

Z. V. Lovkis, A. A. Sadouski**TRACTION CALCULATION OF THE ROLLER CONVEYOR FOR ROOT CROPS MOVEMENT**

The roller conveyor construction for potato and sunchoke moving at the expense of rolls rotation around its axis is considered in article. Conveyor power calculation and the power consumption at processing line of specified productivity were carried out, resistance force and tension in all parts of the circuit was determined.

УДК 664.3

Одним из основных направлений развития масложировой промышленности республики Беларусь на ближайшую перспективу является совершенствование технологических процессов путем внедрения прогрессивных способов получения модифицированных жиров. Это позволит повысить производительность отечественных предприятий, улучшить качество и расширить ассортимент изготавливаемой масложировой продукции. Большие возможности для создания жировых композиций, соответствующих современным требованиям безопасности, открывает процесс переэтерификации, получивший широкое распространение во многих развитых странах мира. Данная статья посвящена исследованиям влияния технологических факторов химической переэтерификации на физико-химические и реологические свойства модифицируемых жиров.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИРОВ

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

А. В. Пчельникова, научный сотрудник группы по масложировой отрасли отдела технологий кондитерской и масложировой продукции;
В. Н. Бабодей, начальник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции;
К. И. Жакова, кандидат биологических наук, ученый секретарь

В последнее время активно развивающимся направлением масложировой промышленности является производство маргаринов, спредов, жиров специального назначения с использованием модифицированного жирового сырья. Наиболее прогрессивным методом модификации жиров с целью придания им определенных свойств, является процесс переэтерификации.

Переэтерификация представляет собой реакцию обмена структурных элементов жиров, которая заключается в изменении глицеридного состава масел и жиров путем перераспределения радикалов жирных кислот внутри молекул глицеридов (внутримолекулярная переэтерификация) или между ними (межмолекулярная переэтерификация). Эти изменения в распределении жирных кислот в триглицеридах позволяют изменять триглицеридный состав одного жира или смеси жиров, не изменяя его жирнокислотного состава. При этом в готовом продукте снижается содержание триненасыщенных и тринасыщенных глицеридов и повышается содержание среднеплавких разнокислотных моно- и динасыщенных глицеридов, что оказывает существенное влияние на его физико-химические и реологические свойства.

В зависимости от используемого катализатора выделяют энзимную (ферментативную) и химическую переэтерификацию. Химическая переэтерификация, как и ферментативная,

широко используется производителями специализированных жиров в Европе и СНГ для получения жировых продуктов с низким содержанием транс-изомеров и является безопасным методом модификации масел по всем показателям. При этом для получения пластичных пищевых жиров чаще применяется процесс однофазной переэтерификации смесей твердых и жидких жиров. Однофазная химическая переэтерификация проводится обычно при температуре от 40° С, т.е. в условиях, когда жир находится в полностью расплавленном состоянии. Контроль хода процесса, а также установление конечного момента проводится путем определения температуры плавления. По достижении статистического равновесия системы величина температуры плавления, несмотря на дальнейшее проведение процесса, не подвергается изменению.

С целью расширения ассортимента и повышения качества отечественной масложировой продукции, в лаборатории РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были проведены исследования по изучению влияния процессов химической переэтерификации на физико-химические и реологические показатели переэтерифицированных жиров.

Известно, что в процессе переэтерификации смесей жиров с различными исходными физическими показателями происходит значительное изменение их свойств, что позволяет проследить динамику данных изменений при различных условиях проведения процесса и выявить общие закономерности. Поэтому в качестве компонентов модельной смеси нами были использованы саломас М5, отличающийся повышенной твердостью, и рапсовое масло — жидкое растительное масло, вносимое для снижения температуры плавления и содержания твердых триглицеридов (ТТГ) в исследуемых смесях. Соотношение ингредиентов в модельной смеси: М5: РМ как 9:1.

Исследование влияния различных дозировок химического катализатора (этилата натрия) на физико-химические показатели переэтерифицированных жиров проводили в соответствии с методикой, изложенной в [1, с.96]. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Изменение свойств переэтерифицированной модельной смеси в зависимости от содержания катализатора

№ образца	Содержание катализатора (в пересчете на натрий), %	T _{пл} , °С	Твердость, г/см	Содержание ТТГ, %, при температуре, °С						
				10	15	20	25	30	35	40
исх.	-	41,5	544	77,11	73,86	66,26	54,78	39,89	22,79	11,37
1	0,2	41,5	493	74,35	70,20	62,04	50,85	35,16	18,87	11,47
2	0,4	39,5	393	68,62	62,67	52,54	40,06	24,03	11,38	3,20
3	0,6	36,9	307	63,55	55,37	44,27	32,19	18,49	9,17	1,57
4	0,8	35,4	264	59,71	51,16	38,19	26,13	14,45	5,88	0,18
5	1,0	35,0	213	53,78	46,17	31,30	18,49	8,86	3,31	-
6	1,2	35,0	213	54,99	46,10	31,95	20,07	9,08	3,95	0,10
7	1,4	34,9	204	55,52	45,21	32,34	21,05	10,24	3,28	0,07

Исследования показали, что переэтерифицированные жировые смеси имеют более низкие значения содержания ТТГ по сравнению с исходной смесью. При этом наиболее значительные изменения по сравнению с исходными жирами наблюдаются в переэтерифицированной смеси, полученной при содержании этилата натрия в количестве 1 % (в пересчете на натрий). Дальнейшее увеличение содержания катализатора, не оказывает заметного влияния на результат эксперимента. Подобные зависимости можно проследить и в отношении изменения температуры плавления и твердости исследуемых образцов (рис. 1).

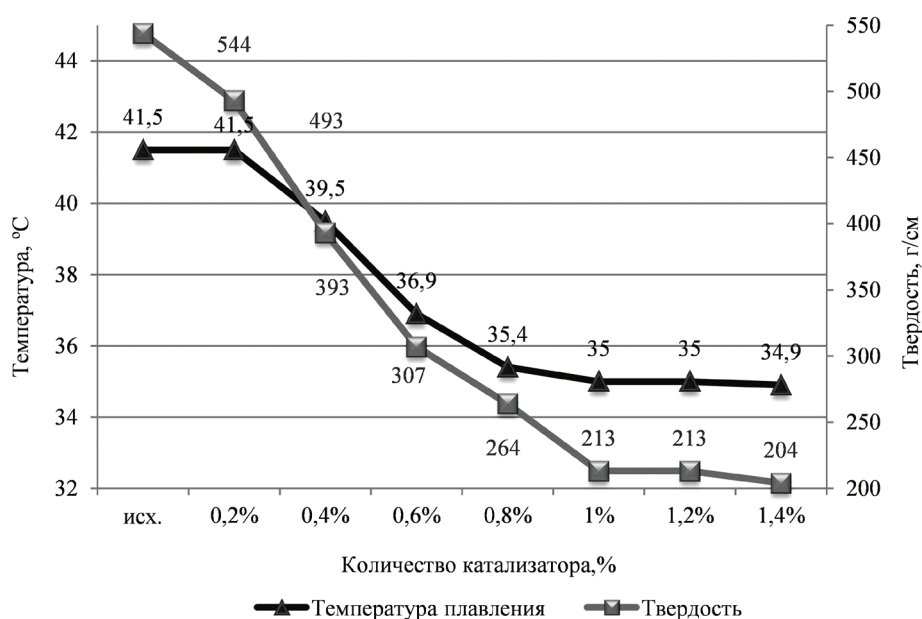


Рис. 1. Зависимость температуры плавления и твердости переэтерифицированной смеси жиров от содержания этилата натрия

Таким образом, для проведения эффективной химической переэтерификации содержание этилата натрия в реакционной смеси должно составлять не менее 1% (в пересчете на натрий).

При выборе оптимальных параметров технологического режима проведения химической переэтерификации следует учитывать влияние каждого из них на эффективность процесса. Основными технологическими параметрами, оказывающими влияние на данный процесс, являются температура и продолжительность реакции. Для изучения влияния продолжительности проведения химической переэтерификации на физико-химические показатели переэтерифицированных жиров в ходе выполнения задания была проведен эксперимент по химической переэтерификации модельных жировых смесей при соблюдении следующих условий: соотношение ингредиентов в модельной смеси: М5:РМ как 9:1, длительность реакций — от 20 мин, содержание катализатора — 1% (в пересчете на натрий).

Результаты эксперимента показали, что наибольшие изменения в содержании ТТГ, температуре плавления и твердости экспериментальных жировых смесей наблюдаются при продолжительности переэтерификации 60 мин.

С целью определения оптимального температурного режима переэтерификации проводился процесс переэтерификации модельных смесей при температурах 40-120 °С, продолжительность реакции — 1 час (табл. 2).

Таблица 2. Изменение свойств переэтерифицированной смеси от температуры переэтерификации

№ образца	Температура переэтерификации, °С	T _{пл} , °С	Твердость, г/см	Содержание ТТГ, %, при температуре, °С						
				10	15	20	25	30	35	40
исх.	-	41,5	544	77,11	73,86	66,26	54,78	39,89	22,79	11,37
1	40	40,7	528	76,55	72,8	64,25	53,12	37,04	20,31	12,05
2	60	39,2	355	67,03	59,78	49,15	36,34	21,42	10,05	2,27
3	80	35,0	210	53,78	46,17	31,30	18,49	8,86	3,31	-
4	100	34,9	210	57,4	46,28	33,17	21,12	10,66	4,02	-
5	120	35,0	211	55,65	46,24	33,03	18,98	9,05	3,76	-

Из приведенных данных следует, что повышение температуры до определенных пределов повышает эффективность переэтерификации. Однако скорость каталитических реакций имеет свой температурный оптимум (80°C) (рис. 2, 3).

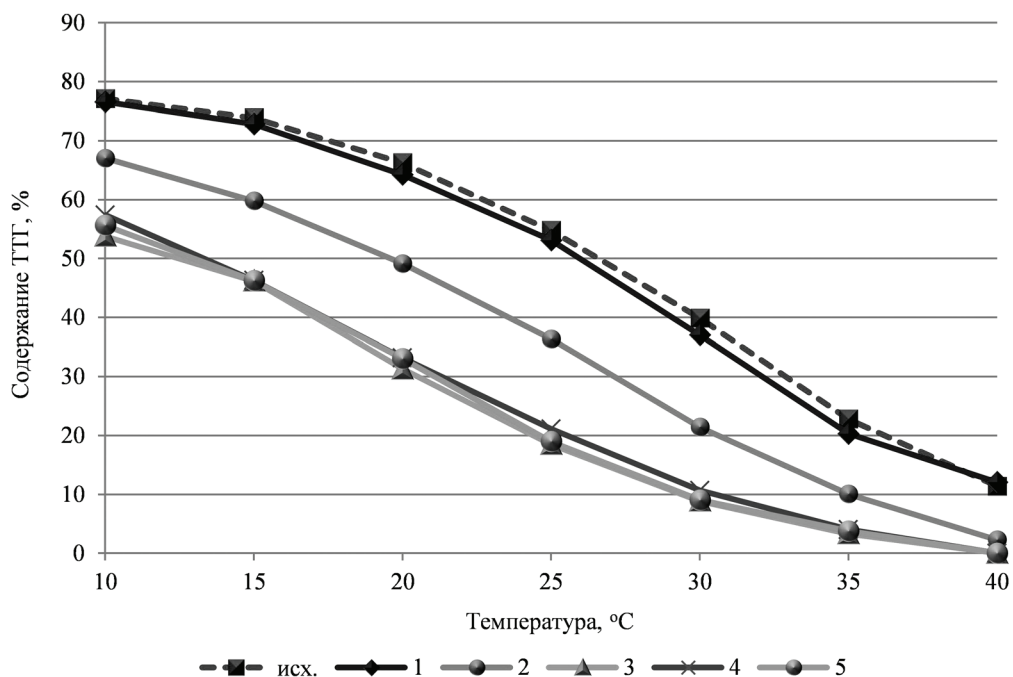


Рис. 2. Зависимость содержания ТГ модельных смесей жиров от температуры переэтерификации

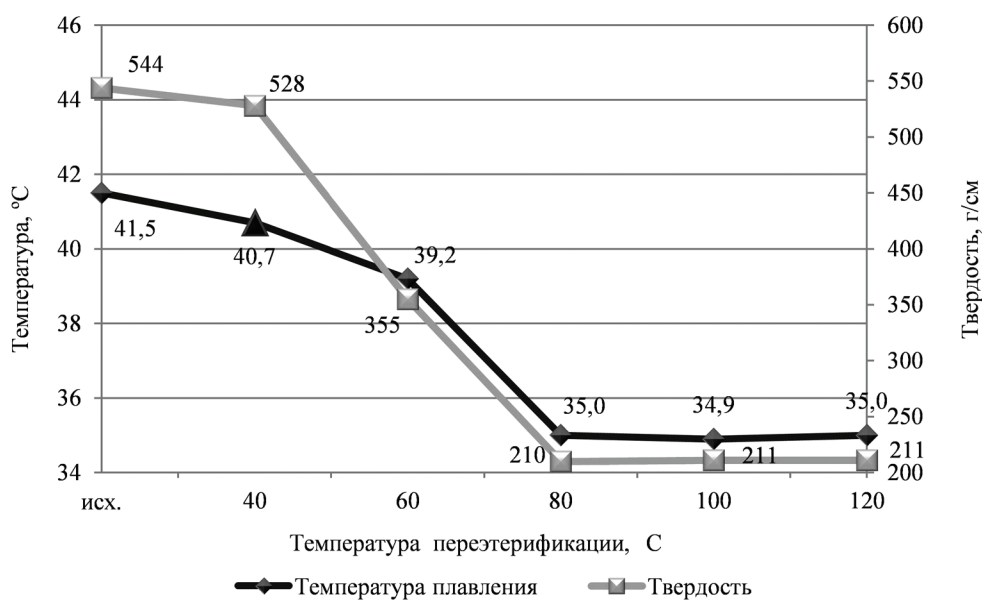


Рис. 3. Зависимость температуры плавления и твердости модельных смесей жиров от температуры переэтерификации

Данное явление связано с накоплением в смеси свободных жирных кислот и перекисей, которые стехиометрически связывают щелочной катализатор, уменьшая его активность. В связи с этим была изучена динамика гидролитических процессов в переэтерифицированных жирах.

Как видно из данных, представленных на рис. 4, кислотное число исходной смеси составляет 0,27 мг КОН/г, перекисное — 1,25 ммоль [1/2 O]/кг. При увеличении температуры реакции в ходе переэтерификации происходит постепенное увеличение данных показателей, что особенно выражено в отношении кислотного числа.

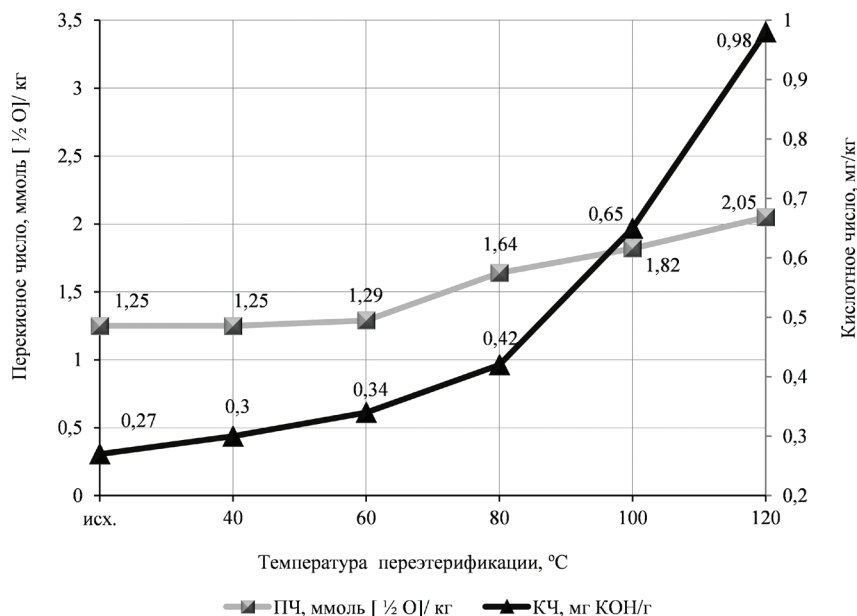


Рис. 4. Динамика изменения кислотного и перекисного числа в зависимости от температуры переэтерификации

Высокие кислотные числа переэтерифицированных жиров обусловлены как остаточной влажностью исходных смесей жиров (до 0,1%), используемых для переэтерификации, так и присутствием в смеси жидкого растительного масла, содержащего, как известно, большое количество ненасыщенных жирных кислот. Поэтому процесс однофазной переэтерификации в промышленных условиях должен проводиться в присутствии инертного газа, например азота, электролитического водорода — в процессах, катализируемых щелочами, или углекислого газа — в процессах, катализируемых металлом.

Традиционным способом получения жировых основ маргариновой продукции является смешение твердых натуральных или гидрированных жиров с жидкими растительными маслами. В качестве компонентов жировых основ чаще всего используют следующие виды жирового сырья:

- ♦ животные жиры (свиной, говяжий жир);
- ♦ гидрированные жиры (саломасы различных марок);
- ♦ тропические масла и их фракции (пальмовое, кокосовое, пальмоядровое, пальмовый стеарин, пальмоядровый стеарин, пальмовый олеин);
- ♦ жидкие растительные масла.

В настоящее время основными твердыми жирами для отечественной маргариновой продукции вследствие своей повышенной твердости, крутой кривой плавления являются гидрированные растительные масла. Высокая твердость пищевых саломасов (до 800 г/см) позволяет их смешивать с относительно большим количеством жидкого растительного масла и тем самым компенсировать снижение биологической ценности саломаса, вызванное селективным насыщением ненасыщенных жирных кислот (в частности линолевой). Как правило, смеси пищевого саломаса и жидкого растительного масла отличаются достаточной твердостью для формирования брускового маргарина, однако отличаются высоким содержанием транс-изомеров (более 20%). Кроме того, данные жировые основы характеризуются высоким содержанием твердых триглицеридов в интервале температур 10–30°С, что вызывает крошливость

разработанных на их основе маргаринов при 10°С и их повышенную твердость в области более высоких температур.

Для исследования динамики изменения свойств конечного продукта в зависимости от исходного жирового набора, в ходе выполнения работы нами была проведена однофазная переэтерификация жировых смесей различного состава. Условия процесса переэтерификации: температура — 80°С, содержание катализатора — 1% (в пересчете на натрий), продолжительность — 60 мин.

В результате исследований установлено, что вне зависимости от вида масла введение жидких растительных масел оказывает одинаковое воздействие на содержание ТТГ и температуру плавления, что выразилось в снижении содержания ТТГ и температуры плавления переэтерифицированных жиров по сравнению с исходными. Подобная картина отмечается также при исследовании бинарных смесей на основе саломаса М5 и таких жиров как пальмовое масло, свиной жир, а также смесях с введением кокосового и пальмоядрового масла.

Данное явление связано с тем, что в процессе переэтерификации происходит лишь внутри- и межмолекулярное перераспределение жирных кислот с образованием смешанных триглицеридов, не сопровождаемое количественным и качественным изменением их состава. Миграция жирных кислот носит вероятностный характер и при температуре полного расплавления смеси триглицеридов завершается статистическим перераспределением жирных кислот. Взаимная растворимость триглицеридов при данной температуре возрастает и образуется более однородный жир с мелкокристаллической структурой твердой фазы, который в большинстве случаев не расслаивается и имеет улучшенные технологические показатели, в частности пластичность.

Таким образом, глицеридный состав, а, следовательно, и физические показатели статистически переэтерифицированных жировых смесей однозначно определяется лишь количеством насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в смеси, т.е. не зависит от исходного глицеридного состава жирового сырья, взятого для переэтерификации. Следовательно, для увеличения содержания смешанных триглицеридов наиболее целесообразно переэтерифицировать жиры в соотношении, соответствующем отношению насыщенных жирных кислот к ненасыщенным жирным кислотам, близком 1:1.

В табл. 3 представлены физические показатели переэтерифицированных смесей, полученных из исходных жиров различного глицеридного состава, но имеющих одинаковое суммарное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (табл. 4). Характеристики данных переэтерифицированных жиров практически совпадают.

Таблица 3. Физические показатели переэтерифицированных смесей с одинаковым соотношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот

№ образца	T _{пл} , °С	Содержание ТТГ, %, при температуре, °С						
		10	15	20	25	30	35	40
1	32,0	78,17	73,32	62,90	40,27	8,87	1,69	-
1г	32,0	78,42	72,94	62,85	41,5	9,14	0,32	-
2	41,5	87,6	82,01	72,58	60,68	42,59	24,58	9,34
2г	41,3	87,29	82,38	73,29	61,32	43,61	25,85	9,82
3	27,0	31,72	23,97	16,20	8,44	3,48	1,55	-
3г	27,0	31,65	23,85	16,34	8,65	3,67	1,73	-
4	40,5	40,49	46,26	39,45	27,29	17,77	11,13	5,23
4г	40,4	39,11	44,89	39,17	27,69	17,64	11,04	5,44
5	32,9	80,46	75,98	67,59	48,35	13,28	0,96	-
5г	32,7	80,22	76,20	68,03	48,26	11,80	0,32	-
6	39,3	77,77	69,82	59,45	46,75	31,59	17,55	6,97
6г	39,4	80,55	71,28	59,79	45,61	30,54	16,46	5,79

Таблица 4. Состав переэтерифицированных смесей с одинаковым соотношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот

Состав смеси, %	№ образца											
	1	1г	2	2г	3	3г	4	4г	5	5г	6	6г
М5			90	80							80	80
М1					80	80						
ПМ		20		20			40					
ПС	10								10			
ПО	10		10					20	10			
ПЯМ										40		20
ПЯС	70	80							80	60		
КМ											20	
СЖ	10											
ГЖ							60	80				
РМ					20							
РсМ						20						
Содержание жирных кислот, %												
<i>насыщенных</i>	81,7	82,6	35,4	37,1	17,9	17,3	52,3	53,1	85,6	86,3	44,5	43,3
<i>ненасыщенных</i>	18,0	17,1	53,0	52,6	77,7	77,2	44,6	43,9	14,2	13,8	45,7	46,4

Кроме того, необходимо отметить и тот факт, что определение содержания ТТГ позволяет количественно оценить консистенцию жирового продукта и найти область пластической деформации (диапазон пластичности) — температурный интервал, считающийся оптимальным для смешивания жирового продукта с другими ингредиентами. Содержание ТТГ при этом должно составлять от 15 до 25 % (рис. 6).

Исследования переэтерифицированных смесей различного состава показало, что наиболее пластичными являются жировые основы, в состав которых наряду с тугоплавкими жирами (говяжий жир, пальмовый саломас) входят жидкие жиры, а также жиры содержащие повышенное количество среднеплавких глицеридов с температурой плавления 20 — 30 °С. Такие основы можно получить путем добавления в жировую смесь жиров с большим содержанием низкомолекулярных жирных кислот, например кокосового или пальмоядрового масла.

Так диапазон пластичности смесей на основе саломаса М5 и рапсового (подсолнечного) масла в количестве 20% составляет примерно 5 °С в температурном интервале от 21,7 до 26,7 °С. Для смеси на основе кокосового масла и говяжьего жира (20% от состава смеси) диапазон пластичности (2,0–2,5 °С) находится в интервале от 20 до 22,5 °С, на основе кокосового масла и пальмового стеарина — в интервале от 22,5 до 24,5 °С. Смеси на основе пальмоядрового масла (80% от состава смеси) и говяжьего жира (пальмового стеарина) имеют диапазон пластичности 2,0 (3,0) °С в интервале 22,5–24,5 (24,5– 27,5) °С.

Таким образом, в результате проведенной работы изучено влияние различных дозировок химического катализатора на физико-химические показатели переэтерифицированных жиров, определено оптимальное содержание катализатора (1% в пересчете на натрий).

Исследовано влияние различных технологических режимов проведения химической переэтерификации на физико-химические показатели переэтерифицированных жиров, определены оптимальные технологические режимы процесса переэтерификации: температура реакции — 80 °С, продолжительность реакции — 60 мин.

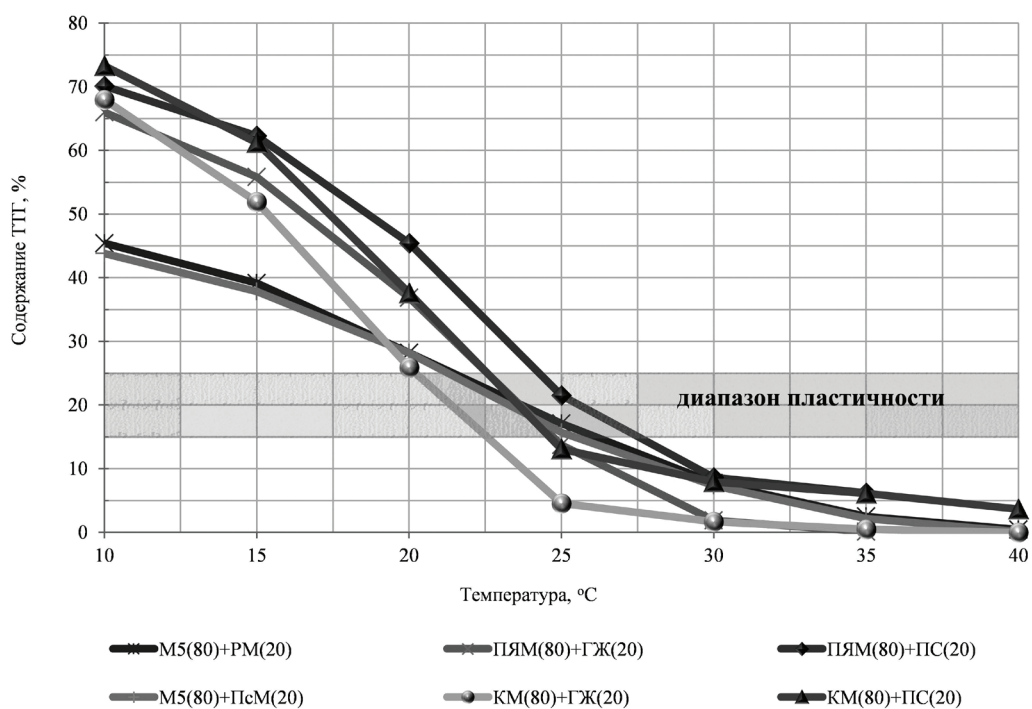


Рис. 6. Кривые плавления наиболее пластичных модельных смесей

Изучена динамика гидролитических процессов в переэтерифицированных жирах. Установлено, что при увеличении температуры реакции в ходе переэтерификации происходит постепенное увеличение кислотного и перекисного числа, что обусловлено присутствием в смесях ненасыщенных жирных кислот и остаточной влажностью исходных жиров, поэтому процесс однофазной переэтерификации в промышленных условиях должен проводиться в присутствии инертного газа.

Исследовано влияние количественного соотношения жирового сырья на качественные показатели переэтерифицированных жиров. Установлено, что глицеридный состав статистически переэтерифицированных жиров однозначно определяется лишь количеством насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в смеси, т.е. не зависит от исходного глицеридного состава жирового сырья, взятого для переэтерификации. Статистическая химическая переэтерификация таких смесей приводит к снижению содержания жидких (низкоплавких) и высокоплавких компонентов и повышению количества среднеплавких смешанных глицеридов, что приводит к снижению температуры плавления смеси. Для увеличения содержания смешанных глицеридов наиболее целесообразно переэтерифицировать жиры в соотношении, соответствующем отношению насыщенных жирных кислот к ненасыщенным жирным кислотам, близком 1:1.

Наиболее пластичными показали себя жировые основы, в состав которых наряду с тугоплавкими жирами входят жидкие жиры, а также жиры содержащие повышенное количество среднеплавких глицеридов с температурой плавления (20 — 30°C).

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян, Н.С. Лабораторный практикум по технологии переработки жиров / Н.С.Арутюнян [и др.]. — М.: Агропромиздат, 1991. — 160 с.

Рукопись статьи поступила в редакцию 11.10.2016

A.V. Pchelnikova, V.N. Babodey, K.I. Zhakova

STUDY OF INFLUENCE CHEMICAL TRANSESTERIFICATION ON QUALITY INDICATORS FATS

One of the main directions of development of fat-and-oil industry of the Republic of Belarus for the near future is improvement of technological processes by the introduction of progressive methods of producing modified fats. This will improve the performance of domestic enterprises, improve the quality and expand the range of the produced oil products. An excellent opportunity to create fat compositions relevant current safety requirements, opens the transesterification process that is widespread in many developed countries of the world. This article is devoted to the research of the influence of technological factors of chemical transesterification on physicochemical and rheological properties of modified fats.

УДК 637.142.2:621.7.044.4

Статья посвящена проблеме первичной переработки сыворотки молочной и перспективам ее обработки электрическими разрядами. Экспериментальными исследованиями, методами математического и статистического анализа, подтверждена целесообразность использования электрических разрядов в технологии первичной обработки сыворотки молочной. Подтверждено положительное влияние электрогидравлического эффекта на микробиологические показатели обрабатываемой сыворотки. Предложена технологическая схема первичной обработки молочной сыворотки с использованием электрогидравлического способа.

НОВЫЙ ПОДХОД К ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

О. В. Кочубей-Литвиненко, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры технологии молока и молочных продуктов;

О. А. Чернюшок, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии мяса и мясных продуктов;

Н. В. Рябокони, кандидат технических наук, ассистент кафедры теоретической механики и ресурсосберегающих технологий;

Д. В. Рындюк, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и ресурсосберегающих технологий

На предприятиях с небольшими объемами производства преимущественной сферой использования сыворотки является возврат сельскохозяйственным товаропроизводителям на откорм скота. Как известно, молочная сыворотка благодаря содержанию полноценных белков животного происхождения — незаменимый продукт питания молодняка крупного рогатого скота и свиней. Так, по питательности 14 кг сладкой или 17 кг кислой сыворотки эквивалентны 1 кг ячменя (12,5 МДж обменной энергии и 11 % сырого протеина), однако качество протеина сыворотки вследствие значительного содержания незаменимых аминокислот значительно выше, чем у ячменя [1]. Поэтому максимальное сохранение белковой составляющей молочной сыворотки является актуальным.

Транспортировка и хранение натуральной сыворотки без предварительной обработки неизбежно сопровождается потерями белка вследствие осаждения частиц казеиновой пыли. Пос-