

Солопова В.А., Попов В.П., Сидоренко Г.А., Зинюхина А.Г.,
Зинюхин Г.Б., Василевская С.П.

Оренбургский государственный университет

E-mail: ppbt@mail.osu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЦЕПТУРЫ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ КАК ФАКТОРА, ПОВЫШАЮЩЕГО БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ

На базе экспериментального исследования предлагается способ замены части муки на тыквенную пасту, позволяющий не только повысить безопасность технологии, но и получить высококачественный продукт. В работе оценены физико-химические свойства макаронных изделий с помощью разработанного комплексного показателя качества, проведена оценка органолептических показателей методом экспертной оценки и определен комплексный показатель качества одной из стадий производства.

Ключевые слова: безопасность, качество, макаронные изделия, анализ, экспертная оценка.

Рассматривая влияние вредных факторов в макаронном производстве, отметим негативное воздействие мучной пыли на человека и окружающую его среду. Выделение пыли в воздух возможно при нарушении герметичности и режимов работы оборудования по приему и транспортировке муки. При перемещении муки возможно ее попадание в воздух рабочей зоны, причем иногда эти выбросы превышают предельно допустимые. Мучная пыль вызывает у рабочих острые и хронические заболевания верхних дыхательных путей – ринит, бронхиальную астму, эмфизему, диффузный склероз легких. Кроме того, мучная пыль вызывает аллергическое заболевание кожи, называемое «мучной чесоткой», выражающееся в сильном зуде кожи и сухом дерматите.

Мучная пыль при концентрации ее в воздухе 16–65 г/м³ может образовывать с воздухом взрывоопасную смесь. Помещения хранения муки по пожароопасности относятся к категории В – пожароопасная, класс П-Па.

Для создания современных безопасных технологических процессов необходимо практически изучить влияние на качество макаронных изделий замены некоторых компонентов сырья на менее безвредные. Однако макаронное тесто, по своему составу, является самым простым из всех видов теста, употребляемым в производстве мучных изделий. Зачастую рецептура состоит только из муки и воды. Внесение каких-либо добавок и улучшителей значительно повышает себестоимость макаронных изделий и делает макаронное производство малорентабельным. Поэтому одним из таких компонентов является тыквенная паста, так как данный продукт содержит большое количество связую-

щих компонентов, а входящие в его состав каротиноидные пигменты придают макаронным изделиям желтоватый оттенок.

В качестве исходных объектов исследования использовали хлебопекарную муку и пасту из мякоти тыквы. Пасту из мякоти тыквы готовили путем измельчения на дробилке ножевого типа до размера частиц не более 1 мкм с последующим увариванием до требуемой влажности при температуре не более 60 °С.

Замес теста осуществляли в лабораторной тестомесилке УИ-ЕТЛ. Приготовление сырых макаронных изделий осуществляли на лабораторном универсальном пресс-экструдере, находящемся в лабораториях ОГУ. Пресс-экструдер имеет следующие технические характеристики: внешний диаметр шнека 60 мм, длина рабочей части шнека 500 мм, частота вращения шнека 90 об/мин, шаг шнека 50 мм, высота витка 8 мм. Сушку макаронных изделий осуществляли воздухом помещения на стеллажах.

Оценить качество макаронных изделий можно по цвету, излому, вкусу, прочности, кислотности, внешнему виду. Цвет макарон должен быть светлым, однотонным, должен соответствовать виду муки и различным примесям, внесенным в тесто. Поверхность макарон должна быть гладкая, допускается небольшая шероховатость без признаков непромеса. Вкус и запах должен соответствовать макаронным изделиям, без привкуса горечи, плесени и других несвойственных для макарон запахов. Излом макарон должен быть стекловидным, а форма должна соответствовать виду макарон [1]. Также оценивается соответствие макарон показателям безопасности, изделия проверяют на содержание токсич-

ных элементов, радионуклидов, пестицидов, микотоксинов и таких показателей, как зараженность вредителями, содержание металломагнитной примеси и хруст от минеральной примеси.

Внешний вид макаронных изделий, характеризующийся цветом, степенью шероховатости поверхности, состоянием излома и правильностью формы, определяли органолептически. Влажность макаронных изделий определяли методом высушивания до постоянной массы в сушильном шкафу СЭШ-3. Кислотность макаронных изделий определяли методом водной болтушки по ГОСТ 14849-89. Прочность макаронных изделий определяли на приборе Строганова по стандартным методикам [2]. Время варки до готовности фиксировали в момент исчезновения мучнистого непроваренного слоя. Количество поглощенной изделиями во время варки воды характеризуется коэффициентом увеличения их массы (К, г), который рассчитывается по формуле (1):

$$K = \frac{M_2 - M_1}{M_1}, \quad (1)$$

где M_1 – масса сухих изделий, г;

M_2 – масса сваренных изделий, г (определяется после сливания варочной воды).

Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, определяли ускоренным методом, предполагающим выпаривание варочной жидкости и последующее ее высушивание в сушильном шкафу при температуре 130–135 °С. Процент сухих веществ, перешедших в варочную воду (П, %), определялся по формуле (2):

$$П = \left[\frac{(b - a) \cdot B}{M \cdot 50} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

где b – масса чашки Петри с сухим остатком, г;

a – масса пустой чашки Петри, г;

B – общий объем варочной жидкости (после варки), мл;

M – масса сухих изделий, взятых на варку, г.

Прочность на срез и степень слипаемости сваренных макаронных изделий определяли на приборе ПМ-2 с помощью специальных приспособлений [3].

Содержание токсичных веществ определяли по ГОСТ 26932-86 на полярографе, имеющемся в лабораториях университета.

Для определения скорости и производительности прессования срезали ножом прядь

выпрессовываемых изделий у поверхности матрицы, одновременно включая секундомер. Через 30 секунд снова срезали прядь у матрицы, замеряли длину пряди по линейке и взвешивали прядь с точностью до 0,1 г. Рассчитывали скорость прессования (мм/сек) и производительность (кг/ч).

Для вычисления энергоемкости процесса одновременно с определением производительности измеряли силу тока и напряжение в одной из обмоток двигателя, а затем по полученным данным находили мощность, затраченную на процесс.

При проведении исследований все анализы осуществляли в 3-10-кратных повторностях в зависимости от точности и сложности используемых методов. Результаты выражали в виде средних арифметических, предварительно выбраковывая грубые промахи по стандартным методикам и добиваясь точности определения средних арифметических $\mp 2\%$.

Первоначально была проведена серия предварительных экспериментов, в которых было установлено, что нецелесообразно добавлять в макаронные изделия тыквенную пасту в количествах, превышающих 11% к массе муки, в связи с резким возрастанием потери сухих веществ, перешедших в варочную воду. Следует также отметить, что при влажности теста ниже 28% изделия резко теряют качество из-за интенсивного трения теста в предматричной зоне пресс-экструдера.

В ходе основных экспериментов тыквенную пасту добавляли в количестве 1; 3; 5; 7; 9 и 11% по отношению к массе муки, используемой для замеса. При этом применяли твердый (влажность теста 28%), средний (влажность теста 31%) и мягкий (влажность 34%) замесы.

Количество вносимой в тесто тыквенной пасты ($M_{т.п.}$, г) рассчитывали по формуле (3):

$$M_{т.п.} = \frac{M_m}{100} \cdot C_{т.п.}, \quad (3)$$

где $C_{т.п.}$ – процентное содержание тыквенной пасты по отношению к массе муки;

M_m – масса муки, взятой на замес, г.

Количество добавляемой при замесе воды (M_b , г) рассчитывали по формуле (4):

$$M_b = M_m \cdot \left(\frac{(M_\tau - M_m)}{100 - W_\tau} \right) + \frac{(W_\tau - W_{т.п.})}{(100 - W_\tau)}, \quad (4)$$

где W_t – влажность теста, %;
 $W_{т.п.}$ – влажность тыквенной пасты, %;
 M_m – масса муки взятой на замес, г;
 M_t – масса теста, г.

Эксперимент выявил, что наилучшими показателями качества обладают макаронные изделия, полученные с применением среднего замеса при добавлении тыквенной пасты в количестве 7% к массе муки.

При этом:

- производительность прессования макаронных изделий – 45 кг/ч;
- энергоемкость процесса – 145 Вт/кг;
- скорость прессования – 107 мм/сек;
- цвет – золотисто-желтый без следов не-промоса;
- излом стекловидный;
- влажность – 13%; кислотность – 3 град.;
- прочность – 650 г;
- время варки до готовности – 12 мин.;
- количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, – 7,8%;
- количество поглощенной изделиями во время варки воды – 2,5;
- степень слипаемости сваренных изделий – 140 г;
- удельная прочность на срез сваренных изделий – 5,2 г/мм².

С увеличением количества добавляемой тыквенной пасты от 1 до 7% к массе муки производительность и скорость прессования возрастают, энергоемкость процесса снижается; кислотность, время варки до готовности, процент сухих веществ, перешедших в варочную воду, и степень слипаемости сваренных изделий снижаются, удельная прочность на срез сваренных изделий и количество поглощенной во время варки воды увеличиваются. То есть при увеличении количества добавляемой тыквенной пасты от 1 до 7% к массе муки наблюдается интенсификация процесса прессования и улучшение качества выпускаемых изделий.

При дальнейшем увеличении количества добавляемой тыквенной пасты производительность и скорость прессования возрастают, энергоемкость снижается, что говорит о дальнейшей интенсификации процесса; кислотность, время варки до готовности снижается, однако при этом процент сухих веществ, перешедших в варочную воду, и степень слипаемости увеличиваются, а удельная прочность на срез и количество погло-

щенной воды снижаются, что свидетельствует о некотором ухудшении качества изделий.

В связи с наличием в макаронном производстве большого количества качественных показателей был разработан комплексный показатель физико-химических свойств макаронных изделий $K_{ПК}$. Данный показатель рассчитывается по формуле (5):

$$K_{ПК} = \sum_{i=1}^n K_{ЗН_i} \cdot B_{K_i}, \quad (5)$$

где $K_{ЗН}$ – коэффициент значимости показателя качества;

B_{K_i} – присваиваемый балл качества.

Для введения комплексного показателя качества, отражающего сочетание физико-химических показателей качества макаронных изделий, был проведен опрос специалистов в области макаронного производства, на основании которого составлена шкала перевода значений показателей качества макаронных изделий в баллы качества (для макарон с внешним диаметром 6 мм), отдельные показатели которой представлены в таблице 1.

Для оценки органолептических свойств макаронных изделий была отобрана группа экспертов из пяти человек. На основе традиционных методик была разработана 15-балльная шкала органолептической оценки изделий по четырем показателям качества: внешнему виду, запаху изделий по мере их высушивания, а также внешнему виду и вкусу готовых изделий [4]. Внешний вид оценивают по следующим показателям: цвет изделий (белый, желтый или кремовый с различными оттенками), отмечается равномерность цвета, наличие следов непромоса, темных частиц на поверхности изделий; поверхность изделий должна быть гладкой, допускается незначительная шероховатость; излом изделий должен быть стекловидным; форма изделий должна соответствовать данному виду изделия. Отмечается равномерность толщины стенок у трубчатых изделий, кривизна длинных изделий (допускаются небольшие изгибы и искривления). Правильные формы изделий удобны при варке, хотя для пищевых достоинств этот показатель не играет никакой роли. Наиболее важное значение этот показатель имеет для самого макаронного производства. Искривленные изделия плохо заполняют тару, снижают пропускную способность сушильных установок, являются причиной появления лома и крошки.

Коэффициенты весомости каждого показателя определяли путем опроса группы экспертов, являющихся специалистами в области макаронного производства, хорошо знающими продукт и его технологии. Эксперты оценивали 15 различных образцов макаронных изделий и результаты сравнения (ранжирования) выражали в баллах. Пример ранжирования представлен в таблице 2.

За показатель качества берется самый большой балл, полученный как сумма рангов для каждого вида изделий с учетом коэффициента их значимости. Далее аналогичным образом опре-

делялся запах макаронных изделий. Запах продукта обусловлен в основном наличием в нем летучих веществ – альдегидов. Запах может быть связан также с хранением и транспортированием продукта вместе с неприятно пахнущими веществами, а также с распадом его на составные части, что связано с хранением в неблагоприятных условиях. При этом также могут начаться процессы плесневения и гниения, при которых образуются специфичные запахи, вырабатываемые микроорганизмами, плесенями, грибами.

Чтобы оценивать результаты процесса производства макаронных изделий не только

Таблица 1. Шкала перевода отдельных значений показателей качества и безопасности макаронных изделий в баллы качества

Наименование показателя качества	Значение показателя в натуральном выражении	Присваиваемый балл качества, V_k	Коэффициент значимости показателя, $K_{зн}$	Произведение $V_k K_{зн}$
Влажность, %	Ниже 12,1	1	1	1
	12,1–12,3	2		2
	12,4–12,6	3		3
	12,7–12,9	4		4
	13	5		5
	13,1–15	4		4
	15,1–20	3		3
	20,1–28	2		2
Свыше 28,0	1	1	1	
Кислотность, град.	Свыше 4,1	1	5	5
	4,1	2		10
	4	3		15
	3,5–3,9	4		20
	Ниже 3,5	5		25
Прочность, г	Свыше 700	5	5	25
	700–601	4		20
	600–501	3		15
	500–401	2		10
	Ниже 400	1		5
Время варки до готовности, мин.	Меньше 10	5	1	5
	10–12	4		4
	12,5–14,5	3		3
	15–17	2		2
Свыше 17	1	1	1	
Количество поглощенной воды	Свыше 2,5	5	3	15
	2,3–2,5	4		12
	2,0–2,2	3		9
	1,9	2		6
	Ниже 1,9	1		3
Количество СВ, перешедших в варочную воду, %	0–8	5	7	35
	8,1–9	4		28
	9,1–10	3		21
	10,1–10,5	2		14
	Свыше 10,5	1		7
Содержание свинца, мг/кг	Свыше 0,5	1	5	5
	0,4–0,5	2		10
	0,3–0,4	3		15
	0,2–0,3	4		20
	Ниже 3,5	5		25

по показателям качества, но и по выходным данным процесса было решено оценивать комплексный показатель, отражающий общую эффективность одной из стадий производства. Для введения комплексного показателя, отражающего эффективность прохождения процесса экструзии, на основании предварительного опроса, была составлена шкала перевода параметров процесса экструзии в баллы характеризующие процесс. Расчет комплексного показателя, отражающего эффективность процесса экструзии, представлен в таблице 3.

Для проведения оптимизации исследованных режимов производства макаронных изделий,

Таблица 2. Результаты ранжирования внешнего вида сухих макаронных изделий (коэффициент значимости K=3)

№ образца	Эксперт					Сумма рангов, Ср	СрхК
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		
1	7	8	8	7	8	38	114
2	9	9	9	8	7	42	126
2	14	13	14	14	15	70	210
4	11	12	11	11	11	56	168
5	8	7	7	9	9	40	120
6	10	10	10	12	12	54	162
7	13	15	13	13	13	67	201
8	12	11	12	10	10	55	165
9	6	6	6	6	6	30	90
10	5	5	5	5	5	25	75
11	3	2	2	1	1	9	27
12	2	1	1	2	2	8	24
13	4	3	4	3	3	17	51
14	1	4	3	4	4	16	48
15	15	14	15	15	14	73	219

Таблица 3. Расчет комплексного показателя, отражающего эффективность процесса экструзии

Наименование параметров процесса	Значение параметра					
	В натуральном выражении			В баллах для образцов		
	1	2	3	1	2	3
Производительность, кг/ч	40	33	48	15	10	25
Скорость прессования, мм/с	101	95	110	4	4	3
Энергоемкость, Вт/кг	168	180	145	45	30	75
Комплексный показатель, отражающий эффективность прохождения процесса Кп, балл				64	44	103

путем изучения совместного влияния влажности теста и количества добавляемой тыквенной пасты на ход процесса и качество получаемых макаронных изделий, был проведен двухфакторный эксперимент ПФЭ 2². В качестве исходных параметров брали влажность теста и количество добавляемой тыквенной пасты, в качестве параметров эффекта – комплексный показатель качества (балл), экспертную оценку органолептических свойств (балл) и комплексный показатель, отражающий эффективность прохождения процесса (балл). По результатам двухфакторного эксперимента можно сделать вывод, что задавая исходную влажность теста от 32 до 34 % и содержание тыквенной пасты от 5,5 до 6,5 %, можно стабильно получать: комплексный показатель качества – не менее 67 баллов, экспертную оценку органолептических свойств – не менее 200 баллов, а комплексный показатель, отражающий эффективность прохождения процесса, – не менее 60 баллов.

При применении выше предложенной технологии (по сравнению с традиционной) имеются отличия в количестве выбрасываемой мучной (органической) пыли.

Так, например для макаронной фабрики производительностью 3000 тонн в год, общее количество мучной пыли, выбрасываемой в окружающую человека среду (П_м, т/год), можно приблизительно найти по формуле (6):

$$P_m = M_{год} \cdot P_{уд}, \quad (6)$$

где М_{год} – годовой расход муки т;

Р_{уд} – удельный распыл муки кг/т (для указанной макаронной фабрики составляет ориентировочно 0,1 кг/т).

Рассчитано, что 1021,3 кг/т – это расход муки на тонну изделий по традиционным технологиям и 920 кг/т – соответственно расход муки на тонну изделий с использованием мякоти тыквы в качестве связующего компонента. Поэтому при производстве макаронных изделий по традиционным технологиям годовой расход муки для выпуска данного количества изделий составит:

$$M_{год1} = 1021,3 \cdot 3000/1000 = 3063,9 \text{ т.}$$

При производстве того же количества изделий с использованием в качестве связующего компонента мякоти тыквы годовой расход муки составит:

$$M_{год2} = 920 \cdot 3000/1000 = 2760 \text{ т.}$$

Тогда по формуле (6) найдем общее количество мучной пыли, выбрасываемой за год в окружающую человека среду:

– для традиционной технологии

$$П_{м_1} = 3063,9 * 0,1 = 306 \text{ кг};$$

– для предложенной технологии

$$П_{м_2} = 2760 * 0,1 = 276 \text{ кг}.$$

Снижение общего выброса мучной пыли составляет 30 кг в год.

Полупромышленные сравнительные испы-

тания традиционной технологии и предложенной, проведенные в специализированной лаборатории ОГУ, полностью подтвердили вышеуказанные зависимости.

Таким образом, для повышения безопасности технологического процесса производства макаронных изделий является целесообразным добавление в хлебопекарную муку тыквенной пасты в количестве 5,5–6,5% к массе муки при влажности теста 32–34%.

24.07.2012

Список литературы:

1. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства. – М.: Колос, 1999. – 272 с.
2. Чернов Е.М., Медведев Г.М., Негруб В.П. Справочник по макаронному производству. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 320 с.
3. Попов, В.П. Проектирование технологического процесса сушки макаронных изделий: монография / В.П. Попов, В.А. Грузинцева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 138 с.
4. Ковальская, Л.П. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Агропромиздат, 1991. – 336 с.

Сведения об авторах:

Солопова Валентина Александровна, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук

Попов Валерий Павлович, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии

Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

Сидоренко Галина Анатольевна, доцент кафедры технологии пищевых производств

Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

Зинюхина Анна Георгиевна, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

Оренбургского государственного университета

Зинюхин Георгий Борисович, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Оренбургского государственного университета

Василевская Светлана Петровна, доцент кафедры машин и аппаратов химических и пищевых производств, факультет прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, mahpp@mail.osu.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 3104а, тел. (3532) 372465, ppbt@mail.osu.ru

UDC 664.692.1

Solopova V.A., Popov V.P., Sidorenko G.A., Zinyukhina A.G., Zinyukhin G.B., Vasilevskaya S.P.

Orenburg state university, e-mail:

STUDY OF A CHANGE OF ALIMENTARY PRODUCTS' FORMULATION AS AN IMPROVING FACTOR OF TECHNOLOGY'S SECURITY

On the basis of experimental study, we suggested a way of the replacement of the part of the flour for the pumpkin paste to not only improve the security of technology, but also to get a high quality product. We evaluated the physicochemical properties of pasta with the help of the developed complex index of quality; we carried out an assessment of organoleptic characteristics by the method of an expert assessment and determined the complex index of the quality of one of the production's stages.

Key words: security, quality, pasta, analysis, expert assessment.

Bibliography:

1. Medvedev, G.M. Technology of pasta manufacturing. – М.: Kolos, 1999. – 272 p.
2. Chernov E.M., Medvedev G.M., Negrub V.P. Handbook of pasta production. – М.: The clothing and food Industry, 1984. – 320 p.
3. Popov, V.P. Designing of the process of drying pasta: a monograph / V.P. Popov, V.A. Gruzintseva. – Orenburg: SEI OSU, 2008. – 138 p.
4. Kovalskaya, L.P. Laboratory workshop on the general technology of food production / ed. L.P. Kovalskaya. – М.: Agropromizdat, 1991. – 336 p.