

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 678.042

ББК 24.7

Т-32

Кошевой Евгений Пантелеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: 8(861)275-22-79;

Косачев Вячеслав Степанович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: 8(861)275-22-79;

Верецагин Александр Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: 8(861)275-22-79;

Схаляхов Анзаур Адамович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий, машин и оборудования пищевых производств, декан технологического факультета ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет», 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, тел.: 8(8772)57-04-12.

ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ ЭТАНОЛЬНЫХ МАСЛЯНЫХ МИСЦЕЛЛ

(рецензирована)

В работе получена обобщенную зависимость, учитывающая индивидуальные свойства различных растворителей и позволяющая рассчитать температуру кипения этанольных масляных мисцелл.

Ключевые слова: обобщенная зависимость, мисцелла, модель температуры кипения, эксперимент.

Koshevoy Eugeniï Panteleevich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Machines and Equipment for Food Production of FSBEI HPE “Kuban State Technological University”, 350072, Krasnodar, 2 Moscovskaya Str., tel.: 8 (861) 275-22-79;

Kosachev Vyacheslav Stepanovich, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Machines and Equipment for Food Production of FSBEI HPE “Kuban State Technological University”, 350072, Krasnodar, 2 Moscovskaya Str., tel.: 8 (861) 275-22-79;

Vereshchagin Alexander Gennadievich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Machines and Equipment for Food Production of FSBEI HPE “Kuban State Technological University”, 350072, Krasnodar, 2 Moscovskaya Str., tel.: 8 (861) 275-22-79;

Skhalyakhov Anzaur Adamovich, Doctor of Technical Sciences, associate professor, professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for food production, dean of the Technological Faculty of FSBEI HPE “Maikop State Technological University”, 385000, the Republic of Adyghea, Maikop, 191 Pervomayskaya str., tel.: 8 (8772) 57-04-12.

BOILING POINT OF ETHANOL OIL MISCELLS

(Reviewed)

The generalized dependence taking into account the individual properties of various solvents and allowing to calculate the boiling point of ethanol oil miscalls has been obtained.

Keywords: generalized dependence, miscall, the boiling point model, experiment.

В разрабатываемой в последнее время «зеленой технологии» [1] экстракцию масла из маслосодержащих материалов (лепесток, экструдат и крупка масличных материалов, фосфолипиды, фильтровальные порошки и др.) предлагается производить спиртовыми растворителями и прежде всего биоэтанолом.

Стадия отгонки растворителя из получаемых при экстракции растворов (мисцелл) является обязательной, обеспечивающей качество экстракционного масла и снижение потерь растворителей в экстракционной технологии [2].

Обоснование режимов и аппаратного оформления стадии отгонки (дистиляции) проводится на основе зависимостей фазового равновесия, являющихся основой для определения такого важного показателя, как температура кипения.

В работе [3] были предложены зависимости для расчета температуры кипения масляных мисцелл, полученные обработкой экспериментальных данных. При этом вид эмпирических зависимостей не позволял описать данные во всем диапазоне изменения концентрации мисцеллы и они соответствовали тому растворителю, который использовался в экспериментах.

При использовании моделей коэффициента активности, существенно повышалось качество определения температуры кипения масляных мисцелл. Моделью коэффициента активности использовали модель Маргулиса [4], где энергетический параметр взаимодействия определялся экспериментально с гексановой мисцеллой. Также, в работах [5, 6] показано использование и других моделей коэффициента активности (NRTL, UNIQUAC). Общим недостатком этих работ является обязательное наличие экспериментальных данных и применения сложных вычислительных процедур.

Необходимо получить обобщенную зависимость, учитывающую индивидуальные свойства различных растворителей и сокращающую использование экспериментальных данных.

Зависимость фазового равновесия бинарной системы при невысоких давлениях [4-6] имеет вид:

$$y_i \cdot P = x_i \cdot \gamma_i \cdot P_i^s, \quad (1)$$

где y_2, x_2 – соответственно, относительная мольная концентрация паровой фазы и жидкой фазы, кмоль/кмоль; ($i = 1$ – масло; $i = 2$ – растворитель); γ_i – коэффициент активности компонента i в жидкой фазе; P, P_i^s соответственно, давление в системе и давление насыщения компонента i .

Давление насыщения растворителя:

$$P_2^s = \exp\left(a - \frac{b}{T + c}\right) \quad (2)$$

где a, b, c – коэффициенты Антуана.

Для масляной мисцеллы (масло принимается нелетучим компонентом) фазовое равновесие можно представить в виде:

$$1 = \frac{\gamma_2 \cdot P_2^s}{P} \cdot x_2 \quad (3)$$

$$x_2 = \frac{M_1 \cdot \frac{100 - X_1}{X_1}}{M_1 \cdot \frac{100 - X_1}{X_1} + M_2} - \text{относительная мольная концентрация растворителя в мисцелле, кмоль/кмоль};$$

M_1, M_2 – молекулярные массы компонентов; X_1 – массовая концентрация жидкой фазы (масла в мисцелле), %.

Выражение (3) в логарифмической форме имеет вид:

$$\ln(\gamma_2) + \ln(P_2^s) + \ln\left(\frac{x_2}{P}\right) = 0 \quad (4)$$

Коэффициент активности γ_2 по модели Маргулиса[4]:

$$\gamma_2 = \exp\left[\frac{\Delta A_2 \cdot (1 - x_2)^2}{R \cdot T}\right] \quad (5)$$

где ΔA_2 – энергетический параметр взаимодействия, характеризующий избыточную энергию, который предложено определить по отношению к идеальной системе.

Сравнивая рассматриваемую бинарную систему (коэффициент активности γ_2) с идеальной системой (коэффициент активности $\gamma_2^{id} = 1$) получаем:

$$\ln(\gamma_2) - \ln(\gamma_2^{id}) = \frac{A_2 \cdot (1 - x_2)^2}{R \cdot T} - \frac{A_2^{id} \cdot (1 - x_2)^2}{R \cdot T} \quad (6)$$

$$\ln(\gamma_2) = \frac{(A_2 - A_2^{id}) \cdot (1 - x_2)^2}{R \cdot T} \quad (7)$$

где $A_2 - A_2^{id} = \Delta A_2$ – избыточная функция при взаимодействии смешением [6] определяется по соотношению:

$$\Delta A_2 = R \cdot T [\ln(x_2) - 1] \quad (8)$$

После подстановки (8) в (7) получаем:

$$\gamma_2 = \exp \left[\left[\ln(x_2) - 1 \right] \cdot (1 - x_2)^2 \right] \quad (9)$$

Уравнение (4) с учетом (9) и (2) может быть преобразовано относительно T :

$$T = \frac{b}{\left[\left[\ln(x_2) - 1 \right] \cdot (1 - x_2)^2 + \ln(x_2) - \ln(P) \right] + a} - c \quad (10)$$

Полученное уравнение представляет температуру кипения мисцеллы как функцию давления в системе и относительной мольной концентрации растворителя в мисцелле. Через коэффициенты Антуана и молекулярный вес учитываются особенности растворителя. Для этанола $a = 18,9119$; $b = 3803,98$; $c = -41,68$ и $M = 46,069$ [4].

Далее на рисунке 1 изображено сравнение расчетных данных температуры кипения по предлагаемой зависимости с экспериментальными данными для мисцелл с этанолом [7].

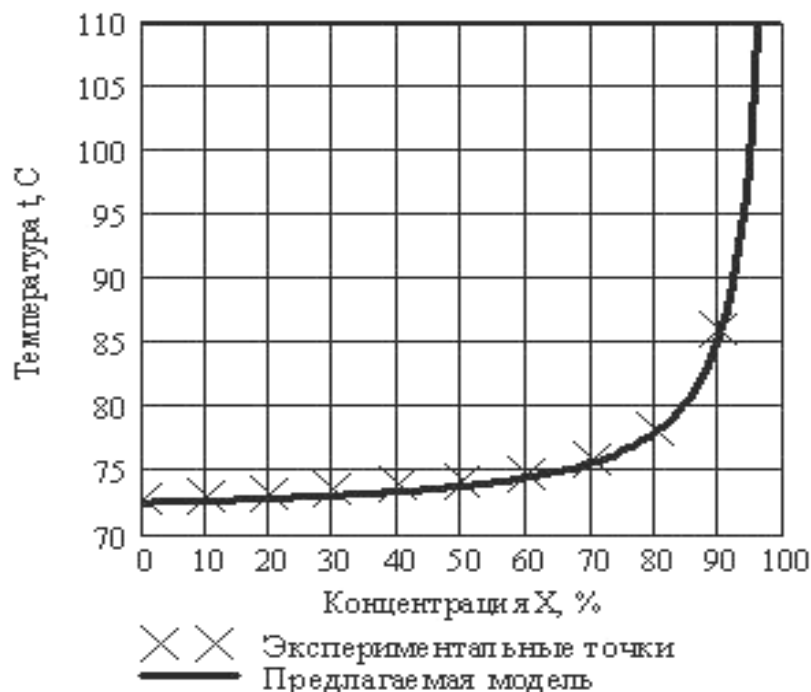


Рисунок 1. Предлагаемая модель температуры кипения мисцеллы в сравнение с экспериментальными точками [7] для этанола

Как видно из рисунка, предлагаемая зависимость наилучшим образом описывает эксперимент, что позволяет в дальнейшем её использовать.

Вывод

Предложенная зависимость (10) позволяет рассчитать температуру кипения этанольных масляных мисцелл.

Подтверждение

Данная работа выполнена по федеральной целевой программе «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проект) RFMEF157714X0046.

Литература:

1. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 368 с.
2. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. – М.: Пищевая пром-сть, 1974. – 439 с.
3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: справ. пособие / пер. с англ. под ред. Б.И. Соколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.: ил.; Нью-Йорк, 1977.
4. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии: В 2-х ч. Ч. 1 / пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 304 с.: ил.
5. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии: В 2-х ч. Ч. 2. / пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 360 с.: ил.
6. Chemat F., Vian M.A., Cravotto G. Review. Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles International Journal of Molecular Sciences. 2012. – P. 8615-8627.

7. Von H. Liebing und J. Lau. *Über ein Verfahren zur Gewinnung von Lecithin-Fractionen // Fette-seifenanstrichmittel.* – 1976. – №3. – J. 78.

References:

1. Koshevoy E.P. *Technological equipment for oil production plants.* - SPb.: GIORD, 2001. 368 p.
2. Maslikov V.A. *Technological equipment for oil manufacturing.* M.: Food Industry, 1974. 439 p.
3. Rid R., Prausnitz J., Sherwood T. *Properties of gases and liquids: handbook / Tr. from English by B.I. Sokolov.* 3-d ed., rev. and add. L.: Chemistry, 1982. 592 p.: ill.; New-York, 1977.
4. Ueyles S. *Phase equilibria in chemical technology: in 2 p. Part 1. Trans. from English.* M.: Mir, 1989. 304 p.: ill.
5. Ueyles S. *Phase Equilibria in chemical technology: in 2 p. Part 2. Trans. from English.* M.: Mir, 1989. 360 p.
6. Chemat F., Vian M. A., Cravotto G. *Review. Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles International Journal of Molecular Sciences.* 2012. 13. P. 8615-8627.
7. Von N. Liebing und J. Lau. *Über ein Verfahren zur Gewinnung von Lecithin-Fractionen. Fette-seifen anstrichmittel.* 1976. Nr. 3. J. 78.