

*РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЖИРОВЫХ КОМПОНЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ*

Е.В. РЫКОВА¹, В.А. ГОРОВОЙ², М.В. РЕЦ¹, В.В. ИЛЛАРИОНОВА¹

¹*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: ekaterina.rykova@yandex.ru*

²*МБОУ «Лицей № 48 им. А.В. Суворова»,
350000, Российская Федерация, г.Краснодар, ул.Коммунаров, 150,
электронная почта vadim13081999@mail.ru*

При выборе жирового компонента для разработки рецептуры хлебобулочного изделия учитывают технологические свойства, которые формируются на основе данных, полученных при определении температур плавления, содержания твердого жира и других характеристик затвердения. При изготовлении хлебобулочных изделий актуальным являются изучение пластических свойств жировых компонентов. Одним из показателей пластичности, который позволяет на стадии выбора жирового компонента прогнозировать механические свойства теста, является коэффициент поверхностного натяжения, который характеризует свободную энергию жирового компонента в жидком состоянии при температуре порядка 60°C. Предлагается методика определения технологических свойств жировых компонентов на основе исследования коэффициента поверхностного натяжения различных жировых компонентов термодинамическими методами и предложена эмпирическая зависимость прогнозируемых механических свойств теста в зависимости от изменения коэффициента поверхностного натяжения.

Ключевые слова жировая фаза, коэффициент поверхностного натяжения, эмпирическая зависимость.

Рацион питания современного потребителя отличается широким ассортиментом продуктов, составной частью которых являются жировые компоненты. Как сырье, жиры и масла используются в хлебопекарной, и кондитерской промышленности. Благодаря наличию ценных пищевых ингредиентов, таких как полиненасыщенные жирные кислоты, токоферол, сквален, применение растительных жиров позволяет не только формировать заданные технологические свойства хлебобулочных и кондитерских изделий, но и обогащать данные пищевые продукты биологически активными компонентами [1 -3].

Важным является применение безопасных жировых компонентов с заданными технологическими характеристиками. Данные, полученные при определении технологических характеристик жировых продуктов, таких как

содержание твердого жира, температура плавления и другие показатели применяются для прогнозирования консистенции готового продукта, так как дыне показатели могут служить хорошими показателями разжевываемости, вязкости, пластичности жиров при различных температурах [4].

При изготовлении хлебобулочных изделий актуальным являются изучение пластических свойств жировых компонентов. Показателями пластичности жировых основ являются модуль сдвига, модуль сжатия (аналог модуля Юнга) и объемной деформации, на изменение которых существенно влияет свободная энергия, которой обладает соответствующая жировая фаза. Показателем свободной энергии является коэффициент поверхностного натяжения, исследование которого позволяет оценить возможные технологические характеристики жирового сырья и спрогнозировать качественные показатели готового хлебобулочного изделия. Анализ качественных характеристик и технологических свойств жировых продуктов, применяемых в качестве сырья, осуществляют как стандартными, так и нестандартными методиками, каждая из которых отличается различной степенью точности [4].

Целью работы явилась разработка методики определения технологических свойств жировых компонентов, применяемых для производства хлебобулочных изделий на основе исследования коэффициента поверхностного натяжения различных жировых компонентов термодинамическими методами и определение возможности прогнозирования механических свойств теста в зависимости от данного показателя пластичности жировых компонентов.

На молекулу жидкости действуют силы притяжения со стороны окружающих молекул. Если молекула находится внутри жидкости и удалена от ее поверхности на расстояние, превышающее радиус сферы молекулярного действия, то эти силы в среднем уравниваются. Если молекула находится в пограничном слое, толщина которого равна радиусу сферы молекулярного действия, то появляется результирующая сила, направленная внутрь жидкости. Работа, которую нужно затратить, чтобы изотермически и квазистатически

увеличить поверхность жидкости на единицу при сохранении ее объема неизменным, называется поверхностным натяжением [5,6].

Изотермическая работа равна убыли свободной энергии системы.

$$\Psi = \Psi_{об} + \Psi_{пов} \quad (1)$$

где $\Psi_{об}$ – объемная составляющая свободной энергии, $\Psi_{пов}$ – поверхностная составляющая свободной энергии.

Величина объемной энергии зависит только от температуры, а поверхностная – от температуры и площади свободной поверхности.

$$\Psi_{пов} = \alpha s \quad (2)$$

Для термодинамической системы, находящейся в равновесии, выполняется принцип минимальности свободной энергии.

Для увеличения свободной поверхности пленки на ds , над ней нужно произвести работу αds , сама пленка при этом совершает работу $\delta A = -\alpha ds$

Согласно первому началу термодинамики, $\delta Q = dU - \alpha ds$. Введя энтропию S , запишем количество теплоты $\delta Q = TdS$ и первое начало термодинамики примет вид:

$$dU = TdS + \alpha ds \quad (3)$$

Свободная энергия $\Psi = U - TS$, поэтому $d\Psi = -SdT + \alpha ds$, отсюда

$$S = -\left(\frac{\partial \Psi}{\partial T}\right)_s \quad (4)$$

$$\Psi = U + T\left(\frac{\partial \Psi}{\partial T}\right)_s \quad (5)$$

Подставляя (2.1.2), получим зависимость поверхностного натяжения от температуры и независимость от площади свободной поверхности:

$$U = \left(\alpha - T \frac{d\alpha}{dT}\right)s \quad (6)$$

Если пленка расширяется изотермически, ей нужно сообщить теплоту

$$Q = \Delta U - \alpha s = -T \frac{d\alpha}{dT} ds \quad (7)$$

Теплота, сообщенная единице пленки при изотермическом расширении

$$q = -T \frac{d\alpha}{dT} \quad (8)$$

Теплота образования единицы поверхности пленки q положительна, так как α уменьшается с повышением температуры.

Методика эксперимента по определению коэффициента поверхностного натяжения жидкого жира основана на следующих положениях. Если из стеклянной трубки будет капать жидкость, то капля оторвется только тогда, когда сила тяжести будет равна или больше силы поверхностного натяжения, удерживающей каплю от падения. Сила поверхностного натяжения F может быть записана так:

$$F = 2\pi r \alpha, \quad (9)$$

где $l = 2\pi r$ - длина окружности шейки капли в момент отрыв (рис.1); α - коэффициент поверхностного натяжения; r - радиус шейки капли.

Следовательно, в момент отрыва капли

$$mg = 2\pi r \alpha \quad (10)$$

(m - масса капли; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения).

Из равенства (10) можно определить α . Но из-за трудности определения радиуса шейки капли применяют относительный метод определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Если через один и тот же капилляр пропустить две разные жидкости, для одной из которых известен коэффициент поверхностного натяжения, то для второй жидкости можно определить α без измерения радиуса шейки капли.

В самом деле, объем вытекающей жидкости V связан с ее массой $m_{ж}$ и плотностью ρ формулой:

$$V = \frac{m_{ж}}{\rho} \quad (11)$$

Для равных объемов двух вытекающих из трубки жидкостей, на основании формулы (9) можно записать

$$V = \frac{N_1 m_1}{\rho_1} \quad (12)$$

$$V = \frac{N_2 m_2}{\rho_2} \quad (13)$$

где N_1, N_2 – число капель каждой из жидкостей в данном объеме; m_1, m_2 – массы капель каждой из жидкостей; ρ_1, ρ_2 – плотности жидкостей.

Подставляя в формулы (4) и (5) выражение для массы одной капли из уравнения (2) и приравнивая левые и правые части, получаем

$$\frac{2\pi r a_1 N_1}{g\rho_1} = \frac{2\pi r a_2 N_2}{g\rho_2} \quad (14)$$

Следовательно, коэффициент поверхностного натяжения одной из жидкостей α_2 выражается через коэффициент поверхностного натяжения другой жидкости α_1 , который предполагается известным

$$\alpha_2 = \frac{N_1 \rho_2}{N_2 \rho_1} \cdot \alpha_1 \quad (15)$$

Таким образом, определение α_2 сводится к подсчету числа капель N_1, N_2 для одного и того же произвольного объема.

В качестве объектов исследования выбраны подсолнечное масло (МП), животный жир (ЖЖ), маргарин «Хозяюшка» (МХ), маргарин «Сливочный» (МС) и масло «Крестьянское» (МК).

Для каждого рассматриваемого жирового компонента в жидкой фазе нами была экспериментально определена плотность, приняты и рассчитаны абсолютные и относительные погрешности измерений и определены коэффициенты поверхностного натяжения исследуемых жиров в жидкой фазе (таблица 2).

Результаты измерений коэффициентов поверхностного натяжения исследуемых жиров в жидкой фазе составили:

Животный жир: $\alpha_{\text{ЖЖ}} = (27,87 \pm 1,15) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

Масло «Крестьянское»: $\alpha_{\text{МК}} = (30,96 \pm 3,41) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

Маргарин «Хозяюшка»: $\alpha_{\text{МХ}} = (31,05 \pm 0,93) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

Подсолнечное масло: $\alpha_{\text{МП}} = (39,84 \pm 1,19) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

Маргарин «Сливочный»: $\alpha_{\text{МС}} = (31,11 \pm 0,93) \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

Таблица 2 - Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкого жира

№	N ₁	N _{пм}	α _{пм} , Н/м	N _{жж}	α _{жж} , Н/м	N _{мх}	α _{мх} , Н/м	N _{мк}	α _{мк} , Н/м	N _{см}	α _{см} , Н/м
1	8	12		15		15		16		16	
2	9	12		15		15		16		16	
3	9	12		14		15		17		16	
α _ж	8,6	12	0,039 84	14,6	0,027 87	15	0,031 05	16,3	0,309 6	16	0,031
Δx	1,44		1,19 · 10 ⁻³	1,445	1,15 · 10 ⁻³		0,93 · 10 ⁻³	4,722	3,41 · 10 ⁻³		0,93 · 10 ⁻³
ε _x	16,7 %		3 %	9,9 %	4 %		3%	28,7 %	11 %		3%

Следующим этапом явилось исследование механических характеристик твердых тел. Основным законом теории твердых тел в области малых деформаций является закон Гука. Линейная связь между механическим напряжением $\sigma = \frac{F}{S}$ и относительной деформацией $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$ для изотропных тел описывается выражением

$$\sigma = E \epsilon \tag{16}$$

Величина E и s характеризует упругие свойства твердого тела – жесткость или константа упругости. В анизотропных телах как напряжение, так и деформация являются тензорными величинами (коэффициент E для различных направлений различны). В качестве объекта механически исследований выбрано бездрожжевое тесто, являющееся неидеальным телом. В случаи, когда тесто не заключено в жесткую обойму и подвергается одноосному сжимающему напряжению, происходит объемная деформация тела, характеризующаяся относительной деформацией сдвига ε_τ и относительной деформацией сжатия ε_н. Соответствующий коэффициент Пуассона

$$\mu = \frac{\epsilon_{\tau}}{\epsilon_{n}} \tag{17}$$

Прикладывая вертикальное механическое напряжение

$$\sigma_h = \frac{mg}{S}, \quad (18)$$

где m – масса груза, а S – площадь пластины, на которую он установлен для оказания нормального давления на свободное тело, легко определить модуль упругости

$$E = \frac{\sigma_h}{\varepsilon_h} \quad (19)$$

Так как в данном опыте не представляется возможным напрямую измерить модуль сдвига, воспользуемся связью модулей упругости и сдвига, зная Коэффициент Пуассона:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (20)$$

Объемный модуль упругости выражается через модуль сдвига и модуль упругости следующим образом:

$$K = \frac{EG}{E + G} \quad (21)$$

Для экспериментального определения упругих модулей теста были приготовлены образцы теста из муки, воды, яичного и жирового компонентов. Замес производился вручную, затем, взвешенный образец помещался на горизонтальную поверхность под вертикальный пресс весом 97 г на 3 минуты.

Результаты определения механических свойств теста - продольной и поперечной деформации приведены в таблице 2. Расчет коэффициента Пуассона, модуля Юнга, модуля сдвига и объемного модуля упругости производили по формулам (17 - 20).

Таблица 2 - Механические свойства теста

жир	h_1	h_2	ε_h	d_1	d_2	ε_r	μ	E	G	K
МК	4	2,95	0,26	4,45	5,17	0,16	0,62	3168,68	977,98	747,32
МС	4,24	2,89	0,39	4,3	5,22	0,21	0,54	2437,43	791,37	597,41
МХ	4,2	3,5	0,16	4,6	4,8	0,04	0,25	9283,2	3713,28	2652,34
ЖЖ	4,3	3,85	0,11	4,57	4,7	0,03	0,27	24274,7	9556,97	6857,26
МП	4,42	2,35	0,47	4,57	5,8	0,27	0,57	1348,37	429,42	325,69

Зависимость модуля юнга E , модуля сдвига G и модуля объемного расширения K теста от коэффициента поверхностного натяжения жирового компонента приведена на рисунке 1.

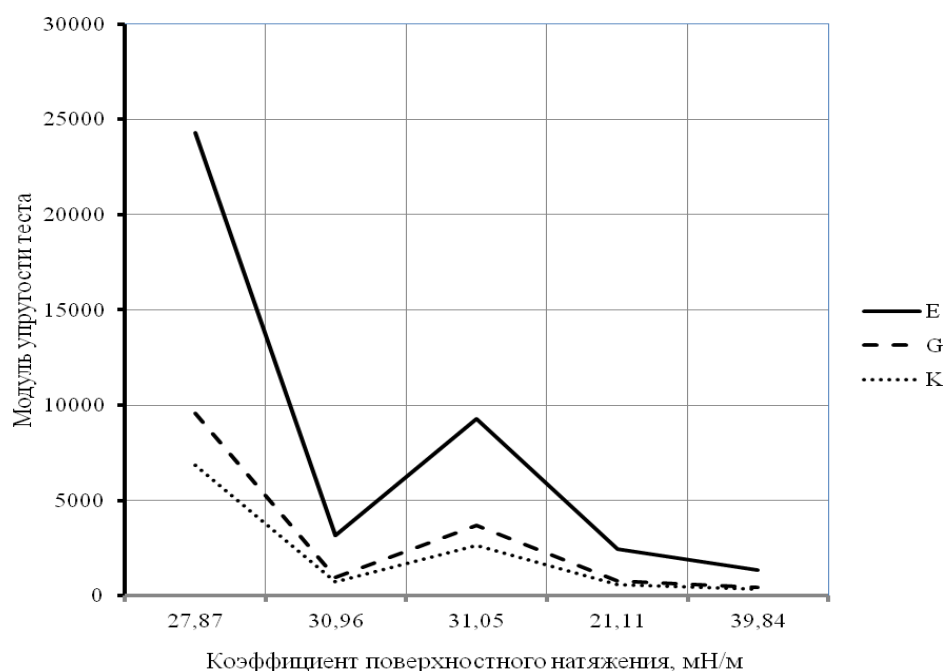


Рисунок 1- Зависимость модуля юнга E , модуля сдвига G и модуля объемного расширения K теста от коэффициента поверхностного натяжения жирового компонента

Проведенные исследования показали, что минимальными значениями коэффициента поверхностного натяжения обладает животный жир, его модули упругости максимальны. Модули упругости маргаринов и подсолнечного масла убывают по мере убывания коэффициента поверхностного натяжения. Экспериментальные графики имеют явный минимум в области масла «Крестьянского».

Построив отдельно графики упругих модулей без учета масла, получим кривую, аппроксимируемую функцией $E = c\alpha^\gamma$, где c и γ – эмпирические константы для конкретных экспериментальных точек принимают значения $c = (10^{10} - 10^{19})$, $\gamma = (1,9 - 4)$.

Эмпирическая аппроксимационная кривая, позволяющая прогнозировать механические свойства теста, имеет следующий вид

$$E = 10^{1+\alpha^2} \tag{22}$$

Таким образом, проведенные исследования показали, что для определения коэффициента поверхностного натяжения жидких жировых гетерогенных и эмульсионных систем целесообразно применение метода счета капель. Наблюдается зависимость модулей упругости, сдвига и объемной деформации от коэффициента поверхностного натяжения.

Имея эмпирическую зависимость можно по заданному коэффициенту поверхностного натяжения жирового компонента оценить будущие механические свойства теста и скорректировать рецептуру хлебобулочного изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Научно-практическое обоснование применения подсолнечных масел в производстве хлебобулочных изделий. Монография // Илларионова В.В., Кудзиева Ф.Л., Першакова Т.В. – Краснодар, Издательский дом – Юг, 2010. – 92 с.

2 Разработка рецептур высоко- и низкожирных спредов, обогащенных природными эссенциальными добавками // Магомадов Т.А., Дроздов А.Н., Ильинова С.А., Илларионова В.В. - Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008.- №1. - С. 61-62.

3 Научно-практическое обоснование технологии получения лецитинов подсолнечных масел олеинового типа. Монография // Илларионова В.В., Герасименко Е.О., Бутина Е.А., Корнена Е.П. - Краснодар, Издательский дом – Юг, 2010. – 100 с.

4 О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О'Брайен; пер. с англ. 2-го изд. В.Д. Широкова, Д.А. Бабейкиной, Н.С. Селивановой, Н.В. Магды – СПб.: Профессия, 2007. – 752с.

5 Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика: учеб. пособие для вузов/ М.: Наука 1990. – 592 (Общий курс физики; Т. II)

6 Падохин В.А., Кокина Н.Р. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов: Учеб. пособие/ Иван. гос. хим.-технол. ун-т, Институт химии растворов РАН. – Иваново, 2007 – 128 с.

REFERENCES

1 Scientific and practical rationale for the use of sunflower oil in the production of bakery products. Monograph // Illarionova V. V., Kazieva F. L., Pershakova T. V. – Krasnodar, Publishing house – South 2010. – 92 p.

2 Formulation of high - and low-fat spreads enriched with natural essential supplements // Magomadov, T. A., Drozdov A. N., Alinova S. A., Illarionova V. news of higher educational institutions. Food technology. 2008.- No. 1. pp. 61-62.

3 Scientific-practical substantiation of technology of obtaining lecithins, sunflower oil oleic type. Monograph // Illarionova V. V., Gerasimenko E.O., Butina E.A., Kornena E.P. - Krasnodar, Publishing house – South 2010. – 100 p.

4 Richard D.O'Brien Fats and oils. Formulation and Processing for Application. / R. O'brien; lane. from English. 2nd ed. D. V. Shirokova, D. A. Babakina, N. With. Selivanova, N. In. Magda – SPb.: Profession, 2007. – 752 p.

5 Sivukhin D. V. Thermodynamics and molecular physics: textbook. textbook for universities/ M.: Nauka 1990. – 592 p(General physics course; Vol II)

6 Padokhin V. A., Kokina N. R. Physico-mechanical properties of raw materials and food products: Textbook. manual/ Ivan. state of the chemical.-tekhno. University, Institute of solution chemistry of Russian Academy of Sciences. – Ivanovo, 2007 128 p.

THE DEVELOPMENT OF METHODS OF DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FAT COMPONENTS USED FOR THE PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS

E.V. RYKOVA¹, V. A. GOROVOY², M. V. RETS¹, V. V. ILLARIONOVA¹

¹ *Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: ekaterina.rykova@yandex.ru*

² *School № 48 named. Suvorov
150Kommunarov st., Krasnodar, Russian Federation, 350000,
e-mail: vadim13081999@mail.ru*

The technological properties are taken into consideration choosing fat component to develop the composition of bakery production. The properties are formed on the data base obtained at the process of melting temperature determination, solid fat containing and other characteristics of hardening. The investigation of plastic properties of fat components is considered to be relevant during bakery production. The parameter of plasticity is coefficient of surface tension which is available to predict some mechanical properties of dough. The free energy of fat component is characterized in liquid condition under 60°C. The methods of technological characteristics of fat components are offered on the base of surface tension coefficient of different fat components by thermodynamic methods and empirical dependence of investigated dough mechanical properties is offered in dependence of a coefficient of surface tension.

Key words: fatty phase, the surface tension coefficient, empirical relationship.