

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 36.95:28.072

В.А. Ермолаев, О.Н. Иваненко, М.В. Онюшев

РАЗРАБОТКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ВАКУУМНОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МОЛОКА

V.A. Yermolaev, O.N. Ivanenko, M.V. Onyushev

THE DEVELOPMENT OF TEMPERATURE CONDITIONS OF VACUUM CONCOCTION OF MILK

Ермолаев В.А. – д-р техн. наук, проф. каф. теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: ermolaevvla@rambler.ru

Иваненко О.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: ivanenkooleg@mail.ru

Онюшев М.В. – асп. каф. теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: onushev.mixail@mail.ru

Yermolaev V.A. – Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Heating Ventilation and Air Conditioning, Kemerovo Institute of Technology of Food Industry (University), Kemerovo. E-mail: ermolaevvla@rambler.ru

Ivanenko O.N. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Heating Ventilation and Air Conditioning, Kemerovo Institute of Technology of Food Industry (University), Kemerovo. E-mail: ivanenkooleg@mail.ru

Onushev M.V. – Post-Graduate Student, Chair of Heating Ventilation and Air Conditioning, Kemerovo Institute of Technology of Food Industry (University), Kemerovo. E-mail: onushev.mixail@mail.ru

Вакуумное концентрирование способствует сохранению качественных показателей продукта за счет невысокого уровня температуры нагрева. Одним из технологических режимов вакуумного концентрирования является температура процесса. Целью настоящего исследования являлось изучение влияния температуры нагрева на эффективность вакуумного концентрирования молока. В качестве объектов исследования выступало обезжиренное молоко и молоко массовой долей жира 3 и 5 %. Концентрирование данных продуктов проводили в камере при температуре от 50 до 100 °С с шагом в 10 °С. Установлено изменение содержания сухих веществ в молоке в процессе вакуумного концентрирования. Обнаружено, что с повышением температуры концентрирования и продолжительности процесса происходит увеличение массовой доли сухих веществ молока. Однако при температурах концентрирования 90 и 100 °С установлено снижение органолептической оценки продукта. Обезжиренное молоко имеет максимальную органолептическую оценку (38–39 баллов) при температуре концентрирования не более

70 °С. Аналогичная зависимость наблюдается при концентрировании молока с массовой долей жира 3 и 5 %. Установлено, что в процессе вакуумного концентрирования содержание сухих веществ обезжиренного молока, молока с массовой долей жира 3 и 5 % увеличивается в 5,6; 4,1; 3,6 раза соответственно. Установлено увеличение удельных затрат теплоты на концентрирование с ростом температуры в камере. Особенно сильно удельные затраты теплоты возрастают при температуре концентрирования более 70–80 °С. На основании проведенных исследований установлена рациональная температура и продолжительность процесса концентрирования объектов исследования. Молоко до концентрации сухих веществ 48–50 % необходимо сгущать при температуре 70±3 °С в течение 5 часов. Данный температурный режим выбран с учетом органолептических и физико-химических показателей, кинетики процесса и удельных затрат теплоты на килограмм удаленной влаги.

Ключевые слова: молоко, вакуумная сушка, температура, концентрирование молока.

Vacuum concentration contributes to the preservation of quality indicators of the product due to the low temperature level of heating. One of the technological modes of the vacuum concentration is the process temperature. The aim of this work was to study the influence of heating temperature on the efficiency of the vacuum concentration of milk. The objects of research were skim milk and milk fat mass fraction of 3 and 5 %. The concentration of these products was carried out at the temperature in the chamber from 50 to 100 °C in increments of 10 °C. The change in the solids content in the milk during the process of vacuum concentrating was found out. It was discovered that with increasing temperature the concentration and the duration of the process the mass fraction of dry substances of milk increased. However, at temperatures concentration at 90 and 100 °C, the reduction in the organoleptic evaluation of the product took place. Skimmed milk had a maximum organoleptic score (38–39 points) at the temperature of concentration of not more than 70 °C. Similar dependence was observed when the concentration of milk with fat mass fraction was 3 and 5 %. It was established that in the process of vacuum concentrating the solids content of skim milk, milk with fat mass fraction of 3 and 5% increased to 5.6; 4. 1; 3.6-fold respectively. The increase in unit cost of heat in the concentration with increasing temperature in the chamber. The unit cost of heat increases with temperature especially hard under the concentration of more than 70 to 80 °C. On the basis of the conducted researches the rational temperature and duration of the process of concentration of research facilities. Milk to the concentration of solids 48–50 % is necessary to thicken at the temperature of 70 ± 3 °C for 5 hours. This temperature range is selected based on organoleptic and physical and chemical parameters, and kinetics of the process and the unit cost of heat per a kilogram of removed moisture.

Keywords: *milk, vacuum drying, temperature, concentrating of milk.*

Введение. Известно, что при выработке различных видов сухих молочных продуктов удаление влаги осуществляется в две стадии – сгущением и сушкой предварительно сгущенного продукта. При этом сгущение осуществляется до такой концентрации сухих веществ, при кото-

рой продукт не утрачивает своей текучести (при данной температуре выпаривания) [1, 2]. Например, перед распылительной сушкой молоко сгущают до концентрации сухих веществ 43–48 % (реже – до 52–54%).

Отличительной особенностью концентрирования молочных продуктов в камерной сушилке от вакуум-выпарного аппарата является более низкая температура концентрируемого продукта и интенсивность процесса. Невысокий уровень температуры молока способствует сохранению его качественных показателей (витаминов, микро- и макроэлементов).

К технологическим параметрам вакуумного концентрирования молока относятся: температура, остаточное давление, плотность теплового потока, температура поверхности конденсатора.

Цель исследования: подбор эффективной температуры вакуумного концентрирования молока.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи:**

- определение продолжительности вакуумного концентрирования молока при различной температуре;
- физико-химический и органолептический анализ концентрированного молока;
- анализ энергетических затрат.

Методы исследования. Выбор рациональной температуры проводили при постоянных значениях режимных параметров.

На основании обзора литературных данных [3–5] и предварительных экспериментальных исследований тепловую нагрузку приняли равной $7,36 \pm 0,3$ кВт/м², остаточное давление – 10–11 кПа, температуру поверхности конденсатора – минус 25–30 °C.

В качестве объектов исследований выступало обезжиренное молоко и молоко с массовой долей жира 3 и 5 %. Концентрирование данных продуктов проводили при температуре в камере от 50 до 100 °C с шагом в 10 °C.

Подбор эффективной температуры концентрирования молока проводили с учетом органолептических и физико-химических показателей. Органолептическую оценку концентрированного молока проводили по разработанной методике. Максимальный балл органолептической оценки составлял 40 баллов, в том числе за внешний вид – 10 баллов, вкус и запах – 15, концентрацию – 10, цвет – 5 баллов.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 представлена зависимость содержания сухих веществ молока от температуры концентрирования и продолжительности процесса.

С повышением температуры концентрирования и продолжительности процесса происходит

увеличение массовой доли сухих веществ молока. Однако при температурах концентрирования 90 и 100 °С установлено снижение органолептической оценки молока. В таблице 2 приведена органолептическая оценка концентрированного молока.

Таблица 1

Изменение содержания сухих веществ в молоке в процессе вакуумного концентрирования

Температура концентрирования, °С	Продолжительность концентрирования, ч	Обезжиренное молоко	Молоко с массовой долей жира 3 %	Молоко с массовой долей жира 5 %
50	1	12	12	14
	3	22	22	24
	5	38	39	40
	7	50	52	52
60	1	14	14	15
	3	26	24	26
	5	45	42	45
	7	55	54	53
70	1	16	15	16
	3	32	30	32
	5	50	48	49
	7	63	60	62
80	1	20	18	18
	3	38	37	37
	5	58	55	57
	7	67	68	68
90	1	22	24	24
	3	40	42	40
	5	62	64	63
	7	73	75	75
100	1	30	32	32
	3	51	48	50
	5	73	70	72
	7	85	85	87

Обезжиренное молоко имеет максимальную органолептическую оценку (38–39 баллов) при температуре концентрирования не более 70 °С. Аналогичная зависимость наблюдается при концентрировании молока с массовой долей жира 3 и 5 %. При температуре 80–100 °С в кон-

систенции наблюдается отстой сливок и появление осадка. К тому же происходят изменения во вкусе, он становится слабовыраженным.

В таблице 3 приведены физико-химические показатели концентрированного молока.

Органолептическая оценка концентрированного молока

Продукт	Температура концентрирования, °С	Органолептическая оценка, баллы				
		Внешний вид	Вкус и запах	Консистенция	Цвет	Сумма баллов
Обезжиренное молоко	50	10	14	9	5	38
	60	10	15	9	5	39
	70	10	15	9	5	39
	80	10	14	8	5	37
	90	9	14	8	5	36
	100	8	14	8	4	34
Молоко с массовой долей жира 3 %	50	10	15	10	5	40
	60	10	15	10	5	40
	70	10	15	9	5	39
	80	10	15	10	5	40
	90	9	14	9	5	37
	100	8	14	8	4	34
Молоко с массовой долей жира 5 %	50	9	15	9	5	38
	60	9	15	9	5	38
	70	10	15	10	5	40
	80	10	15	10	5	40
	90	9	14	9	5	37
	100	8	14	8	5	35

Таблица 3

Физико-химические показатели концентрированного молока

Продукт	Содержание, %					pH
	сухих веществ	белка	лактозы	жира	зола	
Обезжиренное молоко	50	40,3	6,5	0,5	2,7	6,59
Молоко с массовой долей жира 3 %	48	23,0	6,4	15,7	2,9	6,52
Молоко с массовой долей жира 5 %	49	15,3	7,2	23,6	2,9	6,53

Сравнение физико-химических показателей молока до и после концентрирования показывает следующее. Концентрация сухих веществ обезжиренного молока, молока с массовой долей жира 3 и 5 % увеличивается в 5,6; 4,1; 3,6 раза соответственно. Активная кислотность концентрированных продуктов незначительно

снижается относительно нативной, что проявляется в незначительно более кислом вкусе.

На рисунке 1 представлены графики концентрирования молока с массовой долей жира 3 %.

Достижение в камере температуры 70–80 °С происходило за 30–50 минут. В течение всего процесса концентрирования температура в камере была равна рациональной – 70–80 °С.

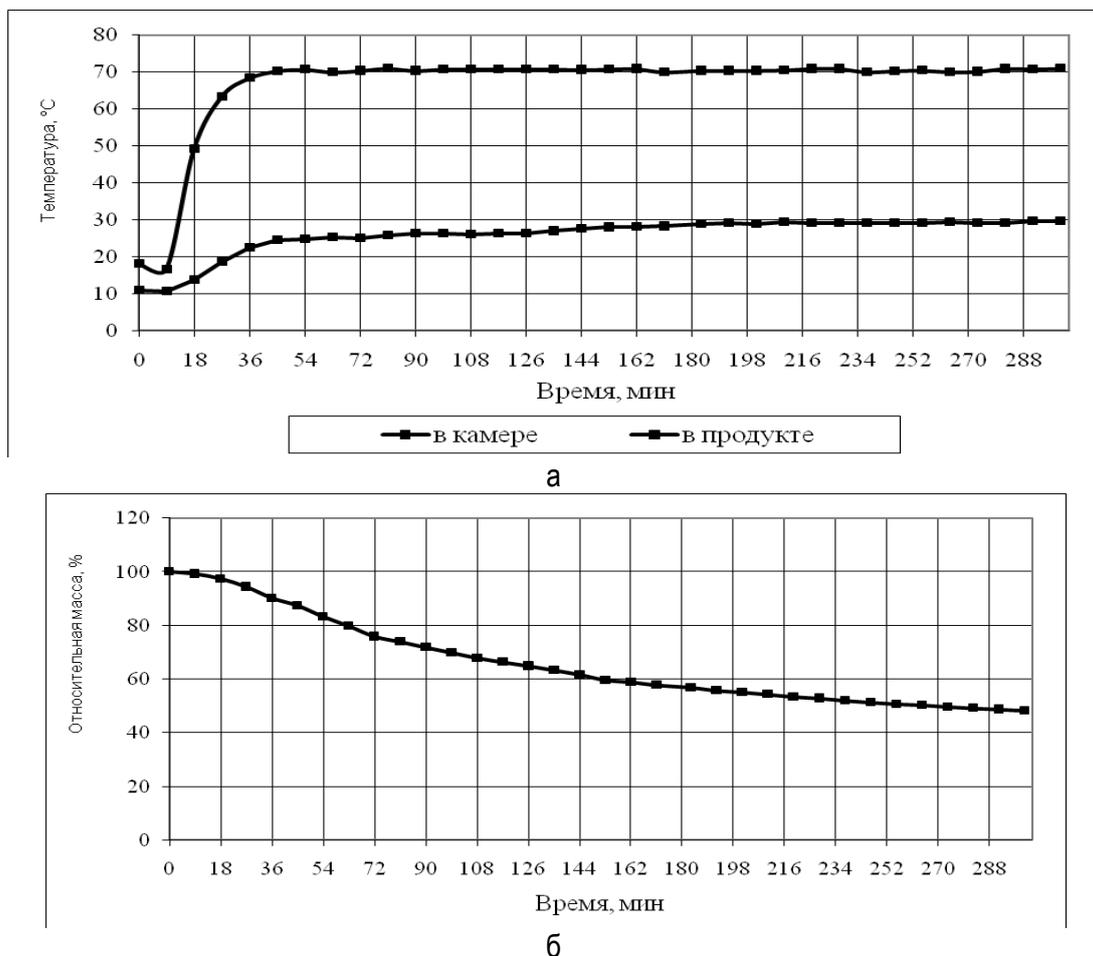


Рис. 1. Графики вакуумного концентрирования молока с массовой долей жира 3 %: а – температура в камере и продукте; б – относительная масса

Температура молока за счет интенсивного кипения (самоохлаждения) не превышала 30–40 °С. Однако следует отметить некоторую динамику увеличения температуры продукта в процессе концентрирования. Увеличение температуры происходит за счет того, что концентрация сухих веществ увеличивается, а интенсивность испарения уменьшается. Относительная масса молока с массовой долей жира 3 % уменьшается на 52 %. Удаление влаги практически равномерно в течение всего процесса концентрирования.

Большой интерес представляют данные по удельным затратам теплоты на 1 кг удаленной влаги из молока в зависимости от температуры и продолжительности концентрирования.

На рисунке 2 представлены зависимости удельных затрат теплоты на концентрирование обезжиренного молока.

Из приведенных зависимостей следует увеличение удельных затрат теплоты на концен-

трирование с ростом температуры в камере. Особенно сильно удельные затраты теплоты возрастают при температуре концентрирования более 70–80 °С.

При температурах концентрирования менее 70–80 °С удельные затраты теплоты снижаются. Однако, чем ниже температура тем меньшая степень концентрирования достигается за одинаковые промежутки времени.

Известно из литературных источников [6, 7], что удельный расход теплоты в вакуум-выпарных установках составляет 0,831–0,959 кВт/кг удаленной влаги. По данным собственных исследований установлено, что удельные затраты теплоты на концентрирование в камерной вакуумной установке при температуре концентрирования 70–80 °С составляют 0,6–0,74 кВт/кг удаленной влаги. То есть использование камерной вакуумной установки позволяет уменьшить затраты теплоты на концентрирование практически в полтора раза.

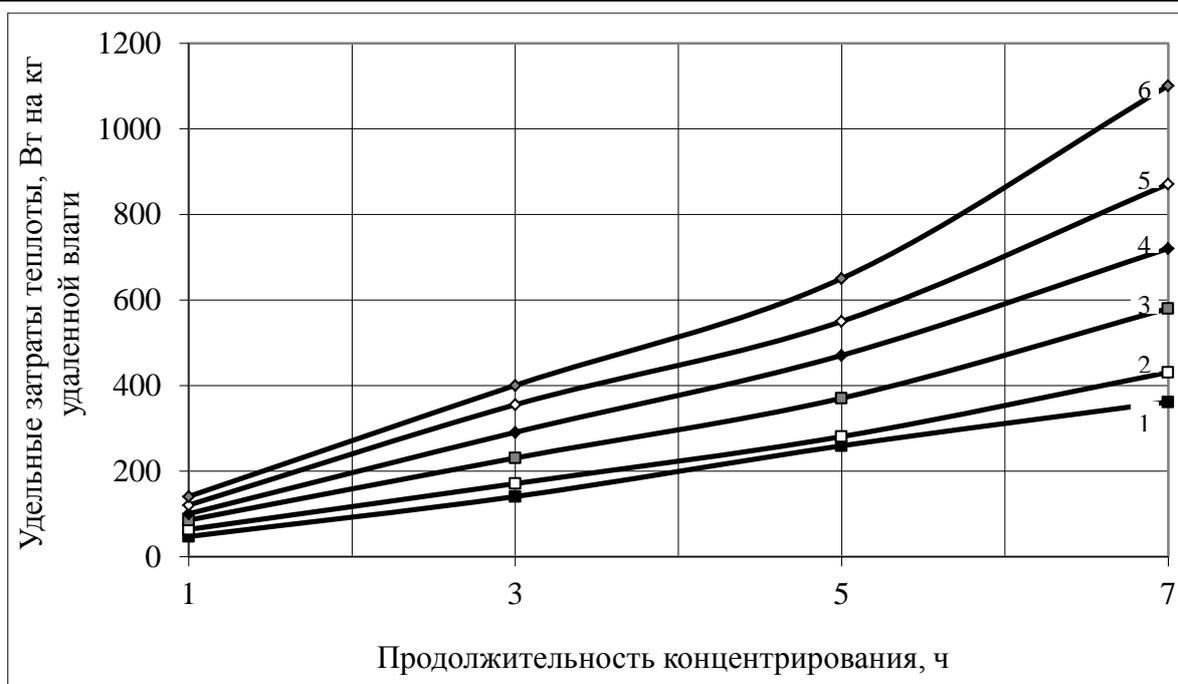


Рис. 2. Зависимость удельных затрат теплоты на концентрирование обезжиренного молока от продолжительности концентрирования:
 1 – 50 °С; 2 – 60 °С; 3 – 70 °С; 4 – 80 °С; 5 – 90 °С; 6 – 100 °С

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований установлена рациональная температура и продолжительность процесса концентрирования обезжиренного молока и молока с массовой долей жира 3 и 5 %. Молоко до концентрации сухих веществ 48–50 % необходимо сгущать при температуре 70 ± 3 °С в течение 5 ч. Данный температурный режим выбран с учетом органолептических и физико-химических показателей, кинетики процесса и удельных затрат теплоты на 1 кг удаленной влаги.

Следует отметить, что молоко можно сгущать при различных температурах и разной продолжительности в зависимости от необходимой массовой доли сухих веществ в концентрируемом продукте.

Литература

1. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, З.Х. Диланян, Л.В. Чекулаева [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 463 с.
2. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А.Г. Храмцова, З.В. Волокитина [и др.] / под ред. А.М. Шальгиной. – М.: КолосС, 2004. – 455 с.
3. Просеков А.Ю., Ермолаев В.А. Подбор остаточного давления для вакуумного концентрирования жидких молочных продуктов // Достижение науки и техники АПК. – 2010. – № 6. – С. 69–70.
4. Ермолаев В.А. Исследование влияния температуры поверхности конденсатора на интенсивность вакуумного концентрирования жидких молочных продуктов // Достижение науки и техники АПК. – 2010. – № 5. – С. 71–72.
5. Ермолаев В.А. Исследование процессов вакуумного концентрирования молока // Современные технологии продуктов питания: теория и практика производства: материалы междунар. науч.-практ. семинара. – Омск, 2010. – С. 91–93.
6. Харитонов В.Д., Грановский В.Я. Эффективность различных способов получения сухого молока: обзорная информация / ЦНИТЭИмясомолпром. – М., 1982. – 31 с.
7. Попова И.Д., Фиалкова Т.А., Харитонов В.Д. Способ производства концентрата молочной сыворотки // Молочная промышленность. – 2002. – № 1. – С. 34–36.

Literatura

1. Tehnologija moloka i molochnyh produktov / G.V. Tverdohleb, Z.H. Dilanjan, L.V. Chekulaeva [i dr.]. – M.: Agropromizdat, 1991. – 463 s.
2. Tehnologija moloka i molochnyh produktov / G.N. Krus', A.G. Hramcova, Z.V. Volokitina [i dr.] / pod red. A.M. Shalyginov. – M.: KolosS, 2004. – 455 s.
3. Prosekov A.Ju., Ermolaev V.A. Podbor ostatochnogo davlenija dlja vakuumnogo koncentrirvanija zhidkih molochnyh produktov // Dostizhenie nauki i tehniki APK. – 2010. – № 6. – S. 69–70.
4. Ermolaev V.A. Issledovanie vlijanija temperatury poverhnosti kondensatora na intensivost' vakuumnogo koncentrirvanija zhidkih molochnyh produktov // Dostizhenie nauki i tehniki APK. – 2010. – № 5. – S. 71–72.
5. Ermolaev V.A. Issledovanie processov vakuumnogo koncentrirvanija moloka // Sovremennye tehnologii produktov pitaniya: teorija i praktika proizvodstva: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. seminar. – Omsk, 2010. – S. 91–93.
6. Haritonov V.D., Granovskij V.Ja. Jefferektivnost' razlichnyh sposobov poluchenija suhogo moloka: obzornaja informacija / CNITJelmjasomolprom. – M., 1982. – 31 s.
7. Popova I.D., Fialkova T.A., Haritonov V.D. Sposob proizvodstva koncentrata molochnoj syvorotki // Molochnaja promyshlennost'. – 2002. – № 1. – S. 34–36.

УДК [641. 1/3.047:543.613]:[536.75:66.081]

В.М. Позняковский, И.Ю. Алексанян,
А.Х.-Х. Нугманов, Е.В. ФоменкоЭНТРОПИЙНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В УРАВНЕНИИ ГИББСА–ГЕЛЬМГОЛЬЦА
ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ УСВОЕНИЯ КУЛИНАРНЫХ БЛЮДV.M. Poznyakovsky, I.Y. Aleksanyan,
A.H.-H. Nugmanov, E.V. FomenkoENTROPY COMPONENT IN THE EQUATION OF GIBBS–HELMHOLTZ TO CHARACTERIZE
CHANGES IN THE DEGREE OF ASSIMILATION OF CULINARY DISHES

В статье предлагается использовать термодинамический подход к определению кинетических коэффициентов внутреннего и внешнего массо- и энергопереноса, а также граничных условий в процессе кулинарной обработки, необходимых для решения математической модели переноса пищевых компонентов и энергетической ценности. Авторами изучаются теплообменные процессы при конструировании и приготовлении кулинарных блюд. Методами термодинамического анализа находятся показатели связи влаги с материалом, а также степени усвоения пищевых компонентов и калорий организмом человека. Выделены характерные особенности сорбции в зависимости от внутримолекулярного взаимодействия углеводородных цепей, их длины, разветвленности и энергии. Авторами указы-

вается на преобладание осмотического механизма сорбции, поскольку количество характерных участков и точек перегиба на изотермах сорбции материалов связано с наличием ячеек, закрытых и открытых капилляров, клеточных оболочек и мицелл, свойственных растительным компонентам. При количественной оценке характера изменений термодинамических составляющих уравнения Гиббса–Гельмгольца авторами использовались положения статистики процессов взаимодействия с водой, а также приёмы анализа изотерм сорбции для изохорно-изобарно-изотермического процесса. В процессе исследования, на основе выведенных зависимостей для кулинарных блюд получены значения энтропийной составляющей при влажности материала до и после переработки. Рассмотр-