Kemerovo State University, Kemerovo. E-mail: ibuyanova@mail.ru

Muchkina E.Ya. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: emuchkina@yandex.ru

Повышение пищевой и биологической ценности макаронных изделий остается актуальной задачей. Одним из способов ее решения является использование нутовой муки. От внесения определенного количества добавок в муку зависят структурно-механические и варочные свойства макаронных изделий. Для производства опытных образцов макаронных изделий использовался лабораторный пресс АМЛ-1, бронзовая матрица с фторопластовой вставкой, отверстия внешнего диаметра которой 5,5 мм и внутреннего – 3,5 мм. В исследованиях использовали в зависимости от влажности теста три типа замеса: твердый (28–29 %), средний (29–31 %), мягкий (31–32 %). В зависимости от температуры теста: холодный замес – при температуре ниже 35 °С, теплый замес – при температуре 35–65 °С, горячий замес – при температуре 65–75 °С. По заданной влажности теста и влажности муки (по данным лабораторных анализов) рассчитываем необходимое количество воды (l) для замеса теста. Изучено влияние типа замеса теста из композитной муки при различной влажности теста и температуры воды, поступающей на замес макаронного теста, на качество готовых изделий. Для определения оптимальных параметров замеса теста готовые изделия анализировали по следующим показателям: прочность макаронных изделий, коэффициент увеличения массы и коэффициент увеличения объема. Для интегрированной оценки возможностей сравниваемых режимов замеса теста применялся математический аппарат на основе обобщенной функции желательности Харрингтона, позволяющий получить относительно точную оценку эффективности в виде конкретного числа, которую можно использовать в дальнейшем анализе технологических процессов. Было установлено, что оптимальными параметрами замеса макаронного теста из композитной муки являются в зависимости от влажности полуфабриката – твердый и в зависимости от температуры – горячий типы замеса. Готовые изделия из композитной муки не уступают по качеству образцам из муки твердой пшеницы.

Ключевые слова: макаронные изделия, нутовая мука, обобщенная функция желательности,

прочность макаронных изделий, коэффициент увеличения объема, коэффициент увеличения массы.

The increase of nutrition and biological value of pasta remains an actual task. One of the ways of its decision is using chickpeas flour. Structural and mechanical and cooking properties of pasta depend on using a certain quantity of additives into the flour. For the production of prototypes of pasta laboratory press AML-1, bronze matrix with fluoroplastic insert was used; the holes of the outer diameter were of 5.5 mm and the inner was 3.5 mm. In the researches three types of kneading depending on dough humidity: solid (28–29 %), medium (29–31 %), soft (31–32 %) were used. Depending on the dough temperature: cold batch was at the temperature below 35 °C, warm batch was at the temperature of 35–65 °C, hot batch was at the temperature of 65–75 °C. On set humidity of the dough and the humidity of the flour (according to laboratory analyses) necessary amount of water (l) for dough kneading was counted. The influence of the type of kneading the dough from composite flour at different dough humidity and the temperature of water entering the pasta dough kneading on the quality of finished products were studied. For the determination of optimum parameters of the batch of dough finished products were analyzed on the following indicators: the durability of pasta, the coefficient of increase in weight and the coefficient of increase in volume. Mathematical apparatus on the basis of generalized function of desirability of Harrington allowing receiving rather exact assessment of the efficiency in the form of concrete number which can be used in future analysis of technological processes was applied to integrated assessment of the opportunities of compared modes of the batch of dough. It was established that optimum parameters of the batch of macaroni dough from composite flour were depending on the humidity of semi-finished product was firm and depending on the temperature, i.e. hot kneading type. Finished products from composite flour did not concede on the quality of the samples from the flour of durum wheat.

Keywords: pasta, chickpeas flour, generalized function of desirability, pasta durability, the coefficient of volume increase, the coefficient of weight increase.

Введение. Снижение объемов производства зерна твердой пшеницы обуславливает недостаток основного сырья для макаронного производства.

А мука из зерна мягкой пшеницы характеризуется недостаточно высокими макаронными свойствами. Поэтому возникает потребность в улучшении ее качества [1]. Повышение пищевой и биологической ценности макаронных изделий остается важной задачей для специалистов и ученых. Одним из способов ее решения является использование нутовой муки, обладающей определенными технологическими свойствами [2].

Цель исследования: оптимизация параметров замеса макаронного теста из композитной муки на основе обобщенной функции желательности D .

В задачи исследования входило: изучение влияния типа замеса при различной влажности теста и температуры воды, поступающей на замес макаронного теста, на качество готовых изделий.

Материалы и методы исследования. В исследовании были использованы два контрольных вари-

анта из муки зерна сортов твердой (образец № 1) и мягкой (образец № 2) пшеницы и опытный образец с добавлением композитной смеси (образец № 3), в состав которой введена нутовая мука. Авторами определено оптимальное соотношение компонентов смеси (мука пшеничная твердых сортов – 5 %; мука хлебопекарная мягкой пшеницы – 85; мука нутовая – 10 %) [3, 4].

В работе использовался лабораторный макаронный пресс АМЛ-1. После окончания замешивания тесто подвергается выпрессовыванию в течение 5–6 мин через бронзовую матрицу с фторопластовой вставкой, отверстия внешнего диаметра которой 5,5 мм и внутреннего – 3,5 мм. Первые выпрессованные изогнутые макароны длиной 5–7 см отрезают. Выпрессованные пряди макарон кладут на стол, прикрывают полотенцем, разрезают пряди длиной 22 см и помещают в кассеты (рис. 1).



Рис. 1. Формование, нарезка полуфабриката и укладка в кассеты

В исследовании использовали в зависимости от влажности теста три типа замеса: твердый (28–29 %), средний (29–31 %), мягкий (31–32 %). В зависимости от температуры теста: холодный замес – при температуре ниже 35 °С, теплый замес – при температуре 35–65 °С, горячий замес – при температуре 65–75 °С. По заданной влажности теста и влажности муки (по данным лабораторных анализов) рассчитываем необходимое количество воды (л) для замеса теста.

Для определения оптимального типа замеса теста готовые изделия анализировали по следующим пока-

зателям: прочность макаронных изделий, измеряемая на приборе В.И. Строгонова, коэффициент увеличения массы и коэффициент увеличения объема, – характеризующие варочные свойства изделий.

Для интегрированной оценки возможностей сравниваемых режимов замеса теста применим обобщенную функцию желательности D , которая представляет собой среднее геометрическое частных желательностей отдельных откликов [5]:

$$D = \sqrt[n]{d_1 d_2 \dots d_n}, \quad (1)$$

где d_i – частные желательности i отклика; n – число показателей (откликов).

Под «желательностью» d понимают тот или иной желательный уровень отклика. Величина d может меняться от 0 до 1 [5].

Так как на показатели накладываются односторонние ограничения, то функция желательности имеет следующий вид:

$$d_i = \exp(-e^{-y_i}), \quad (2)$$

где y_i – некоторая безразмерная величина, линейно связанная с натуральным показателем (x).

Перевести значения размерных (натуральных) показателей (x) качества макаронных изделий в безразмерные (y) при линейной зависимости между ними можно по формуле

$$y_i = a_0 + a_1 x_i. \quad (3)$$

Прологарифмировав дважды уравнение (2), получим выражение для y_i :

$$y_i = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_i}}. \quad (4)$$

Подставляя значения y_i в уравнение (3), получим

$$a_0 + a_1 x_i = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_i}}. \quad (5)$$

Составляем систему уравнений для известных значений x и d .

Решая совместно систему, найдем значения коэффициентов a_0 и a_1 . В результате получим уравнение линейной зависимости между исследуемым показателем и безразмерными значениями. По этому уравнению можно найти значение y для любого значения x , а далее по формуле (2) – показатель желательности.

Шкала оценок для размерных показателей приведена в таблице 1.

Таблица 1

Критерии оценок размерных показателей и стандартные оценки по шкале желательности

Градация качества	Оценка по шкале желательности	Критерий оценок размерных показателей		
		Прочность макаронных изделий, гс	Коэффициент увеличения объема	Коэффициент увеличения массы
Отлично	$0,80 \leq d < 1,00$	Более 700	Более 1,5	Более 1,8
Хорошо	$0,63 \leq d < 0,80$	Более 625	Более 1,25	Более 1,6
Удовлетворительно	$0,37 \leq d < 0,63$	Более 550	Более 1,2	Более 1,4
Плохо	$0,20 \leq d < 0,37$	Менее 550	Менее 1,2	Менее 1,4
Очень плохо	$0,00 \leq d < 0,20$	менее 450	Менее 1,15	Менее 1,2

Результаты исследования и их обсуждение. Оценкам «отлично» и «удовлетворительно» для показателя «прочность макаронных изделий» соответствуют значения 700 и 550 гс, подставляя эти значения в формулу (5), получим

$$\begin{cases} a_0 + 700a_1 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{0,8}}; \\ a_0 + 550a_1 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{0,37}}. \end{cases}$$

Уравнение линейной зависимости между значением прочности макаронных изделий и безразмерным значением стандартной оценки по шкале желательности будет иметь вид

$$y_1 = -5,47 + 0,01x_1.$$

Аналогично получим два других уравнения:

$$y_2 = -17,92 + 14,941x_2;$$

$$y_3 = -5,22 + 3,73x_3.$$

Результаты проведенного исследования и расчетов представлены на рисунках 2–5 и в таблице 2.

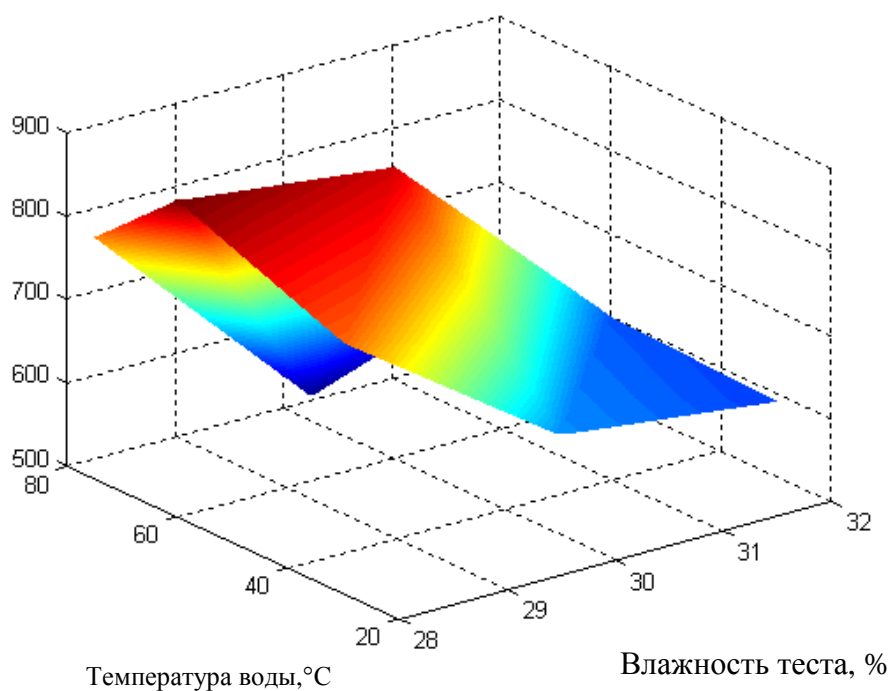


Рис. 2. Влияние на прочность макаронных изделий влажности теста и температуры воды для образца № 1

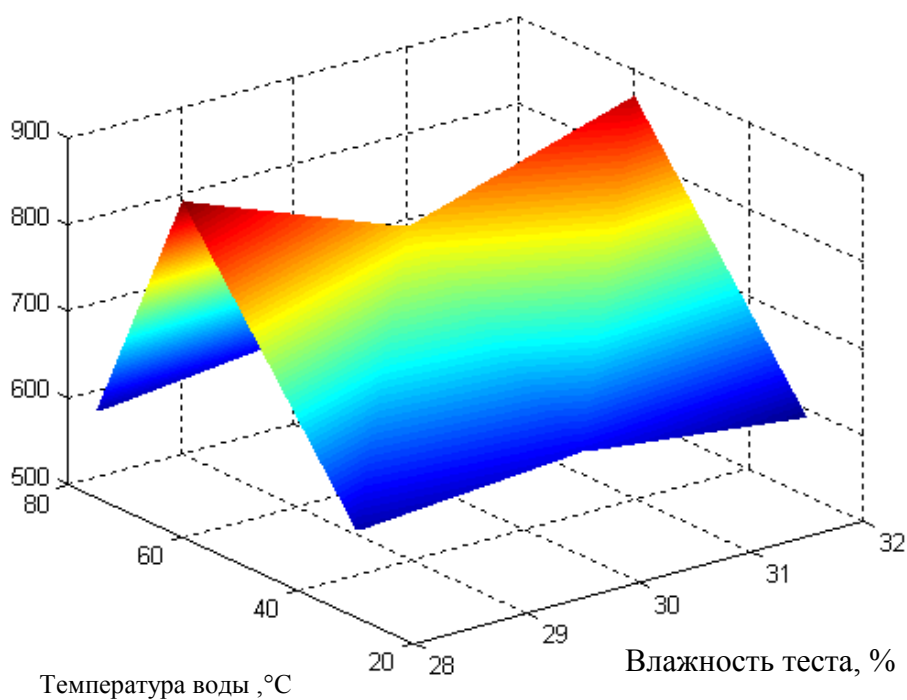


Рис. 3. Влияние на прочность макаронных изделий влажности теста и температуры воды для образца № 2

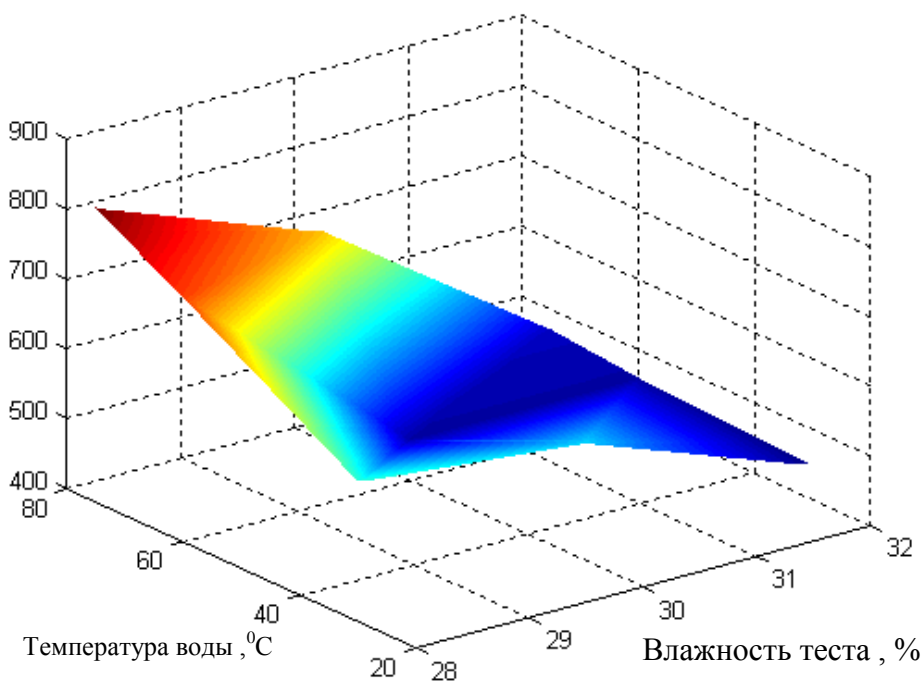


Рис. 4. Влияние на прочность макаронных изделий влажности теста и температуры воды для образца № 3

Таблица 2

Натуральные и обобщенные по функции желательности отклики

Образец	Влажность теста	Температура воды, идущей на замес теста	Натуральное значение откликов			Безразмерный показатель			Частная желательность откликов			Обобщенная функция желательности	Оценка по шкале желательности
			Прочность макаронных изделий, кПа	Коэффициент увеличения объема	Коэффициент увеличения массы	Прочность макаронных изделий, кПа	Коэффициент увеличения объема	Коэффициент увеличения массы	Прочность макаронных изделий, кПа	Коэффициент увеличения объема	Коэффициент увеличения массы		
1	2	3	x ₁	x ₂	x ₃	y ₁	y ₂	y ₃	d ₁	d ₂	d ₃	D	14
№ 1	Твердый	Холодный	800	1,3	1,7	2,50	1,50	1,13	0,92	0,80	0,72	0,81	Отл.
		Теплый	880	1,3	1,8	3,29	1,50	1,50	0,96	0,80	0,80	0,85	Отл.
		Горячий	790	1,2	1,6	2,40	0,01	0,75	0,91	0,37	0,62	0,60	Удовл.
	Средний	Холодный	620	1,3	1,7	0,70	1,50	1,13	0,61	0,80	0,72	0,71	Хор.
		Теплый	850	1,3	1,7	2,99	1,50	1,13	0,95	0,80	0,72	0,82	Отл.
		Горячий	530	1,2	1,5	-0,19	0,01	0,38	0,30	0,37	0,50	0,38	Удовл.
	Мягкий	Холодный	590	1,2	1,46	0,40	0,01	0,23	0,51	0,37	0,45	0,44	Удовл.
		Теплый	600	1,2	1,4	0,50	0,01	0,01	0,55	0,37	0,37	0,42	Удовл.
		Горячий	620	1,3	1,6	0,70	1,50	0,75	0,61	0,80	0,62	0,67	Хор.

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ 2	Твердый	Холодный	600	1,2	1,6	0,50	0,01	0,75	0,55	0,37	0,62	0,50	Удовл.
		Теплый	890	1,2	1,6	3,39	0,01	0,75	0,97	0,37	0,62	0,61	Удовл.
		Горячий	600	1,2	1,7	0,50	0,01	1,13	0,55	0,37	0,72	0,53	Удовл.
	Средний	Холодный	620	1,2	1,5	0,70	0,01	0,38	0,61	0,37	0,50	0,48	Удовл.
		Теплый	790	1,2	1,5	2,40	0,01	0,38	0,91	0,37	0,50	0,55	Удовл.
		Горячий	630	1,2	1,5	0,80	0,01	0,38	0,64	0,37	0,50	0,49	Удовл.
	Мягкий	Холодный	590	1,24	1,61	0,40	0,60	0,79	0,51	0,58	0,64	0,57	Удовл.
		Теплый	870	1,2	1,3	3,19	0,01	-0,37	0,96	0,37	0,24	0,44	Удовл.
		Горячий	658	1,25	1,54	1,08	0,75	0,53	0,71	0,62	0,55	0,63	Удовл.
№ 3	Твердый	Холодный	600	1,3	1,78	0,50	1,50	1,43	0,55	0,80	0,79	0,70	Хор.
		Теплый	750	1,3	1,8	2,00	1,50	1,50	0,87	0,80	0,80	0,82	Отл.
		Горячий	820	1,31	1,8	2,70	1,65	1,50	0,93	0,83	0,80	0,85	Отл.
	Средний	Холодный	570	1,2	1,6	0,20	0,01	0,75	0,44	0,37	0,62	0,47	Удовл.
		Теплый	460	1,2	1,5	-0,89	0,01	0,38	0,09	0,37	0,50	0,25	Плохо
		Горячий	700	1,3	1,7	1,50	1,50	1,13	0,80	0,80	0,72	0,77	Хор.
	Мягкий	Холодный	450	1,2	1,62	-0,99	0,01	0,83	0,07	0,37	0,65	0,25	Плохо
		Теплый	460	1,2	1,5	-0,89	0,01	0,38	0,09	0,37	0,50	0,25	Плохо
		Горячий	470	1,2	1,62	-0,79	0,01	0,83	0,11	0,37	0,65	0,30	Плохо

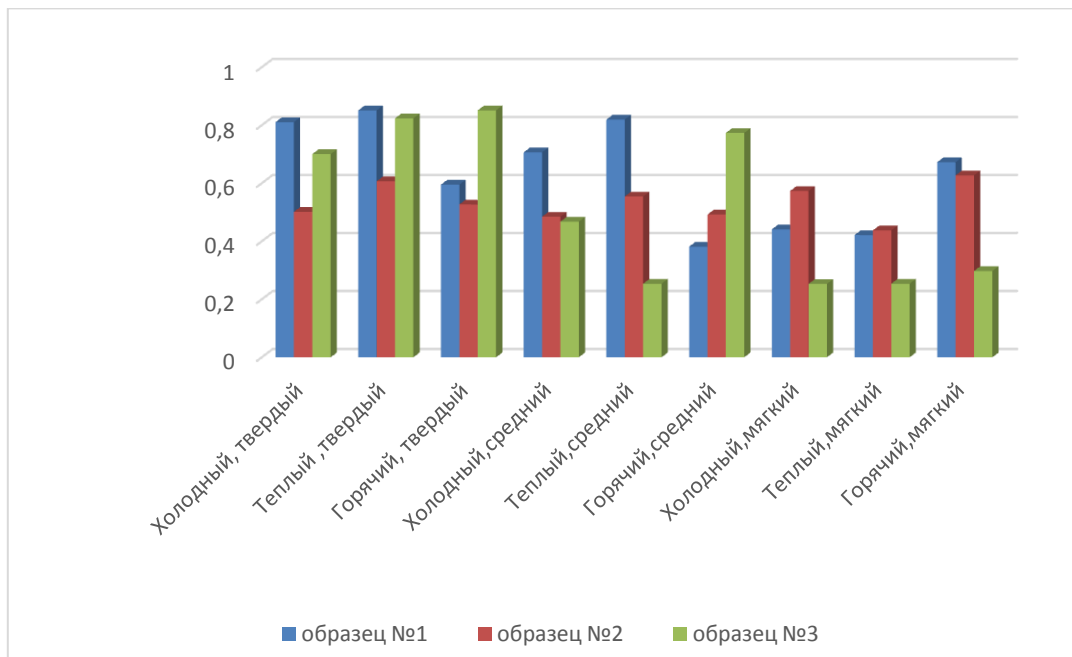


Рис. 5. Значения функции желательности при различных параметрах замеса макаронного теста

Выводы. Для макаронных изделий с композитной смесью по шкале желательности показателя «прочность макаронных изделий» оценка «отлично» соответствует следующим параметрам замеса теста: в зависимости от влажности теста – твердый, в зависимости от температуры теста – горячий тип замеса, – которые рекомендуются для введения в технологические инструкции макаронного производства.

Литература

1. Осипова Г., Корячкина С. Влияние улучшителей хлебопекарной муки на качество макаронных изделий // Хлебопродукты. – 2010. – № 1. – С. 41–43.
2. Садьгова М.К. Научно-практические основы технологии хлебулочных, мучных кондитерских изделий с применением муки из семян нута Саратовской селекции: дис. ... д-ра с.-х. наук /

- Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 289 с.
3. Патент № 2430516. Состав для производства макаронных изделий / Шелубкова Н.С., Садьгова М.К. – МПК А21 D2/00; опубл. 10.10.2011.
4. Шелубкова Н.С. и др. Применение регрессионных моделей для оптимизации содержания нутовой муки в рецептуре макаронных изделий // Вестн. Мичуринского гос. аграр. ун-та . – 2018. – № 1. – С. 107–120.
5. Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств: практикум: учеб. пособие / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2011. – 196 с.
2. Sadygova M.K. Nauchno-prakticheskie osnovy tehnologii hlebobulochnyh, muchnyh konditerskih izdelij s primeneniem muki iz semjan nuta Saratovskoj selekcii: dis. ... d-ra s.-h. nauk / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2015. – 289 s.
3. Patent № 2430516. Sostav dlja proizvodstva makaronnyh izdelij / Shelubkova N.S., Sadygova M.K. – MPK A21 D2/00; opubl. 10.10.2011.
4. Shelubkova N.S. i dr. Primenenie regressionnyh modelej dlja optimizacii soderzhaniya nutovoj muki v recepture makaronnyh izdelij // Vestn. Michurinskogo gos. agrar. un-ta . – 2018. – № 1. – S. 107–120.
5. Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. Modelirovanie i optimizacija tehnologicheskikh processov pishhevyh proizvodstv: praktikum: ucheb. posobie / Voronezh. gos. tehnol. akad. – Voronezh, 2011. – 196 s.

Literatura

1. Osipova G., Korjachkina S. Vlijanie uluchshitelej hlebopekarnoj muki na kachestvo makaronnyh izdelij // Hleboprodukty. – 2010. – № 1. – S. 41–43.

