

Современный автоматизированный метод контроля реологических характеристик жировых продуктов

Д-р техн. наук **В.Я. ЧЕРНЫХ**, асп. **И.Х. МИЗОВА**
 Московский государственный университет пищевых производств
 Д-р хим. наук **Ю.А. СУЛТАНОВИЧ**
 Холдинг «Солнечные продукты»

Важнейшая задача, стоящая перед хлебопекарной промышленностью, – производство хлебобулочных изделий стабильно высокого качества с учетом влияния различных технологических факторов. Ее можно решать, регулируя хлебопекарные свойства сырья, применяя различные добавки – улучшители, рецептурные ингредиенты различных видов и способы их внесения, а также управляя режимами протекания технологических операций производства хлебобулочной продукции.

Для повышения качества хлебобулочных изделий, в рецептуру которых входят жировые продукты, важное значение имеет выбор их вида и способа внесения, так как эти факторы кардинальным образом изменяют реологическое поведение теста после замеса и показатели текстуры готовой продукции после выпечки.

Использование маргарина при производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта способствует получению определенных значений коэффициента динамической вязкости, соотношения упругой и пластической деформаций, продолжительности релаксации механических напряжений и других реологических характеристик теста после замеса.

Маргарины различных видов в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52178–2003 по реологическому поведению делятся на твердые (МТ, МТС, МТК), мягкие (ММ) и жидкие (МЖК, МЖП). При приготовлении пшеничного теста на хлебопекарных предприятиях маргарин вносят в тесто в основном в жидком виде или в виде эмульсии, а введение его в пластифицированном состоянии пока ограничено.

При замесе теста жировые продукты равномерно распределяются по всему объему месильной емкости,

Ключевые слова: маргарин, метод определения, оценка качества, реология, хлебобулочные изделия

Key words: margarine, method for determining, quality assessment, rheology, bakery products

образуя комплексы с белковыми веществами и полисахаридами других рецептурных компонентов. Вследствие этого тесто становится более пластичным с повышенной газодерживающей способностью.

При использовании жировых продуктов необходимо обращать внимание на один из оперативных показателей их качества – твердость, которую определяют на приборе Каминского в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарной, кондитерской и хлебопекарной и молочной промышленности». При прогрессивном оснащении производственных технологических лабораторий данный метод не удовлетворяет современным требованиям теххимического

контроля по уровню автоматизации контролируемых параметров.

За рубежом твердость жировых продуктов устанавливают с помощью текстурометра ТА. ХТ. plus (фирма «Stable Micro Systems» – Англия). Определение твердости маргарина с применением данного прибора основано на измерении усилия нагружения (г) индентора в виде струны, диаметром 0,3 мм при внедрении ее в брусок маргарина (предварительно распакованного) шириной 70 мм, на глубину 25 мм, со скоростью 0,5 мм/с после начального усилия касания струны, равного 50 г и, установлении усилия выемки индентора из жирового продукта, с такой же скоростью.

Цель настоящей работы – создание современного, автоматизированного метода контроля реологических характеристик жировых продуктов с использованием структурометра СТ-2.

Таблица 1

Показатели	Пробы				
	МТ (А1)	МТ (А2)	МТ (А3)	МТ (Б)	МТ (В)
Органолептические, баллы					
внешний вид	3,8	4,4	4,4	4,6	4,7
консистенция	3,9	4,4	4,5	4,5	4,7
Температура плавления, °С	34,8			35,1	35,3
Содержание твердых триглицеридов, %, при разной температуре (°С)					
10	44,4			40,8	42,6
15	34,2			31,4	32,8
20	22,8			20,6	21,6
25	11,5			10,3	10,8
30	6,5			5,6	5,7
35	2,3			1,9	2,0
40	0			0	0,1
Перекисное число, ммоль ½O /кг	0,35			0,37	0,36
Массовая доля, %					
жира	82,25			82,25	82,25
влаги и летучих веществ	17,35			17,35	17,35
соли	0,4			0,4	0,4
Кислотность, °С	0,45			0,45	0,45



Рис. 1. Структурометр СТ-2 с инденторами «Цилиндр» (а) и «Струна» (б)

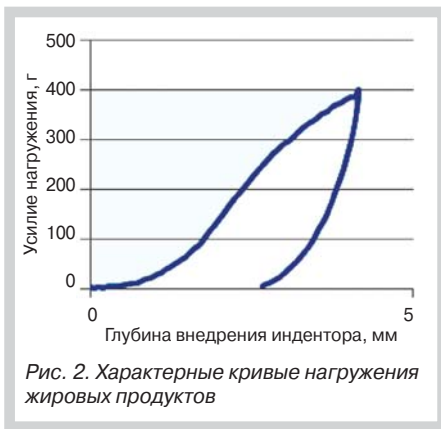


Рис. 2. Характерные кривые нагружения жировых продуктов

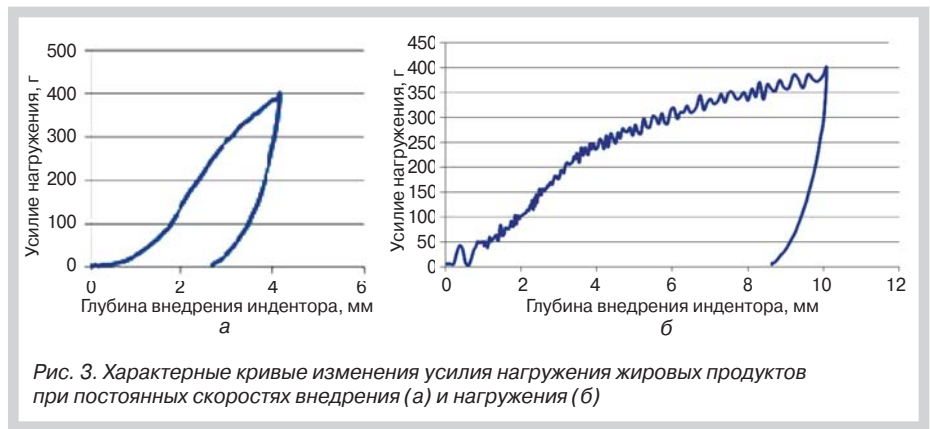


Рис. 3. Характерные кривые изменения усилия нагружения жировых продуктов при постоянных скоростях внедрения (а) и нагружения (б)

При отработке метода контроля реологических свойств использовали пять образцов маргарина компании ООО «УК Солнечные продукты», производства ЗАО «Жировой комбинат» (г. Саратов).

Пробы маргарина SolPro имели различное содержание твердых триглицеридов (ТТГ, %). Их производили при различных режимах протекания технологических операций. Показатели качества данных жировых продуктов представлены в табл. 1.

Образцы до начала анализа хранили в холодильной камере при 5 ± 1 °С. Температура в центре жирового продукта составляла 6 °С, так как после завершающего этапа производства жировые продукты на масложировых предприятиях хранят при данной температуре.

При определении твердости материалов обычно задают величину нагружения его пробы с помощью определенного индентора и устанавливают глубину его внедрения. Поэтому на начальном этапе исследований, с учетом твердости предоставленных образцов маргарина, приняли, что минимальное усилие нагружения пробы с помощью индентора в виде струны, обеспечивающее определенную чувствительность по глубине внедрения его в маргарин с разной твердостью, равно 400 г.

Исследовали также твердость жировых продуктов с использованием струны (диаметр 0,3 мм, длина 85 мм) и цилиндра (диаметр 5 мм), при внедрении их со скоростью 0,5 мм/с до конечного усилия нагружения 400 г, а также при постоянной скорости их нагружения 15 г/с. На рис. 2 приведены характерные кривые зависимости усилия нагружения на струне от режима последнего.

Чтобы определить, при каком способе нагружения пробы выше сходимость полученных результатов, рассчитывали дисперсию для пяти повторностей измерения глубины внедрения инденторов струны и ци-

линдра в образцы маргарина «Столовый молочный» SolPro. При задании скорости внедрения струны (0,5 мм/с) дисперсия составила 1,19; скорости нагружения (15 г/с) – 3,45.

Установили, что при применении индентора в виде струны целесообразно задавать скорость внедрения в мм/с, цилиндра – скорость нагружения в г/с.

За величину, характеризующую твердость жировых продуктов, берут суммарное значение нагружения на струне, отнесенное к ширине исследуемого бруска маргарина.

При нагружении образцов со скоростью внедрения 0,5 мм/с твердость второй пробы маргарина «Столовый молочный» SolPro была максимальной, пятой – минимальной, что обусловлено различным содержанием твердых триглицеридов в них, а также режимами протекания технологических операций (рис. 3).

Следующий этап работы – исследование релаксации механических напряжений в образцах. Реологические характеристики жирового продукта определяли в результате математической обработки экспоненциальной кривой релаксации механических напряжений (рис. 4), возникающих на цилиндрическом инденторе при его внедрении в пробу при следующем режиме нагружения: усилие касания (F_k) 5 г; скорость внедрения (V_d) 15 г/с; усилие нагружения (F_n) 400 г; продолжительность стабилизации положения индентора после его внедрения в тесто до усилия нагружения 400 г ($\tau_{ст}$) 180 с.

Реологические характеристики образцов определяли с помощью математической модели, описывающей релаксацию механических напряжений:

$$\sigma/\sigma_{max} = K_1 \cdot \exp(-\lambda_1 \tau_1) + K_2 \cdot \exp(-\lambda_2 \tau_2) + K_3,$$

$$\text{причем } K_1 + K_2 + K_3 = 1,$$

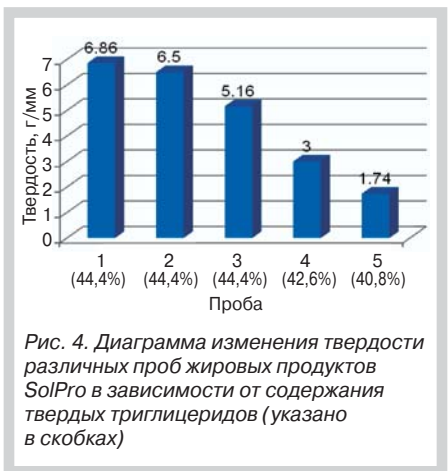


Рис. 4. Диаграмма изменения твердости различных проб жировых продуктов SolPro в зависимости от содержания твердых триглицеридов (указано в скобках)

Таблица 2

Показатели	Пробы маргарина			
	1	2	3	4
Период длительной релаксации τ ($\tau = 1/\lambda_2$), с	45,91	31,25	29,59	36,36
Скорость релаксации напряжений, s^{-1}				
мгновенной λ_1	0,574	0,739	0,6922	1,042
длительной λ_2	0,02178	0,0320	0,0338	0,0275
Средняя скорость релаксации напряжений, λ_{cp} , s^{-1}	0,298	0,386	0,363	0,535
Доля релаксации напряжений, быстрый K_1	0,600	0,763	0,702	0,787
длительной K_2	0,306	0,133	0,200	0,147
Доля остаточного напряжения, K_3	0,095	0,105	0,097	0,066

где K_1 – доля быстрой релаксации напряжений; K_2 – доля длительной релаксации напряжений; K_3 – доля остаточного напряжения; λ_1 , λ_2 – скорость мгновенной и длительной релаксации механических напряжений, s^{-1} ; τ – текущее время, с.

Продолжительность релаксации напряжений устанавливали как промежуток времени от момента достижения максимального усилия нагружения (400 г) до снижения его на 75% (100 г) (табл. 2).

При контроле реологических характеристик полуфабрикатов или го-



Рис. 5. Кривые изменения усилия нагружения на инденторе «Цилиндр» в пробах (1–4) маргарина SolPro при определении мгновенной и длительной релаксации механических напряжений

товых пищевых продуктов возникает необходимость их классификации по структурно-механическому типу. Такую классификацию мы осуществили с помощью диаграммы, приведенной на рис. 5. Ее построение основывается на том, что релаксацию механических напряжений исследуемой пробы описывают с использованием двух экспонент и одного свободного члена. Если принять исходное механическое напряжение перед протеканием процесса его релаксации за единицу, то результат испытания можно представить в виде точки, находящейся внутри треугольной диаграммы (рис. 6).

На диаграмме (см. рис. 6) K_1 отражает долю быстрого релаксирующего напряжения, K_2 – долю медленно релаксирующего напряжения, K_3 – долю остаточного напряжения. Цифрами обозначены области диаграммы, определяющие структурно-

механический тип материала. Положение точки на диаграмме позволяет отнести исследуемый материал к тому или иному структурно-механическому типу. Так, области 1 и 2 свидетельствуют о высокой пластичности материала, которая характеризуется высокой скоростью релаксации; 3 и 4 – об упруго-пластических свойствах; 5 и 6 относятся к медленно релаксирующим материалам.

Для исследуемых проб жировых продуктов точки попали в область 1, характеризующую высокие пластичность и скорость релаксации механических напряжений. Точки расположились внутри области определенным образом. Сравнивая местонахождения точек, можно классифицировать данные образцы по степени их пластичности. Так, для точки, характеризующей свойства пробы 1, высота по отношению к стороне K_2 K_3 наибольшая, как по сравнению с высотами, опущенными на другие основания, так и по сравнению с высота-

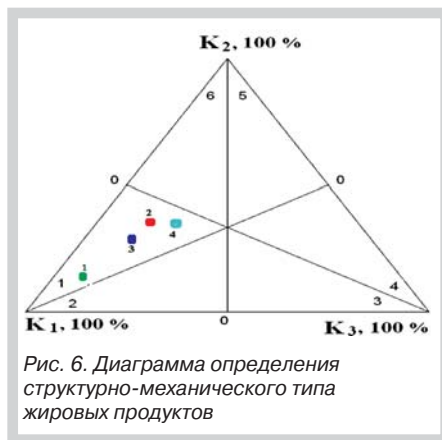


Рис. 6. Диаграмма определения структурно-механического типа жировых продуктов

ми, проведенными на основе K_2 K_3 из других точек. Это свидетельствует о том, что, во-первых, проба 1 относится к пластическим материалам, характеризующимся высокой скоростью релаксации, во-вторых, среди приведенных образцов данный имеет наибольшую пластичность. Близкими, в плане пластичности, свойствами обладают пробы 4 и 2.

Таким образом, на основании проведенных исследований разработан многопараметрический метод контроля реологических характеристик жировых продуктов, который предусматривает определение твердости (с использованием индентора «Струна» при реализации следующего режима нагружения: F_k – усилие касания, 5 г; V_d – скорость внедрения, 0,5 мм/с; F_{max} – максимальное усилие нагружения, 400 г);

установление скорости и продолжительности релаксации механических напряжений и его остаточное значение (с использованием индентора «Цилиндр» при реализации следующего режима нагружения: F_k – усилие касания, 5 г; V_d – скорость внедрения, 15 г/с; F_n – усилие нагружения, 400 г);

выявлен структурно-механический тип маргарина, примененного в исследованиях;

найден корреляционная связь между содержанием твердых триглицеридов в маргарине и его твердостью, определяемой разработанным методом, которую можно использовать при отработке режима пластикации маргарина того или иного вида при производстве булочных и сдобных хлебобулочных изделий.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАИМЕНОВАНИЯ «КРУАССАН»

Как информирует журнал «Хлебопекарный и кондитерский форум» (№2, 2012), французские круассаны внесены в список продуктов с охраняемым географическим статусом (аналогично шампанскому и коньяку).

Это означает, что такие изделия, произведенные в любой другой стране, – подделка, что влечет за собой соответствующие выводы и санкции. Доказано, что для изготовления круассанов необходимы исключительно французские ингредиенты. Выпечка их в других странах Евросоюза станет незаконной и грозит штрафом для производителей. Это не только вводит в заблуждение

потребителей, но и наносит удар по имиджу Франции, заявил б. министр сельского хозяйства **Д. Бассеро**. Он сообщил, что «во всей Европе под названием круассан продают сомнительные изделия, не имеющие ничего общего с традиционным французским продуктом».

Европейский суд справедливости на основе ряда исторических экспертиз признал протестные доводы ряда стран необоснованными.

В связи с принятым решением и учитывая вступление страны в ВТО, производителям круассанов в России необходимо пересмотреть документацию на

ОФИЦИАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



их выпуск, исключив понятие круассан или во избежание санкций, прекратить выработку этой продукции, а оборудование использовать для изготовления аналогичных изделий из слоеного теста типа рогаликов.

Н.Т. ЧУБЕНКО