

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы
IX Международной научно-практической конференции

7 – 8 октября 2010г.

Минск
РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»
2010

**СВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

**к. т. н. А. М. Скарбовийчук, О. А. Чернюшок,
к. т. н. О. В. Кочубей-Литвиненко**

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

д. т. н. В. Г. Федоров

Уманский государственный университет садоводства, г. Умань, Украина

Технологические процессы производства продуктов пищевой промышленности, в частности молочной, чрезвычайно чувствительны к составу и состоянию компонентов их рецептуры, поэтому для обеспечения стандартизированных требований к качеству и составу продуктов питания возникает задача четкого определения необходимых характеристик используемого сырья и производственных процессов.

Производство большинства молочных продуктов связано с процессами термообработки, где знание теплофизических характеристик (ТФХ) составляющих самого сырья и готового продукта являются определяющими для правильного ведения этих процессов.

Рыночные условия деятельности заставляют предприятия молочной отрасли постоянно обновлять и расширять ассортимент своей продукции, а дефицит составляющих молочного сырья требует поиска их заменителей. Как следствие, за последнее время значительно изменился ассортимент молочных продуктов и используемых при их производстве рецептурных компонентов. К тому же со временем изменяется состав молока, свойства жира и белка. В такой ситуации предприятиям достаточно сложно выдержать необходимые параметры производственных процессов, так как опубликованные данные о ТФХ и химическом составе компонентов молочных продуктов ограничены и устаревшие.

Из приведенного возникает актуальная задача перед технологической наукой — определение теплофизических характеристик и их взаимосвязи с химическим составом молочных продуктов, в частности, содержанием жира и белка. Установление зависимости ТФХ молочных продуктов (теплоемкость, теплопроводность, энтальпия, вязкость и т. д.) от технологических параметров (ТП) (жирность, влажность, кислотность, температура и т. д.) позволит оптимизировать режимы процессов и конструкции оборудования для повышения эффективности производства и качества продукции.

Информация о некоторых ТФХ используется при проектировании, наладке и эксплуатации оборудования как ТП. Например, основные термические параметры вещества — температура, давление, объем, масса — являются одновременно основными ТП молочного производства. Другими примерами являются интенсивность тепловой обработки сухого молока, по стандарту IDF / ISO 162:1992 оценивается методом высокораспределительной жидкостной хроматографии [1], а также методы определения температуры и эффективности пастеризации молочных продуктов и сырья на основе инактивации ферментов (пероксидаза, фосфатаза) при определенной температуре пастеризации по ГОСТ 3623 — 73 [2].

Эти методы, как и большинство других способов определения ТП являются достаточно дорогими и относительно длительными. Основным недостатком этих методов является невозможность регулировать технологический процесс в режиме реального времени по результатам измерения того или иного технологического показателя. Поиск экспресс-методов определения ТП, которые были бы лишены этих недостатков, является перспективным и необходимым.

Существующие стандартизированные методы определения жира — кислотный метод Гербера (ГОСТ 5867 — 90) в молоке, молочных продуктах и консервах — требуют определенной квалификации лаборанта (на точность определения в значительной степени влияет человеческий фактор) и значительных затрат времени и ресурсов [3].

Целью данной работы является установление однозначной связи основной характеристики состава молочных продуктов — жирности (Ж) (в массовых процентах) — и какой-либо ТФХ, которую можно определять за достаточно короткое время.

В работе [4] приведены результаты измерения ТФХ различных лабильных материалов, в том числе молочных продуктов, теплотметрическим

экспресс-методом. По согласию автора мы воспользовались данными определения теплопроводности λ , Вт / (м · К) для обезжиренного молока ($Ж = 0,2\%$) и сливок с $Ж = 10\text{—}15\%$, произведенных на Киевском гормолзаводе № 1 (приведено название предприятия, зарегистрированное во время проведения опытов), а также сливок с $Ж = 40\%$, произведенных на заводе «Битерфельд» (г. Кетен, Германия). Все опытные данные были обобщены в виде зависимости $\lambda = f(Ж, t)$:

$$\lambda = (0,525 + 0,00135 \cdot t) \cdot (1 - 0,72 \cdot Ж) + (0,174 - 0,000155 \cdot t) \cdot (1 - 0,72 \cdot Ж) \cdot Ж \quad (1)$$

Анализ графиков из [4], где аргументом принята температура t , а параметром является $Ж$, и формулы (1) показал, что зависимость $\lambda(Ж)$ значительно выразительнее, чем $\lambda(t)$, поэтому поставили задачу найти условия, при которых зависимость $\lambda(Ж)$ была бы приближена к функциональной связи. Для большей обобщенности к данным из [4] добавили зависимости теплопроводности от температуры $\lambda(t)$: воды, формализованные Д. Е. Синат — Радченко [5]; сливок и молочного жира, отечественного производства, полученные экспериментально и табулированные В. М. Пахомовым [6]; цельного молока, рассчитанную по формуле Л. Риделя (Riedel L.) [7].

Анализ собранных графиков $\lambda(t)$ при условии, что $Ж$ изменяется от 0 до 99%, (рис.1) подтвердил слабость зависимости $\lambda(t)$, а также показал, что эта зависимость меняется с увеличением $Ж$ от прямо пропорциональной к обратно пропорциональной.

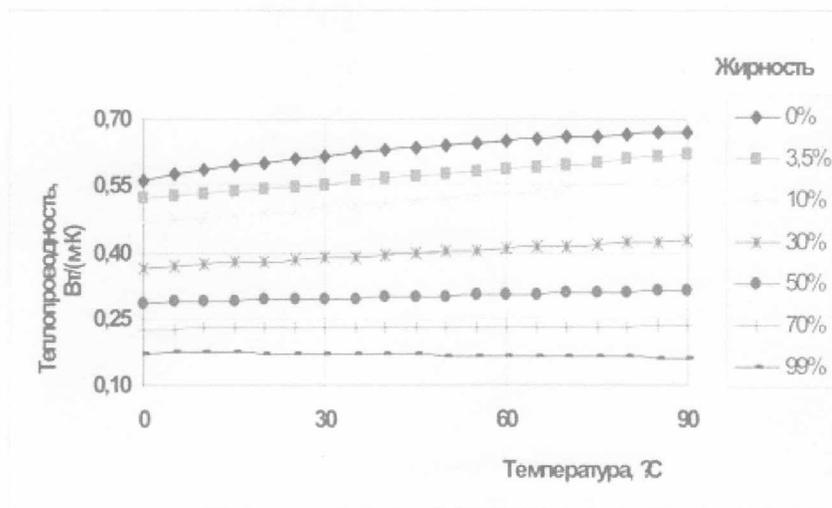


Рис. 1. Зависимость теплопроводности воды, молока и сливок различной жирности и жировых смесей от температуры

Поэтому эти данные были перестроены: за аргумент взята жирность $Ж$, а за параметр — температура t (рис.2). Зависимость $\lambda(Ж)$ имеет экспоненциальный характер:

$$\lambda = 0,5966 \cdot \exp(-0,0133 \cdot Ж) \quad (2)$$

Наибольшие отклонения (до $\pm 7,5\%$) экспериментальных данных от обобщающей, которая соответствует уравнению кривой (2), имеем для воды и обезжиренного молока, а для жирных и, особенно, высокожирных сли-

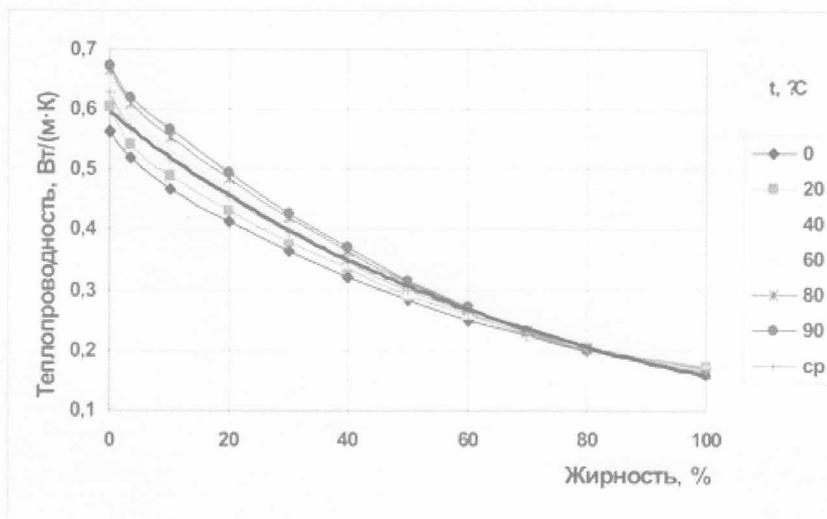


Рис. 2. Зависимость теплопроводности воды, молока и сливок различной жирности и жировых смесей от жирности

вок отклонение резко уменьшается. Это дает основание решать инверсную задачу — поменять местами аргумент и функцию (рис.3).

Обобщение всех имеющихся данных дает логарифмическую зависимость:

$$Ж = -74,617 \cdot \ln(\lambda) - 38,361 \quad (3)$$

Для приближения к функциональной связи между λ и Ж сузили диапазон температур от 0 — 90 °С до 15 — 40 °С — за этот диапазон не выходит, например, температура сливок на пути от сборника до маслообразователя в процессе поточного производства масла [8].

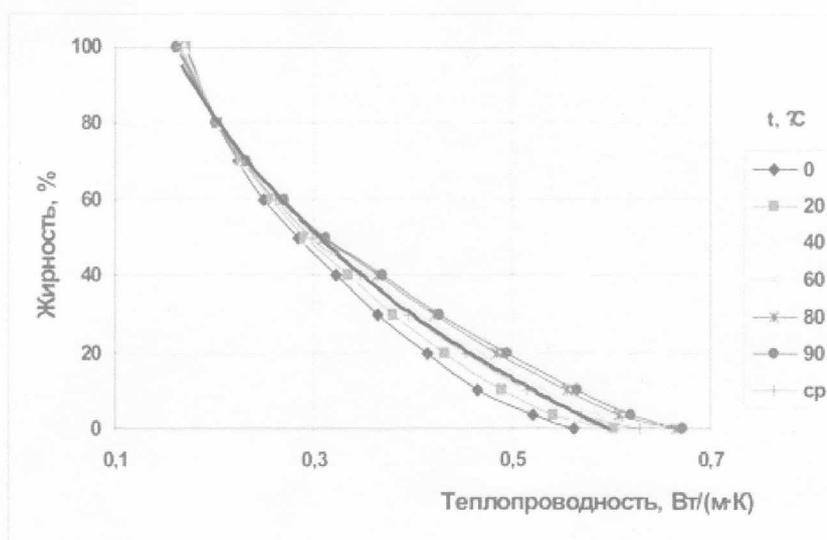


Рис. 3. Зависимость жирности воды, молока и сливок различной жирности и жировых смесей от теплопроводности

В результате получена зависимость (4), которую можно считать функциональной связью (рис.4), поскольку отклонения от нее экспериментальных данных не превышает 3,2%:

$$Ж = -77,369 \cdot \ln(\lambda) - 42,732 \quad (4)$$

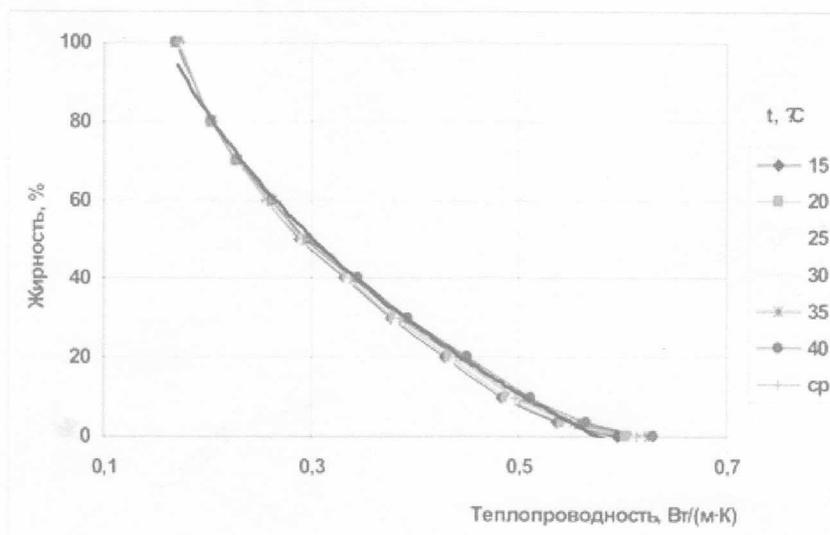


Рис. 4. Зависимость жирности сливок от теплопроводности

Полученная зависимость (4) открывает возможность определять жирность широкого спектра молочных продуктов (сливки различной жирности, сметана, сливочное масло, спреды, молочный жир) по величине теплопроводности λ , величину которого легко определить теплотметрическим экспресс-методом. Время определения жирности Ж, при этом, сокращается от нескольких часов до нескольких минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молоко та молочні продукти. Нормативні документи. — Львів: Леонорм, 2000. — Том 3. — С. 294.
2. Молоко та молочні продукти. Нормативні документи. — Львів: Леонорм, 2000. — Том 2. — С. 30–38.
3. Молоко та молочні продукти. Нормативні документи. — Львів: Леонорм, 2000. — Том 2. — С. 100–111.
4. Федорова О. В. Удосконалення методів дослідження та прогнозування тепломасопереносу в ізоляційних конструкціях. Автореферат канд. техн. наук. К.: КПІ, 1993, 20 с.
5. Сінат-Рагченко, Д. Є. Фізичні властивості води і повітря в умовах роботи підприємств харчової та мікробіологічної промисловості / Д. Є. Сінат-Рагченко. — К.: УДУХТ, 2000. — 23 с.
6. Пахомов, В. Н. Разработка приборов и комплексное исследование теплофизических характеристик лабильных материалов: автореф. дисс... канд. техн. наук // В. Н. Пахомов. — К.: ИТТФ АН УССР, 1980, 21 с.
7. Riedel, L. Wgrmeleitfghigkeitsmessungen an Zuckerlösungen, Fruchtsgften und Milch / L.Riedel. — «Chemie — Ingenieur — Technik», v. 21, 1949. — 17 / 18. — S. 340–342.
8. Гуляев-Зайцев С. С. Физико-химические основы производства масла из высокожирных сливок / С. С. Гуляев-Зайцев. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 132 с.