УДК 663.916.11

Е.И. Муратова, П.М. Смолихина

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ И ФОРМОВАНИЯ ПОМАДНЫХ МАСС ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью проведенных исследований являлось изучение реологического поведения помадных масс различного рецептурного состава для оптимизации технологических режимов процессов темперирования и формования изделий с заданными структурно-механическими свойствами. Объектами исследования служили помадные полуфабрикаты, изготовленные по классическим рецептурам и с внесением фитодобавок. Исследования проводили на вискотестере модели ХААКЕ VT6R plus (Thermo Fisher Scientific, Германия) и анализаторе текстуры модели Brookfield CT-3 (Brookfield engineering laboratories, inc., США), оснащенном широким спектром датчиков, приспособлений и принадлежностей для решения любых задач, связанных с анализом и измерением текстуры. На основании результатов исследований влияния дозировки и дисперсности фитодобавок на вязкость помадных масс при различных температурах и скоростях деформации разработаны рекомендации для выбора режимов термомеханической обработки конфетной массы при темперировании и отливке. Получена модель зависимости вязкости помадной массы от скорости деформации и дисперсности добавок, которая может быть использована для прогнозирования реологического поведения полуфабриката в процессе технологической обработки. Установлен характер изменения пластической прочности полуфабрикатов в зависимости от режимов выстойки и влияния добавок растительного происхождения на процесс структурообразования. Выявлено, что при внесении порошкообразных добавок происходит значительное сокращение продолжительности структурообразования помады. На основе учета особенностей физико-химических взаимодействий добавок растительного происхождения с другими рецептурными ингредиентами конфетных масс представлено объяснение механизмов их влияния на реологические свойства полуфабрикатов и структурно-механические характеристики готовых изделий. Полученные результаты комплексных реологических исследований позволяют реализовать научно обоснованный подход к управлению технологическими процессами производства кондитерских изделий и обеспечить достижение заданных технологических и потребительских характеристик.

Помадная масса, фитодобавки, реологические характеристики, формование, структурообразование, вязкость, скорость деформации.

Введение

Разработка новых видов кондитерских изделий, использование нетрадиционного сырья приводит к изменению комплекса свойств полуфабрикатов и готовой продукции. Реологические свойства характеризуют качество конфетных масс как полуфабриката, поступающего на дальнейшие технологические операции (сбивание, темперирование, формование), а также определяют структурно-механические характеристики готового продукта. В связи с этим актуальной задачей является выявление зависимостей реологических свойств конфетных масс от состава рецептурных ингредиентов и уточнение режимов производства для получения продукции с заданными структурно-механическими характеристиками [1]. В статье представлены результаты исследований влияния концентрации и дисперсности порошков из растительного сырья на реологические свойства помадных масс и структурно-механические характеристики корпусов конфет.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являлись образцы помадных масс и конфет, изготовленных по классическим рецептурам и с добавлением порошков мелиссы и крапивы различной концентрации и дисперсности. При изготовлении образцов проверялись все основные показатели согласно ГОСТ 4570-93 Конфеты. Общие технические условия. Физико-химические показатели изгото-вленных конфет: массовая доля влаги корпуса 8–10 %, содержание редуцирующих веществ 7–9 %, активность воды 0,74 (для образцов без добавок) и 0,62 (для образцов с фитодо-бавками).

Исследования проводили на вискотестере модели ХААКЕ VT6R plus (Thermo Fisher Scientific, Германия) и анализаторе текстуры модели Brookfield CT-3 (Brookfield engineering laboratories, inc., США), оснащенном широким спектром датчиков, приспособлений и принадлежностей для решения задач, связанных с анализом и измерением текстуры.

Результаты и их обсуждение

При внесении в помадную массу порошкообразных растительных полуфабрикатов различной дисперсности существенно изменяются реологические свойства помадных масс и структурно-механические характеристики конфет. Используемые добавки обладают высокой адсорбционной и водоудерживающей способностью, поэтому при смешивании с помадной массой они хорошо поглощают и удерживают влагу, что приводит к значительному (более чем в три раза) увеличению вязкости по сравнению с традиционной рецептурой (рис. 1).

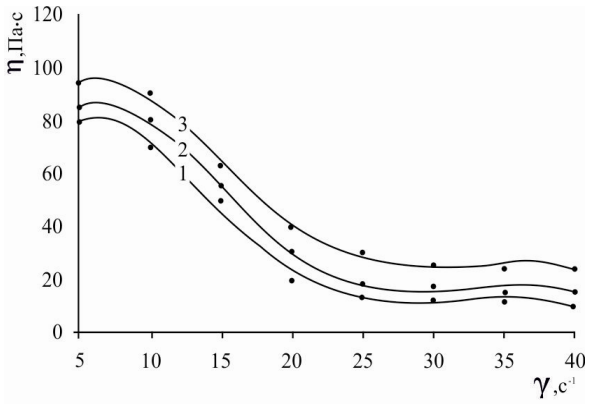

Рис. 1. Зависимость вязкости помадных масс от скорости деформации при температуре 75–80 ºС для разных концентраций порошка листьев мелиссы: 1 – 0,5 %; 2 – 1 %; 3 – 1,5 %.

Влияние дисперсности фитодобавок на реологические свойства помадных масс представлено на примере порошка крапивы (рис. 2). При уменьшении размеров частиц на 0,06 мм вязкость увеличивается в среднем на 5–7 Па·с, а напряжение сдвига на 40–80 Па. Это обусловлено тем, что уменьшение размера частиц вносимых добавок при той же дозировке порошка приводит к значительному увеличению удельной поверхности дисперсной фазы, что приводит к росту вязкости помадных масс.

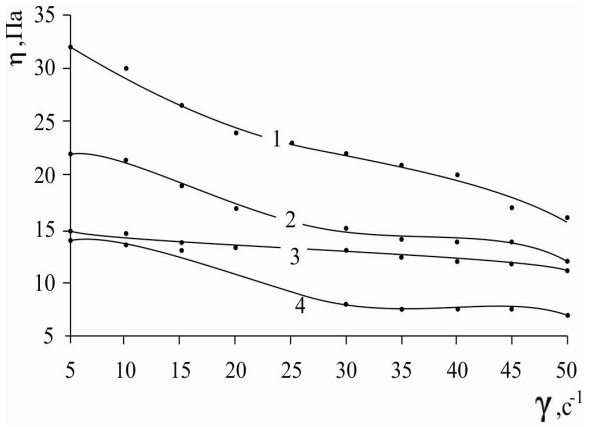

Рис. 2. Зависимость вязкости помадных масс от скорости деформации для различной дисперсности порошка крапивы: 1 – 0,08–0,14 мм; 2 – 0,14–0,2 мм; 3 – 0,2–0,25 мм; 4 – 0,25–0,5 мм.

Для математического описания полученных в ходе экспериментов зависимостей было проведено их аппроксимирование с помощью компьютерной программы, в результате которого было получено уравнение, описывающее влияние скорости деформации и дисперсности крапивного порошка на вязкость помадных масс:

$$\eta(\gamma')=d\exp(-0{,}001a\gamma'^2)\cdot(1+0{,}000001\cdot b(\gamma'-c)^3), \quad (1)$$

где η – вязкость, Па·с; γ′ – скорость деформации, $с^{-1}$; a, b, c, d – коэффициенты уравнения (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты уравнения

Дисперсность крапивного порошка, мм		0,08-0,14	0,14-0,20	0,20-0,25
a	0,792286	0,866137	0,534297	0,864429
b	45,3895	61,7101	21,7528	51,8416
c	11,0571	13,0629	6,54266	12,7887
d	32,432	23,2354	14,552	14,1307

После аппроксимации коэффициентов *a*, *b*, *c*, *d* = *f*(*D*), получаем следующую зависимость (2) от двух переменных, описывающую влияние дисперсности крапивного порошка и скорости деформации на вязкость помадных масс (рис. 2):

$$f(\gamma',D)=d(D)e^{-0{,}001a(D)\gamma'^2}\left[1+10^{-6}b(D)\left(\gamma'-c(D)\right)^3\right], \quad (2)$$

где η – вязкость, Па·с; D – дисперсность, мм; γ′ – скорость деформации, $с^{-1}$; a, b, c, d – коэффициенты уравнения.

Стадия темперирования является заключительной в формировании консистенции помады и будущей структуры корпуса. Для помадных масс, изготовленных по традиционной рецептуре, темперирование проводится кратковременно в интервале температур 65–75 °С для предотвращения перегрева массы, усиливающего рекристаллизацию кристаллов твердой фазы, поскольку в результате перегрева растворяются мелкие кристаллики сахарозы, что приводит к снижению качества помады. На выходе из помадосбивальной машины температура массы должна быть близкой к температуре формования [2].

Процесс формования помадной массы сопровождается ее постоянной деформацией. Для того чтобы обеспечить течение помадной массы по каналам формующих машин с заданной скоростью, необходимо приложить определённые усилия, которые будут зависеть от вязкости помадной массы. В табл. 2 указаны рекомендуемые температурные режимы стадий производства помады с фитодобавками различной дисперсности. Внесение порошка фитодобавок значительно увеличивает вязкость массы, поэтому очевидным является необходимость увеличения температуры темперирования на 5–10 ºС и скорости вращения мешалки на 6–8 об/мин, что позволит добиться равномерного распределения частиц порошка в объеме массы и снизить вязкость системы. Результаты эксперимента показали отсутствие негативного влияния повышенной температуры на качество помадной массы с фитодобавками.

Измерения реологических характеристик проводились в диапазоне скоростей от 5 до 50 $с^{-1}$, соответствующих диапазону механических воздействий рабочих органов машин на помадную массу на стадиях темперирования и формования [3].

Исходя из полученных зависимостей влияния фитодобавок на структурно-механические и органолептические характеристики помадных масс, были сформулированы рекомендации к условиям и способам формования (табл. 3).

Таблица 2

Рекомендуемые режимы стадий темперирования и формования помадных масс

Рецептура		Скорость сдвига, $с^{-1}$	Вязкость, Па·с	Стадия процесса	
				Темперирование, °С	Формование, °С
Традиционная		30	3,5	70–75	65–75
С фитодобавками					
Дисперсность 0,08–0,14 мм	0,5 %	30	9,0	90	85–95
	1,0 %		11,0	94	
	1,5 %		12,0	98	
Дисперсность 0,25–0,50 мм	0,5 %	30	3,0	80	75–85

Таблица 3

Рекомендуемые способы формования помадных масс при различных температурах

Температура формования, ºС	Помадная масса без добавок	Помадная масса с фитодобавками
> 70	Отливка с последующим длительным выстаиванием	
40–70	Отливка, размазка	Размазка, выпрессовывание
< 25–40	Выпрессовывание	

При температуре формования выше 70 °С структурообразование происходит после отливки корпусов, поэтому скорость сдвига при формовании может быть задана произвольно. Выстойка корпусов протекает до температуры 20–22 °С в течение 35–40 мин. Процесс структурообразования характеризуется образова-нием центров кристаллизации за счет присоединения к решетке новых молекул и протекает самопроизвольно, так как сопровож-дается уменьшением свободной энергией системы. При использовании помадных масс в качестве начинок в интервале температур 40–70 °С их подача в корпуса изделий может осуществляться при любых скоростях сдвига. При формовании помадных масс при температуре ниже 40 °С во избежание разрушения структуры массы при формовании, скорость сдвига должна быть ниже наименьшей критической, т.е. до 25 $с^{-1}$.

Для выбора оптимальных условий формования и выстойки корпусов помадных конфет необходимо определить влияние различных факторов на скорость структурообразования. Такими факторами являются соотношение твердой и жидкой фаз, наличие крупных кристаллов, концентрация и дисперсность функциональных добавок, режимы выстойки корпусов. О скорости структурообразования помадной массы можно судить по нарастанию предельного напряжения сдвига [2, 4].

Для классических помадных масс при низких температурах (70–75 °С) величина предельного напряжения сдвига резко возрастает за небольшой промежуток времени, что свидетельствует о высокой скорости кристаллизации сахарозы. Высокая степень пересыщения раствора приводит к интенсивной кристаллизации сахарозы не только на поверхности, но и во внутренних слоях корпуса. Структурообразование при отливке массы температурой 95 °С идет медленнее, а масса, отлитая при температуре 100 °С, достигает нормальной консистенции (предельное напряжение сдвига 30–40·103 Н/$м^2$) после 3 ч выстойки [2, 4].

Процесс структурообразования помадной массы можно проследить по полученным зависимостям прочности образца помады от глубины погружения индентора (рис. 3).

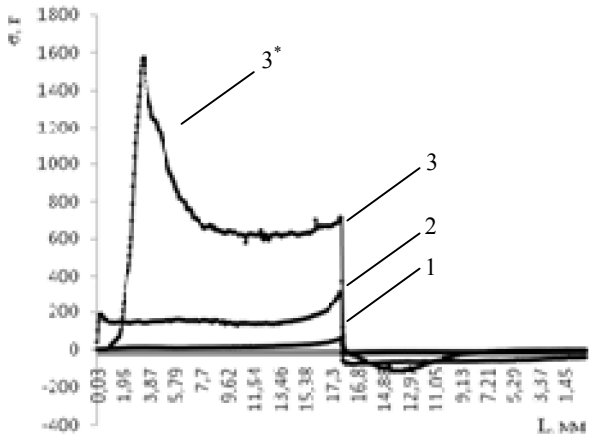

Рис. 3. Изменение консистенции помадной массы в процессе структурообразования после отливки через: 1 – 15 мин, 2 – 35 мин, 3 – 60 мин

На поверхности полуфабриката идет образование плотной кристаллической корочки, твердость которой возрастает в течение первого часа (до 1600 г), при этом образцы обладают достаточной формоудерживающей способностью, а толщина после двух часов выстойки достигает 2,5 мм. Внутри образовавшегося корпуса находится густая масса с крупными кристаллами сахарозы (участок 3^*).

Через 2,5–3 ч выстойки при температуре окружающей среды 23–25 °С корпус конфеты обладает твердой кристаллической структурой (рис. 4).

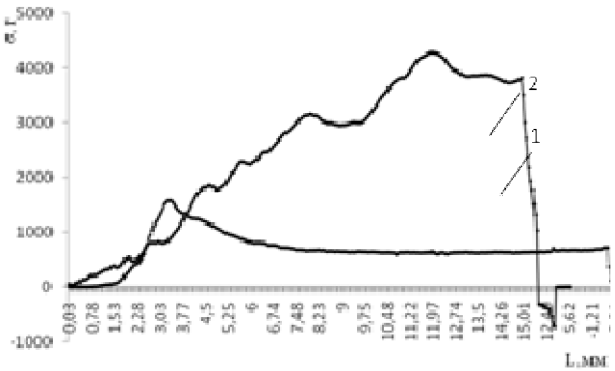

Рис. 4. Кривые консистенции помады после структурообразования через: 1 – 60 мин, 2 – 180 мин

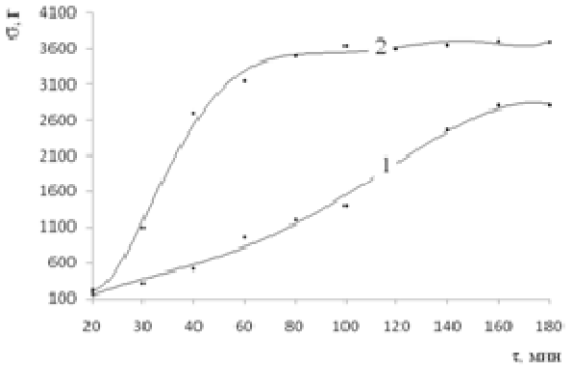

Рис. 5. Изменение прочности помады в процессе выстойки: 1 – контроль, 2 – с добавлением 1,5 % порошка крапивы 0,08–0,14 мм

Введение фитодобавок сокращает продолжительность структурообразования в три раза при температуре 23–25 °С (рис. 5). Формоудерживающая способность для образцов с добавками обеспечивается через 20–25 мин после отливки, при этом прочность корпуса составляет 950–1100 г, а через 60 мин процесс структурообразования уже закончен.

В результате комплекса проведенных исследований реологических свойств помадных масс в процессе технологической обработки выявлены зависимости, которые можно рекомендовать для практического использования на предприятиях отрасли при производстве помадных конфет с добавлением фитопорошков. Представленная в статье модель зависимости вязкости помадной массы от скорости деформации и дисперсности добавок показала воспроизводимые результаты и может быть использована для прогнозирования реологического поведения полуфабриката в процессе технологической обработки. Установленные значения режимных параметров стадий темперирования и формования позволяют обеспечить заданные характеристик помады и стабильное качество новых видов конфет.

Список литературы

1. Муратова, Е.И. Обоснование режимов производства новых видов конфет по результатам исследований реологических свойств конфетных масс / Е.И. Муратова, П.М. Смолихина, Н.В. Донских // Вопросы современной науки и практики. – 2009. – № 1 (15).

2. Зубченко, А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских: учебник. – 2-е изд., перераб и доп. / А.В. Зубченко. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад, 2001. – 389 с.

3. Муратова, Е.И. Определение температурных режимов при производстве новых видов конфет / Е.И. Муратова, П.М. Смолихина, Д.В. Леонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов: ТГТУ, 2008. – Т.14. – № 3. – С. 667–669.

4. Мачихин, Ю.А. Релаксация давления в тестовых и конфетных массах при объемном нагружении / Ю.А. Мачихин, Ю.Ф. Белокрылов, С.М. Калинина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2005. – № 2–3. – С. 84–87.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
392000, Россия, г. Тамбов, ул. Советская, 106.
Тел./факс: (4752) 63-94-42,
e-mail: topt@topt.tstu.ru

SUMMARY

E.I. Muratova, P.M. Smolikhina

JUSTIFICATION OF FONDANT MANUFACTURE MODES BASED ON THE RESULTS OF RHEOLOGICAL STUDIES

The purpose of the research was to study the rheological behavior of different fondants in order to optimize technological modes of tempering and molding of goods with specified textural and mechanical properties. The materials studied were fondant half-finished goods manufactured - according to the standard recipes and those with phytonutrients added. The research was carried out using the viscometer of the XAAKE VT6R plus (Thermo Fisher Scientific, Germany) model and the texture analyzer of the Brookfield CT-3 (Brookfield engineering laboratories, inc., USA) model equipped with a wide range of sensors, devices and accessories to solve any problems related with texture analysis and measuring. According to the research results the effect of phytonutrients dosing and dispersion

fondant viscosity at different temperatures and deformation rates enabled to work out recommendations for selecting modes of thermo-mechanical processing of fondants at the stage of tempering and molding. The model of fondant viscosity dependence on deformation rate and additive dispersion that can be used to predict the rheological behavior of half-finished goods in the technological process has been developed. The nature of changes in plastic strength of half-finished goods depending on the modes of holding and the influence of additives of plant origin on texturization has been established. The research shows that powdery additives contribute to significant reduction of fondant texturization period. Taking into consideration the peculiarities of physicochemical interactions between additives of plant origin with other recipe ingredients of fondant, the mechanism of their influence on rheological properties of half-finished goods as well as textural and mechanical characteristics of the finished goods has been explained. The results of complex rheological studies make it possible to implement the evidence-based approach to the control of technological processes of confectionery manufacture and ensure the achievement of specified technological and consumer characteristics.

Fondant, phytonutrients, rheological characteristics, formation, texturization, viscosity, deformation rate.

REFERENCES

1. Muratova E.I., Donskikh N.V., Smolikhina P.M. Validation of Operation Modes in Manufacturing of New Types of Sweets by Results of Research into Rheological Properties of Confectionary Paste. Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University, 2009, no. 1 (15). pp. 117-121. (In Russian).

2. Zubchenko A.V. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii konditerskikh [Physico-chemical bases of technology of confectionery]. Voronezh, Voronezh. state technology. acad., 2001, - 389 p.

3. Muratova E.I., Smolikhina P.M., Leonov D.V. Opredelenie temperaturnykh rezhimov pri proizvodstve novykh vidov konfet [Determination of Temperature Modes in Production of New Types of Sweets]. Transactions of the TSTU, 2008, vol.14, no. 3. pp.667-669.

4. Machikhin Y.A., Belokrylov Y.F., Kalinin S.M. Relaksatsiia davleniia v testovykh i konfetnykh massakh pri ob"emnom nagruzhenii [Relaxation pressure test and candy mass and bulk loading]. Izvestiya vuzov. Food Technology, 2005, no. 2-3. pp. 84-87.

Tambov State Technical University,
106, Sovetskaya St, Tambov, 392000 Russia.
Phone: (4752) 63-94-42,
e-mail: topt@topt.tstu.ru

Дата поступления: 23.04.2014