

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Краснова М.С., Попов В.П., канд. техн. наук, доцент,
Сидоренко Г.А., канд. техн. наук, доцент,
Зинюхин Г.Б., канд. техн. наук, Белов А.Г.
Оренбургский государственный университет**

В связи с наличием в макаронном производстве большого количества качественных показателей были разработаны комплексные показатели физико-химических свойств макаронных изделий $K_{ПК}$, комплексные показатели органолептических свойств $\Xi_{отс}$ и комплексный показатель биологических свойств макаронных изделий. Показатель физико-химических свойств рассчитывается по формуле (1):

$$K_{ПК} = \sum_{i=1}^n K_{зн_i} \cdot B_{к_i}, \quad (1)$$

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

$B_{к_i}$ – присваиваемый балл качества.

Шкала перевода отдельных показателей в баллы комплексного показателя физико-химических свойств, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Шкала перевода значений показателей качества макаронных изделий в баллы качества

Наименование показателя качества	Значение показателя в натуральном выражении	Присваиваемый балл качества, Бк	Коэффициент значимости показателя, Кзн	Произведение Бк · Кзн
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
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

Наименование показателя качества	Значение показателя в натуральном выражении	Присваиваемый балл качества, Бк	Коэффициент значимости показателя, Кзн	Произведение Бк · Кзн
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, мин	Меньше 10	5	1	5
	10 – 12	4		4
	12,5 – 14,5	3		3
	15 – 17	2		2
	Свыше 17	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
Удельная прочность после варки, г/мм ²	5 и более	5	3	15
	4,5 – 4,9	4		12
	4,0 – 4,4	3		9
	3,5 – 3,9	2		6
	Менее 3,5	1		3
Слипаемость, г	Менее 200	5	3	15
	201 – 230	4		12
	231 – 260	3		9
	261 – 300	2		6
	Свыше 300	1		3

Для оценки органолептических свойств макаронных изделий была отобрана группа экспертов из пяти человек. На основе традиционных методик [1,2] нами была разработана 15-бальная шкала органолептической оценки изделий по четырем показателям качества: внешнему виду, запаху изделий по мере их высушивания, а также внешнему виду и вкусу готовых изделий. Коэффициенты весомости каждого показателя определяли путем опроса группы экспертов, являющихся специалистами в области макаронного производства, хорошо знающими продукт и его технологии.

Комплексный показатель биологических свойств следует рассчитывать по аналогии с комплексным показателем физико-химических свойств на основе содержания в макаронных изделиях витаминов и микроэлементов [3].

В качестве параметра, характеризующего физико-механические свойства сырья, выбран вращающий момент исходный ($M_{исх}$), который зависит от химического состава сырья, температуры, влажности и определяется разработанным ранее устройством. Для получения зависимости $M_{исх}$ от выбранных факторов были проведены серии экспериментов с изменением содержания: крахмала 50...100 %, белка 0...13%, клетчатки 0...12%.

При этом в качестве сырья использовались: пшеничный крахмал, макаронная мука высшего сорта из твердой пшеницы, макаронная мука высшего сорта из мягкой пшеницы, хлебопекарная мука второго сорта, отруби пшеничные, хлебопекарная мука второго сорта, а также модельные смеси из вышеперечисленных компонентов.

Влажность исходного сырья меняли в пределах 28...34 %, температуру меняли в пределах 20...60 °С.

Обработка полученных данных средствами Excel XP показала, что наилучшим образом полученные данные аппроксимирует регрессионная зависимость следующего вида:

$$M_{исх} = 1530,852 \cdot t^{0,420966} \cdot w^{1,619851} \cdot K_p^{-1,81845} \cdot B_l^{-0,0052} \cdot K_l^{-0,04051} \quad (2)$$

при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,94$

Для оценки степени смешивания в смесителе был выбран вращающий момент смешивания (M_C), который адекватно коррелирует с показателем степени смешивания (β). Зависимость β и M_C представлена на рисунке 1.

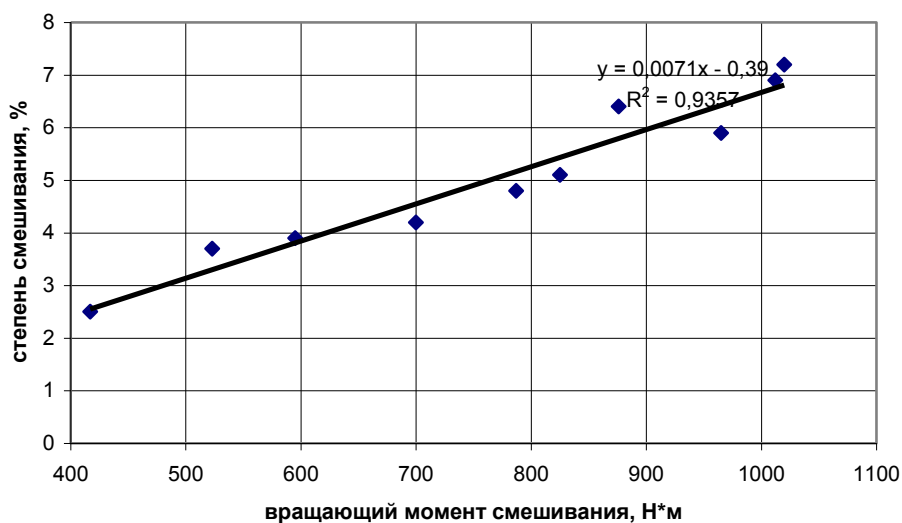


Рисунок 1 – Зависимость степени смешивания β и вращающего момента смешивания M_C

Для оценки реологических свойств макаронных изделий после экструзии был выбран вращающий момент прессования (экструзии) M_{ε} , который адекватно коррелирует с показателем относительного удлинения при растяжении ε .

Зависимость вращающего момента прессования M_{ε} и относительного удлинения при растяжении ε , которая представлена на рисунке 2

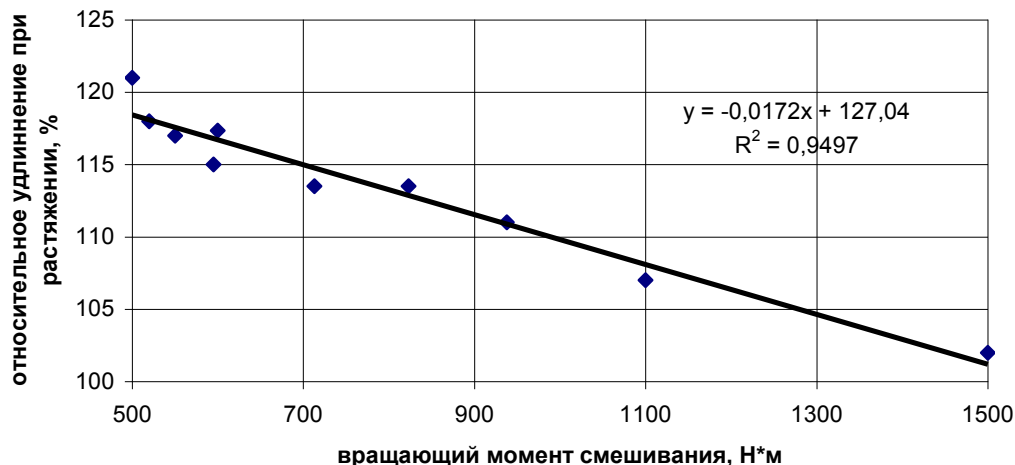


Рисунок 2 – Зависимость вращающего момента прессования M_{ε} и относительного удлинения при растяжении ε

В качестве возмущающего параметра при прессовании макаронных изделий целесообразно использовать параметр, показывающий влияние характеристик матрицы на качество макаронных изделий.

В технике используются следующие параметры:

- коэффициент живого сечения[4, 5];

$$f_{ж.с.} = \frac{S_{\phi} \cdot q_f}{S_m}, \quad (3)$$

где S_{ϕ} - площадь фильеры матрицы, м²;

q_f - количество фильер в матрице;

S_m - площадь матрицы, м².

- коэффициент расхода через матрицу[4];

$$k_{p.m} = \frac{z_m \cdot S_{\phi}}{q_v}, \quad (4)$$

где z_m - длина отверстия матрицы, м;

q_v - удельная производительность, см²/с

В связи с тем, что при увеличении протяженности фильеры матрицы (противодавления со стороны матрицы и т.д.), приводит к тем же результатам, что и уменьшение площади живого сечения, целесообразно ввести безразмерный коэффициент:

- коэффициент сопротивления матрицы.

$$k_{см} = \frac{q_f \cdot \sqrt{\pi \cdot d_3^2}}{2z_m} \quad (5)$$

где $d_3 = 2\sqrt{\frac{S_\phi}{\pi}}$

Характеристики исследуемых матриц представлены в таблице 2

Таблица 2 – Характеристики исследуемых матриц

Форма макаронных изделий	Количество фильер	Размеры фильер, мм	Длина формующей части, мм
трубчатые	6	$d_1 = 6$ $d_2 = 3$	3
			6
			9
лапша узкая	12	4 x 2	3
			6
			9
вермишель	60	2	3
			6
			9

На основе экспериментальных данных построены зависимости комплексного показателя качества от коэффициентов матрицы.

В результате коэффициент сопротивления матрицы ($R^2 = 0,92...0,97$) наилучшим образом коррелирует с параметром качества. Коэффициенты живого сечения матрицы и коэффициент расхода через матрицу практически не коррелируют с качеством продукта ($R^2 = 0,08...0,12$).

Список литературы

1. Тимофеева, Д.В. Оптимизация изменения агрегатного состояния сырья в процессе экструзии / Д.В. Тимофеева, А.Г. Зинюхина, В.П. Попов, В.Г. Коротков, С.В. Антимонов // Вестник Оренбургского государственного университета. г. Оренбург, 2013. – № 3 (152). – С. 225-229.

2. Тимофеева, Д.В. Обоснование оптимальных параметров экструдирования различных видов сырья в канале одношнекового пресс-экструдера / Д.В. Тимофеева, В.Г. Коротков, В.П. Попов, С.В. Антимонов, С.Ю. Соловых // Всероссийская научно-методическая конференция (с международным участием) «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». г. Оренбург – 29 - 31 января 2014. – С. 1298-1305.

3. Тимофеева, Д.В. Исследование преобразования структурно - механических свойств и химического состава белково-крахмало-клетчаткосоодержащего сырья в канале одношнекового пресс-экструдера / Д.В.

Тимофеева, С.В. Кишкилев, В.П. Попов, Н.Н. Мартынов // Всероссийская научно-методическая конференция (с международным участием) «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». г. Оренбург – 4 - 6 февраля 2015. – С. 1007-1014.

4. Попов, В.П. Разработка автоматизированной линии для производства макаронных изделий / В.П. Попов, В.П. Ханин, Т.М. Крахмалева, К.Ш. Ямалетдинова, В.Г. Коротков // Международная научная конференция, посвященная 60-летию Оренбургского государственного университета «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации». г. Оренбург – 15 - 17 сентября 2015. – С. 285-289.

5. Коротков, В.Г. Технология получения экструдированных кормов с применением гречишной и подсолнечной лузги / В.Г. Коротков, С.В. Кишкилев, В.П. Попов, С.Ю. Соловых, С.В. Антимонов // Хранение и переработка сельхозсырья. г. Москва, 2013. – № 4. С. – 47-49.