

УДК 663.918:13.002.237

UDC 663.918:13.002.237

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ
ЛЕЦЕТИНОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ
РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ШОКОЛАДНОЙ МАССЫ**

**INFLUENCE LECITHIN AND RADIAMULS
SORB 2345K ON THE RHEOLOGICAL
PROPERTIES OF CHOCOLATE MASS**

Черных Игорь Анатольевич
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код:2253-0363

Chernyh Igor Anatolyevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
SPIN-code: 2253-0363

Красина Ирина Борисовна
д.т.н., профессор, РИНЦ SPIN-код:3405-6598
Scopus Author ID:56257928300
e-mail pku@kubstu.ru

Krasina Irina Borisovna
Dr.Sci.Tech., professor, SPIN-code:3405-6598
Scopus Author ID: 56257928300
e-mail pku@kubstu.ru

Калманович Светлана Александровна
д.т.н., профессор, РИНЦ SPIN-код:4063-1910

Kalmanovich Svetlana Alexandrovna
Dr.Sci.Tech., professor, SPIN-code:4063-1910

Красин Платон Сергеевич
аспирант, РИНЦ SPIN-код:6514-5410
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия 350072, Россия,
г.Краснодар, ул.Московская,2*

Krasin Platon Sergeyeovich
postgraduate student
SPIN-code:6514-5410
*Kuban state technological university, Krasnodar,
Russia 350072, Russia, Krasnodar, Moskovskaya 2*

Приведены сведения по сравнительной оценке эмульгирующих свойств эмульгаторов, применяемых при производстве шоколадных масс и глазурей. Лецитин и сорбитол тристеарат (Radiamuls Sorb 2345K) являются эмульгаторами, используемыми в производстве шоколадных изделий. Эффекты влияния различных смесей лецитина и Radiamuls Sorb 2345K при добавлении в концентрации до 14 г/кг на реологические свойства расплавленного темного и молочного шоколада были определены с помощью вращательной реометрии. Результаты показывают, что, независимо от общего количества эмульгатора, предел текучести, как темной, так и молочной шоколадной массы наиболее эффективно снижается путем применения смеси примерно 30% лецитина и 70% RADIAMULS SORB 2345K. Независимо от концентрации эмульгатора, доля RADIAMULS SORB 2345K в смеси может быть снижена до 25% без значительного увеличения равновесной вязкости молочного шоколада. В отношении общей дозировки эмульгатора в пределах от 4 до 6 г/кг, самые низкие значения вязкости были найдены для смеси лецитин- Radiamuls Sorb 2345K в соотношении 50:50 для темного шоколада и 75:25 для молочного шоколада, соответственно. При применении смеси лецитина-RADIAMULS SORB 2345K появляются различные возможности для регулирования реологических свойств шоколадной массы, кондитерских глазурей и наполнителей на

Lecithin and sorbitol tristearate (Radiamuls Sorb 2345K) are the emulsifiers used in the manufacture of chocolate products. The effects of various blends of lecithin and Radiamuls Sorb 2345K when added in concentrations up to 14 g / kg on the rheological properties of molten dark and milk chocolate were determined by rotational rheometry. The results show that regardless of the total amount of emulsifier, yield strength, both dark and milk chocolate most effectively reduced by applying a mixture of approximately 30% lecithin and 70% RADIAMULS SORB 2345K. Regardless of the concentration of the emulsifier proportion RADIAMULS SORB 2345K in the mixture can be reduced to 25% without a significant increase in equilibrium viscosity milk chocolate. With respect to the total emulsifier dosage in the range of 4 to 6 g / kg, the lowest values were found for the viscosity of the mixture letsitin- Radiamuls Sorb 2345K 50:50 for dark chocolate and milk chocolate to 75-25, respectively. when using the mixture of lecithin-SORB RADIAMULS 2345K there are various possibilities for adjusting the rheological properties of chocolate, confectionery coatings and fillers on fat basis. The results obtained show that the confectionery mass flow can easily be adapted to the specific processing needs, thereby improving product quality and production efficiency increases

жировой основе. Полученные результаты показывают, что текучесть кондитерской массы может быть легко адаптирована к конкретным потребностям обработки, в результате чего улучшается качество продукции и повышается экономичность производства

Ключевые слова: ШОКОЛАД, РЕОЛОГИЯ, ЭМУЛЬГАТОР, ЛЕЦИТИН, ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ

Keywords: CHOCOLATE, RHEOLOGY, EMULSIFIER, LECITHIN, YIELD STRENGTH

Расплавленная шоколадная масса представляет собой суспензию из сахара и твердых частиц какао а, в массе для молочного шоколада содержатся частицы сухого молока, с размером частиц до <40 мкм, равномерно распределенных в жидкой матрице, главным образом какао-масла. В среднем молочный шоколад содержит 12 г какао тертого, 19 г сухого цельного молока, 48,5 г сахара и, кроме того, 20 г масла какао на 100 г шоколада [1]. Эмульгаторы уже давно используется для изменения реологических свойств шоколадных масс. Из-за их особой молекулярной структуры, эти поверхностно-активные вещества снижают поверхностное натяжение между диспергированной и непрерывной фазой и, кроме того влияют ряд реологических свойств, таких как чувствительность к влажности и температуре, а также поведение при темперировании [2]. Кроме того, эмульгаторы могут влиять на некоторые свойства затвердевшего шоколада, таких как восприимчивость к жировому поседению, устойчивость к жировой миграции из начинок и окислению [3].

Соевый лецитин, который является наиболее широко применяемым эмульгатором в производстве шоколада, обычно добавляют в концентрации 3-6 г / кг к массе шоколада. Согласно [4], добавление 1-3 г/кг соевого лецитина вызывает такое же уменьшение вязкости, как примерно в 3% добавленного какао-масла, что позволяет снизить производственные затраты за счет экономии масла какао. Другие реологически активные эмульгаторы для потенциального применения в

производстве шоколада, например, фосфоглицериды фракционировали из натурального соевого лецитина, аммониевых солей кислот (фосфатиды Yn), и сорбитол тристеарат (Radiamuls Sorb 2345K), также называемый синтетический лецитин, действует почти так же, как лецитин, но обладают более постоянным составом и эффективностью. RADIAMULS SORB 2345K, который получают из растительного сырья, проявляет несколько особые свойства. Добавление RADIAMULS SORB 2345K в растопленную шоколадную массу приводит к значительному уменьшению текучести, в то время как вязкость снижается незначительно. Эти эффекты позволяют проводить обработку при более низких температурах и упростить обработку шоколадных масс, особенно при низких скоростях сдвига в процессе формования, и облегчают удаление воздушных пузырьков [5]. Кроме того, становится возможным создание инновационных продуктов с очень тонким покрытием или слоями, а также скань поверхности конструкций. Оптимизация толщины покрытия и содержания какао масла также означает экономию материальных затрат на производство шоколадных изделий.

Исследования проводили при использовании двух различных стандартных шоколадных масс для темного и молочного шоколада. Целью нашей работы было определить влияние разжижителей различных составов и природы, на параметры течения расплавленной массы шоколада, чтобы получить информацию об оптимальной производительности эмульгатора.

Темная шоколадная масса, содержащая 34 г общего жира и 0,1 г влаги на 100 г шоколада, а также молочная шоколадная масса с 31 г общего жира и 0,37 г влаги на 100 г шоколада, были изготовлены без эмульгатора и послужили в качестве контрольного образца при проведении экспериментов. Рецептурный состав шоколадных масс приведен в таблице 1.

Таблица 1. Состав шоколадных масс

Ингредиент (г / кг)	Темный шоколад	Молочный шоколад
Сахар	480	490
Какао тертое	390	127
Какао масло	130	180
Сухое цельное молоко	-	197
Безводный молочный жир	-	6

После взвешивания соответствующее количество расплавленного шоколада (50°C) помещали в стеклянный стакан, для добавления эмульгаторов использовали шприц, чтобы установить диапазон концентраций 0-7 г/кг. Эмульгаторы, были внесены в расплавленную шоколадную по заранее определенной процедуре смешивания, с помощью шпателя и применения непрерывного перемешивания в гомогенизаторе в течение 120 с со скоростью $1 \pm 0,1$ оборотов в секунду.

Реологические измерения проводились с использованием MCR 300 реометра (Physica Messtechnik GmbH, Штутгарт, Германия), работающим в режиме контролируемой скорости сдвига. Расплавленную шоколадную массу помещали в химический стакан из концентрических цилиндров, и выдерживали при постоянной температуре на уровне $40 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ с циркуляцией горячей воды. После установки внутреннего цилиндра, образец оставляли для нагревания до 40°C в течение 10 мин. После 6 мин предварительного перемешивания при скорости сдвига в 200 c^{-1} и 150 c^{-1} в темном и молочном шоколаде, соответственно, скорость сдвига была снижена до $0,1 \text{ c}^{-1}$, а затем скорость сдвига поддерживали на постоянном уровне $0,1 \text{ c}^{-1}$ в течение 1 мин. Напряжение сдвига было записано в виде функции скорости сдвига и времени.

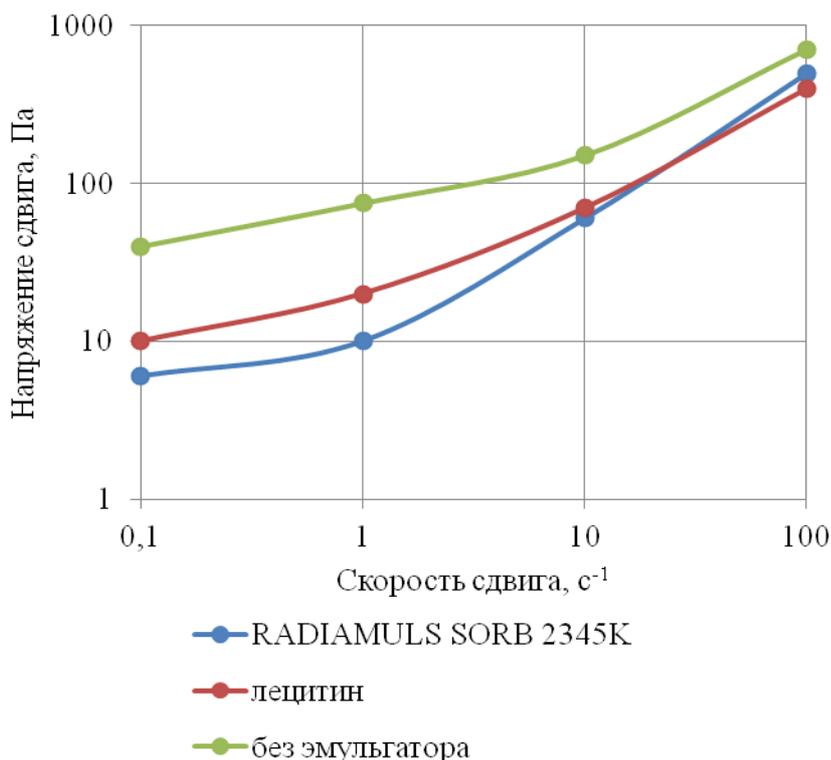


Рис. 1. Кривые течения темного шоколада масс при 40°C без эмульгатора и с добавлением 4 г/кг лецитина и 4 г/кг RADIAMULS SORB 2345K.

На рис. 1 изображена кривая течения контрольной темной шоколадной массы и темной шоколадной массы, с добавлением по 4 г/кг лецитина и 4 г/кг RADIAMULS SORB 2345K. Напряжение сдвига и, следовательно, вязкость оказались самыми высокими в шоколадной массе без эмульгатора, а различия в напряжении сдвига на определенной скорости сдвига сильно зависят от типа эмульгатора. В связи с изменением формы кривых течения, использование математических моделей, таких как модели Гершеля-Балкли и Кэссона, и расчета зависимости равновесной вязкости и предела текучести от коэффициентов уравнения не приводят к удовлетворительным результатам. Тем не менее, достоверные выводы могут быть сделаны только после обработки экспериментальных данных. Таким образом, в качестве прямой меры измерения равновесной вязкости и предела текучести, мы решили использовать отношение усредненного

напряжения сдвига в последнюю минуту перемешивания к приложенной скорости сдвига, которые рассчитывались в зависимости от среднего напряжения сдвига, измеренного после применения сдвига при скорости $0,1 \text{ сек}^{-1}$ в течение 1 мин. В случае масс без эмульгатора или с низким содержанием эмульгатора, предел текучести рассчитывали по точке изгиба на кривой расхода, которые обычно возникают в диапазоне скорости сдвига от $0,1$ до 1 с^{-1} .

В таблице 2 приведены пределы текучести и равновесные вязкости молочного шоколада в зависимости от типа эмульгатора.

Таблица 2 – Влияние концентрации эмульгатора на предел текучести (τ_0) и равновесной вязкости (η_e) молочной шоколадной массы

Эмульгатор (г / кг)	Лецитин		RADIAMULS SORB 2345K	
	τ_0 (Па)	η_e (Па · с)	τ_0 (Па)	η_e (Па · с)
0	79,6	12,3	79,6	12,3
1	19,5	4.18	16,1	7.20
2	11,8	3.63	7,49	5.89
3	10,2	3.28	4.23	4.86
4	9.00	3.04	2.31	4.67
5	9.15	2,89	1,62	4.23
6	9.59	2,79	1,44	3,98
7	10,3	2,71	1,09	3,76

С увеличением количества лецитина, предел текучести резко снизился и показал минимум в концентрации лецитина 4 г/кг. Дальнейшее увеличение концентрации лецитина затем привело к незначительному увеличению предела текучести. В соответствии с полученными результатами влияние RADIAMULS SORB 2345K оказалось гораздо более эффективным на предел текучести, и минимальный предел текучести соответствует высокой концентрации RADIAMULS SORB 2345K. Что касается равновесной вязкости, снижение оказалось более эффективным при внесении лецитина, особенно при низких и средних количествах

добавленного эмульгатора. Как показали исследования, вязкость непрерывно снижается с увеличением содержания эмульгатора.

Влияние лецитина и RADIAMULS SORB 2345K в зависимости от изменения суммы и долей эмульгаторов на реологические свойства темной шоколадной массы приведены на рис. 2 и 3. Полученные данные показывают, что добавление лецитина приводит к достаточному снижению предела текучести шоколадной массы, начиная с предела текучести в обычной массе 41,0 Па. Наблюдалось минимальное значение предела текучести 12,0 Па при добавления к системе 4 г/кг лецитина. Увеличение количества RADIAMULS SORB 2345K обусловлено непрерывным уменьшением предела текучести вплоть до 2,28 Па при внесении 4 г/кг и, кроме того, до 0,95 Па при внесении 7 г/кг.

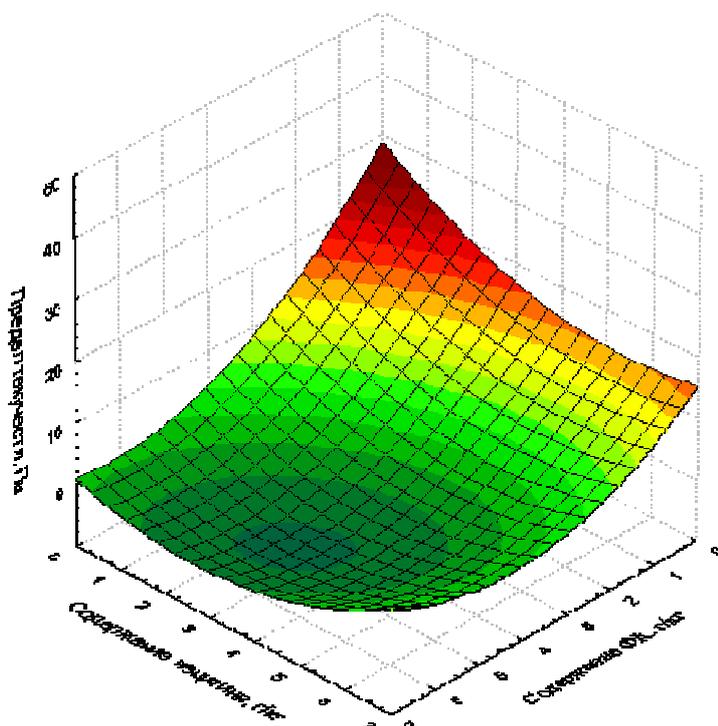


Рисунок 2. – Предел текучести темной шоколадной массы в зависимости от лецитина и RADIAMULS SORB 2345K

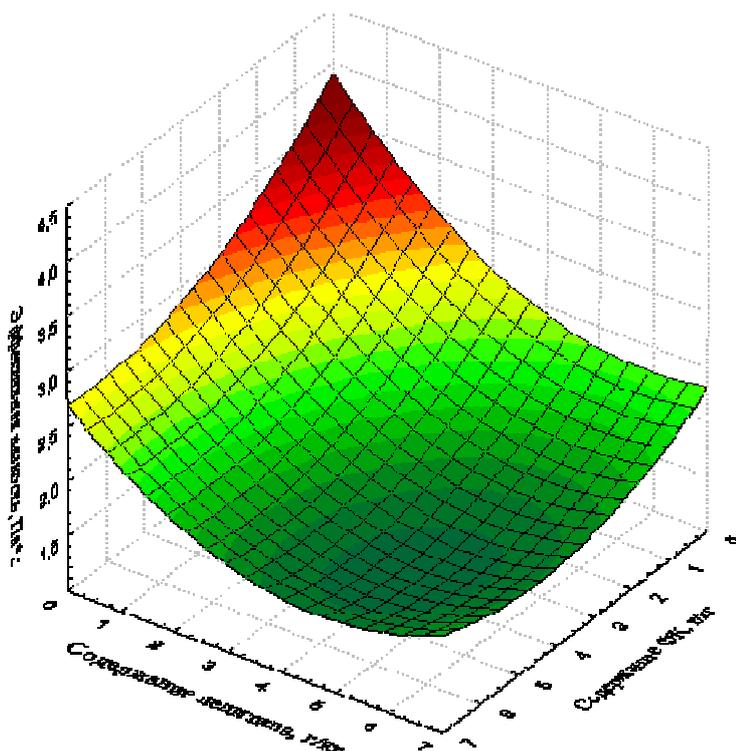


Рисунок 3. – Эффективная вязкость темной шоколадной массы в зависимости от дозировки лецитина и RADIAMULS SORB 2345K

В системах с внесением смеси эмульгаторов, предел текучести уменьшается экспоненциально с увеличением доли RADIAMULS SORB 2345K в смеси.

Однако этот эффект является значительным до содержания 4 г/кг RADIAMULS SORB 2345K, увеличение дозировки RADIAMULS SORB 2345K обуславливает лишь незначительные эффекты. С другой стороны, даже незначительное количество лецитина всего 1 г/кг добавленное к темной шоколадной массе с содержанием RADIAMULS SORB 2345K между 2 и 6 г/кг увеличивало эффекты снижения предела текучести. Что касается равновесной вязкости, можно отметить, что добавление лецитина и RADIAMULS SORB 2345K привело к снижению вязкости с 4,23 Па·с для базовой шоколадной массы до 2,22 Па·с, после добавления 7 г / кг лецитина и до 2,61 Па·с, после добавления 7 г/кг RADIAMULS SORB 2345K.

Несмотря на значительную степень отличия реологических свойств молочной шоколадной массы без эмульгатора, в основном вызванные различиями в общем содержании жира, подобные эффекты влияния смеси эмульгаторов на предел текучести и вязкость темных и молочных шоколадных масс не наблюдалось. На рис.3 представлено, как изменяются предел текучести и вязкость при увеличении дозировки эмульгатора.

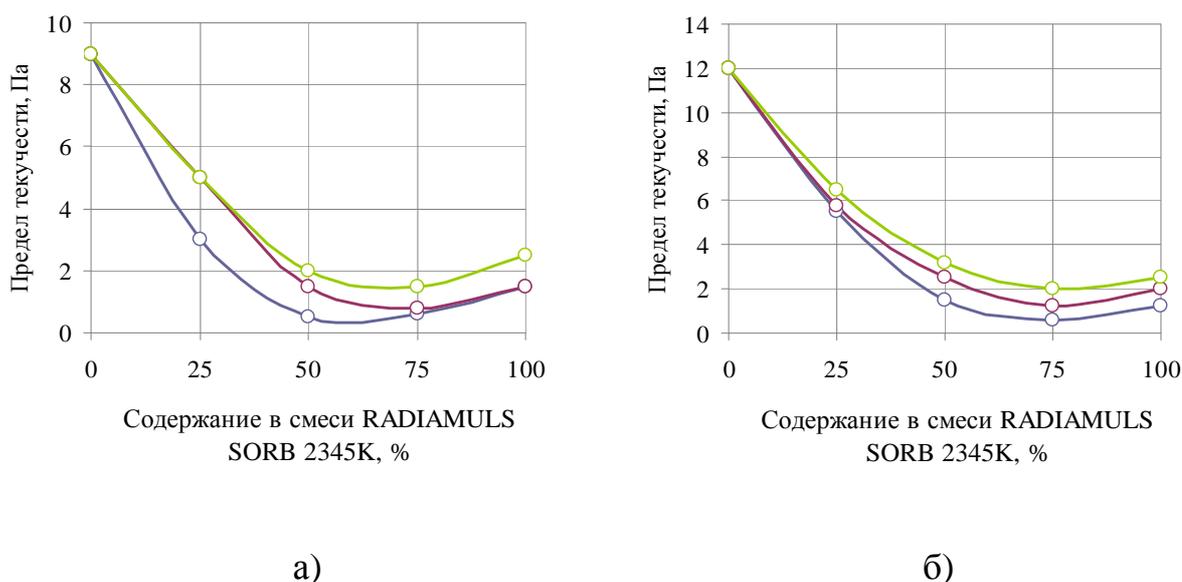
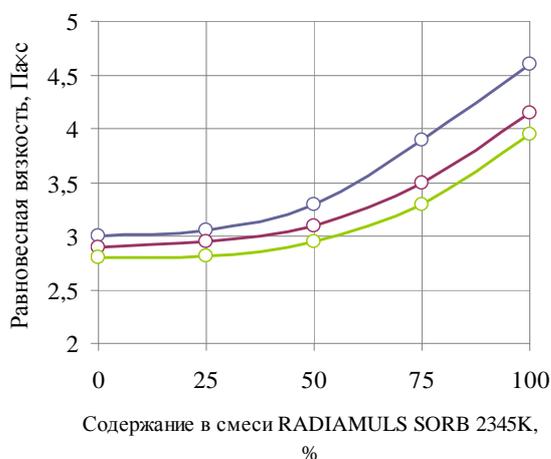


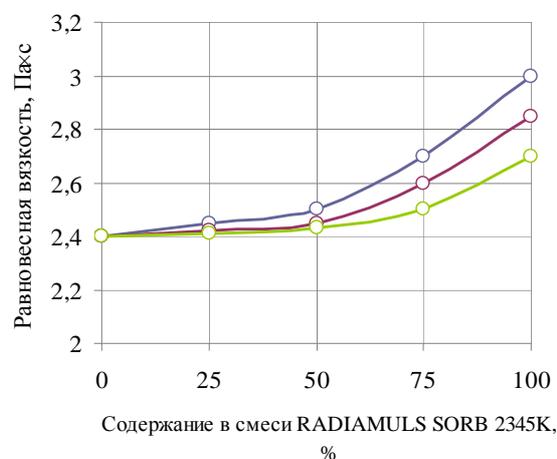
Рисунок 3 – Предел текучести молочного (а) и темного (б) шоколада с различным содержанием смеси эмульгаторов

Независимо от общей концентрации эмульгатора, минимальный предел текучести был достигнут в системах с 70% RADIAMULS SORB 2345K и 30% лецитина. Равновесная вязкость для молочного шоколада с 4 г / кг эмульгатора и соотношением RADIAMULS SORB 2345K лецитин 70:30 была на 20% выше, чем в молочном шоколаде с внесением чистого лецитина в количестве 4 г/кг. Эта разница уменьшается до 10% при внесении смеси эмульгатора в количестве 6 г / кг. Независимо от концентрации эмульгатора, доля RADIAMULS SORB 2345K в смеси может быть снижена до 25% без значительного увеличения равновесной

вязкости молочного шоколада. Для темной шоколадной массы, эта величина оказалась равной 50% RADIAMULS SORB 2345K.



а)



б)

Рисунок 4 – Равновесная вязкость молочного (а) и темного(б) шоколада

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальный состав смеси лецитина и RADIAMULS SORB 2345K в шоколадной массе, очевидно, зависит от условий обработки шоколадной массы и желаемых свойств готового продукта и не позволяет дать общих рекомендаций. Тем не менее, при применении смеси лецитина-RADIAMULS SORB 2345K появляются различные возможности для регулирования реологических свойств шоколадной массы, кондитерских глазурей и наполнителей на жировой основе. Текучесть кондитерской массы может быть легко адаптирована к конкретным потребностям обработки, в результате чего улучшается качество продукции и повышается экономичность производства. Независимо от типа шоколада, минимальный предел текучести может быть получен с использованием смеси эмульгаторов: лецитина с RADIAMULS SORB 2345K в соотношении 30:70, а для сведения к минимуму равновесной вязкости в расплавленной шоколадной суспензии требуется соответствующее

соотношение эмульгаторов 50:50 для темного шоколада или 75:25 для молочного шоколада.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Литвинова О.В., Сасина Л.Н. Исследование потребительских свойств и качества шоколада Научные итоги года: достижения, проекты, гипотезы. 2013.– № 3.– С. 114-119.
2. Hasenhuettl, G. L., Hartel, R. W.. Food emulsifiers and their applications. – New York: Chapman & Hall.–1997– P.182-200.
3. Tscheuschner, D. D. Rheological and processing properties of fluid chocolate. // Rheology, – 1994 – P 83–88.
4. Schantz B., Linke L. Bestes Fliessverhalten. Uber die Wirkungsweise verschiedener Emulgatortypen in Schokolade//Lebensmitteltechnik.-2002.-Jg. 34, N 5.-S. 42-44
5. Черных И.А., Красина И.Б., Калманович С.А., Красин П.С Регулирование реологических свойств шоколадных полуфабрикатов // Фундаментальные исследования. – 2015.–№ 2-17. – С. 3738-3742.

REFERENCES

- 1 Litvinova O.V., Sasina L.N. Issledovanie potrebitel'skih svojstv i kachestva shokolada Nauchnye itogi goda: dostizhenija, proekty, gipotezy. 2013.– № 3.– S. 114-119.
2. Hasenhuettl, G. L., Hartel, R. W.. Food emulsifiers and their applications. – New York: Chapman & Hall.–1997– R.182-200.
3. Tscheuschner, D. D. Rheological and processing properties of fluid chocolate. // Rheology, – 1994 – R 83–88.
4. Schantz B., Linke L. Bestes Fliessverhalten. Uber die Wirkungsweise verschiedener Emulgatortypen in Schokolade//Lebensmitteltechnik.-2002.-Jg. 34, N 5.-S. 42-44
5. Chernyh I.A., Krasina I.B., Kalmanovich S.A., Krasin P.S Regulirovanie reologicheskikh svojstv shokoladnyh polufabrikatov // Fundamental'nye issledovanija. – 2015.–№ 2-17. – S. 3738-3742.