

УДК 664.665

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИНГРЕДИЕНТА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

**И. Л. Корецкая, к. т. н, доцент, Т. В. Зинченко, к. ф-м. н, доцент;
Е. И. Ковалевская, к. х. н., доцент**

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Качество готовой продукции зависит от многих технологических и реологических факторов. Наша задача — исследовать влияние этих факторов на процессы структурообразования и характер консистенции полуфабрикатов. Для прогнозирования закономерностей процесса структурообразования и управления им, а, следовательно, получения продукта с заданной структурой и реологическими свойствами, необходимо изучить влияние ингредиентов на данные характеристики дисперсных систем.

В последние годы растет интерес к жировым ингредиентам, которые обладают развитой надмолекулярной структурой, высокой пластичнос-

тью, обуславливают мажущуюся консистенцию. Правильный выбор этих ингредиентов обеспечивает необходимую стабильность эмульсий типа масло-вода, в процессах замораживания-оттаивания. Для решения поставленной задачи, были использованы мальтодекстрины, имеющие температуру плавления, близкую к натуральным жирам, что позволяет получать пищевые продукты с заданными структурно-механическими свойствами. Они могут быть частичной заменой маргарина или сливочного масла в широком температурном диапазоне приготовления как полуфабрикатов, так готовой продукции.

Реологические исследования основаны на изучении деформационных явлений, которые протекают под действием внешних факторов во времени и приводят практически к равновесному состоянию в системе. Для проведения названных исследований, использовали ротационный метод, основанный на измерении вязкости материала. Образец располагали между двумя соосными цилиндрами и подвергали деформации сдвига на приборе «Реотест-2» в условиях стационарного течения, в широком диапазоне напряжений сдвига, как в прямом (при увеличении нагрузки), так и в обратном (при уменьшении нагрузки) направлениях. Прибор позволяет определить вязкостные и прочностные характеристики системы, которая измеряется при разных скоростях деформации.

В работе изучали реологические свойства жировых компонентов «Sania универсальный» и «Sania 3639» и их смеси в соотношении 1: 1, 1: 2 и 1: 3, а также влияние добавок (сахар, мальтодекстрин) на образование структуры жировой начинки. Получены экспериментальные данные по вязкости и прочности исследованных образцов приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что система с использованием жира «Sania 3639» проявляет большую аномалию вязкости, а значит, имеет более развитую надмолекулярную структуру. Также, из табл. 1 видно, что оба жировых компонента относятся к структурированным твердоподобным телам ($Rk1 > 0$).

Поскольку оба жира относятся к начиночным жирам, но существенно отличаются по реологическим показателям, было принято решение о поиске соотношения основных ингредиентов в начинке.

Также исследовали реологические кривые модельных жировых начинок с использованием кондитерских жиров «Sania 3639» и «Sania универсальный» и добавлением 5 % и 10 % мальтодекстрина (МД). За контрольный образец принимали жировую начинку конфет «Шарм».

Таблица 1. Реологические параметры жировых масс и модельных образцов

№ п/п	Модельный образец	Вязкость, Па*с			Прочность, Па			Соотношение реологических параметров	
		η_0	η_m	$\eta_0 - \eta_m$	P_{k1}	P_{k2}	P_m	$\frac{Pk_2}{Pk_1}$	$\frac{Pm}{Pk_1}$
Жировые начинки									
1	Sania универсальный	6,43	1,22	5,21	15	390	495	26	33
2	Sania 3639	9,65	2,45	7,2	30	320	480	10,7	16
Смеси жировых начинок «Sania универсальный» и «Sania 3639»									
3	25:75	7,08	2,45	4,63	0	275	465	-	-
4	33:66	18,23	10,91	7,32	0	115	125	-	-
5	50:50	13,94	0,45	13,49	0	55	65	-	-
6	66:33	15,01	4,01	11,00	0	95	105	-	-
7	75:25	17,16	4,09	13,07	0	345	505	-	-

По показаниям реологических кривых модельных жировых начинок выбрали показатели, на наш взгляд наиболее влияющие на структуру начинки: массовую часть влаги, величину аномальной вязкости ($\eta_0 - \eta_m$) и значение динамической способности системы к текучести P_{k2} .

Так как экспериментальные значения несоизмеримы между собой, числовые значения (для взаимного сравнения их между образцами) переводили в баллы (табл.2).

Таблица 2. Показатели качества жировых начинок (баллы)

Образец начинки	Влажность начинки, W	Величина аномалии вязкости, $\eta_0 - \eta_m$	Динамическая граница способности системы к текучести, P_{k2}	Площадь многоугольника качества, S
	f_1	f_2	f_3	
Начинка с добавлением 5 % МД	10	6,76	9,65	229,33
Начинка с добавлением 10 % МД	9,88	7,43	10	246,51
Начинка конфет «Шарм»	8,27	10	8,17	231,97

Для нахождения оптимальной концентрации ингредиента использовали метод многоугольника качества [1]. По выбранным показателям были построены многоугольники качества и рассчитаны их значения обобщенного показателя качества (S).

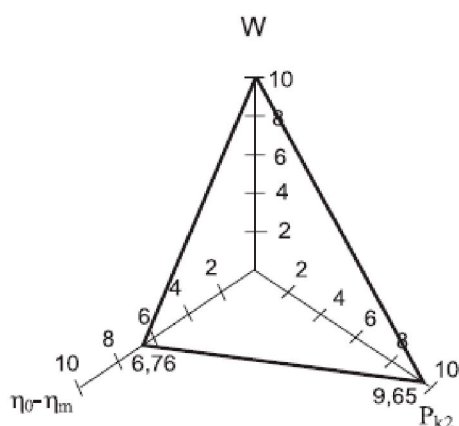


Рис. 1. Многоугольник качества для начинки с добавлением 5 % МД; S=229,33

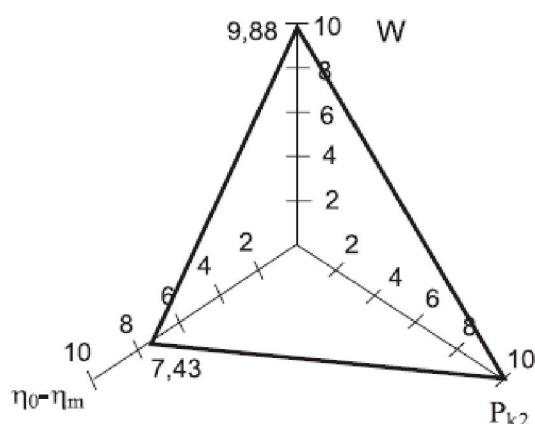


Рис. 2. Многоугольник качества для начинки с добавлением 10 % МД; S=246,51

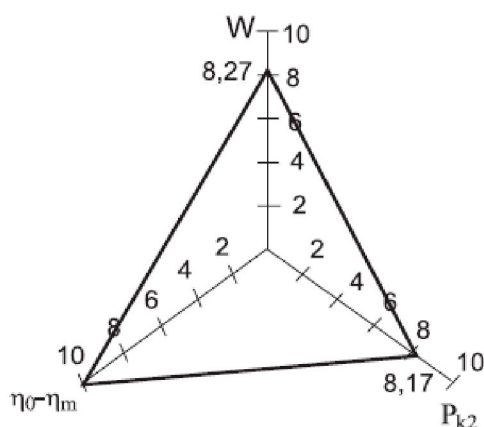


Рис. 3. Многоугольник качества для начинки «Шарм»; S=231,97

Нашей задачей был поиск концентрации МД, при которой значение площади обобщенного показателя качества для начинки будет максимальным (но не ниже, чем в контрольном образце).

Частные критерии качества начинок обозначили как f_1 , f_2 , f_3 . Задачу поиска формулировали так: найти, при какой концентрации МД функция $F=f_1*f_2+f_2*f_3+f_3*f_1 \rightarrow \max$ при следующих ограничениях:

$$8,27 \leq f_1 \leq 10;$$

$$6,76 \leq f_2 \leq 10;$$

$$8,17 \leq f_3 \leq 10;$$

Используя экспериментальные данные, была составлена система уравнений зависимости функций f_1 , f_2 , f_3 от концентраций МД (x) с учетом того, что эти функции при $5 \leq x \leq 10$ можно считать линейными.

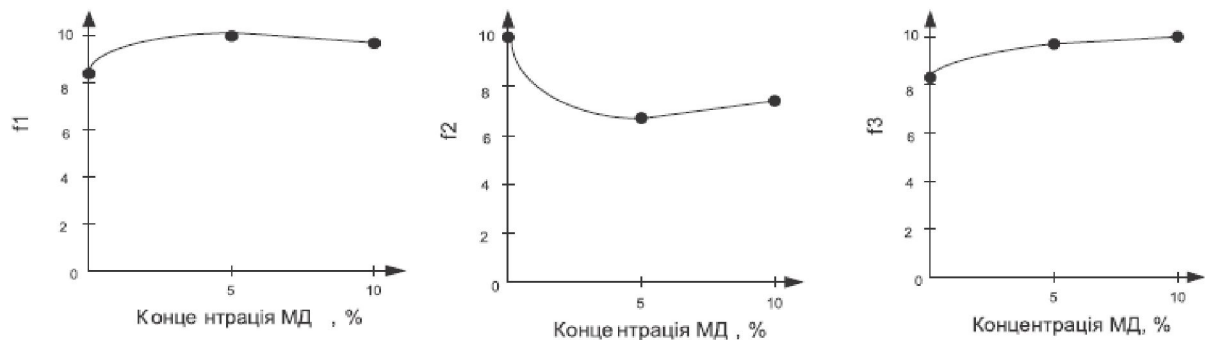


Рис. 4. Зависимости функций f_1 , f_2 , f_3 от концентрации МД.

Для их получения использовали уравнения прямой по двум точкам:

$$\frac{x - x_1}{y - y_1} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

В результате была получена система критериальных уравнений:

$$f_1 = -0,024 \cdot x + 10,12$$

$$f_2 = 0,134 \cdot x + 6,09$$

$$f_3 = 0,07 \cdot x + 9,3$$

Следовательно, целевая функция была сформирована по методу критерия многоугольника качества с использованием полученных функциональных зависимостей для всех частных критериев и с учетом нужных критериальных ограничений.

Для решения задачи нахождения максимума этой функции были применены программные средства MathCad. Решением задачи найденное значение концентрации мальтодекстрина $x=7,82$ %.

Полученные данные были успешно использованы при разработке жировой начинки для вафельных трубочек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корецкая И. Л., Зинченко Т. В. Новый метод оценки пищевых продуктов. В журн. «Продукты & Ингредиенты» № 2. 2006р., с 16–17.
2. Юрчак В. Г. Комплексна оцінка якості макаронних виробів. Наукові праці УДУХТ, № 8, 2000р., с.48–51.