

Выводы

По результатам микробиологических исследований установлено, что наличие растительных добавок в зерновых хлебцах не только улучшает пищевую и биологическую ценность, но и способствует увеличению сроков хранения за счет содержания в них веществ, обладающих бактериостатическим действием. Таким образом, использование растительных добавок в виде шиповника, расторопши, рябины и экстракта зеленого чая в производстве зерновых хлебцев позволит расширить ассортимент продукции оздоровительного назначения, разнообразить и обогатить традиционное питание.

Список литературы:

1. Доронин А. Ф., Ипатова Л. Г., Кочеткова А. А. и др. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию. / Под ред. А.А. Кочетковой. – М.: ДеЛи принт, 2009.– 288 с.
2. Elizabeth A. S. Giving consumers what they want / A. S. Elizabeth // Food Technology.– 2010. –Vol.9. – P.52–53.
3. Arndt E. A Whole-Grain Barley for Today's. / E. A Arndt // Health and Wellness Needs.–2006.–Vol. 51.–№1–P. 20–22.
4. Пилат Т. Л., Иванов А. А. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение). – М.: Авалон, 2002.– 710 с.
5. Weststrate J. A. Functional Foods, trends and future / J. A. Weststrate, G. V. Poppel, P. M. Verschuren // Brit. J. Nutr.– 2002.–Vol. 88.–№ 2. – P. 233–235.
6. Functional Foods // Safety and Efficacy: J. of Food Science, (Australia).–2004.–Vol. 69, № 5.–P. 38-40.
7. Stojanović, T. Functional and traditional food: the first results based on a study of consumers profiles in the western Balkans / Т. Stojanović, D. Barjolle, J. Milosević Djordjević // Proc. of 6th Central European Congr. on Food, Novi Sad, Serbia, 23-26 May, 2012.– Novi Sad, 2012.–P. 1253–1258.
8. Мардар М. Р. Анализ ассортимента и маркетинговые исследования потребительских мотиваций и преимуществ при выборе зерновых хлебцев / М. Р. Мардар, Р. Р. Значек // Научные труды ОНАПТ.–Одесса: 2012.–Вып. 42.–Том 1(2). – С. 386 –390.
9. Dean M. Consumer perceptions of healthy cereals products and production methods / M. Dean, R. Shepherd, A. Arvola et al.// Cereal Sci.–2007.–№46.– P. 188–196.
10. Мардар М. Р. Пути расширения ассортимента зерновых продуктов оздоровительного назначения / М. Р. Мардар, Р. Р. Значек // Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные направления в пищевых технологиях»: Пятигорск, 2013.–Т.3.–С. 167–170.

Анотація. Представлені сфери застосування чистих газів і газових сумішей у виробництві продуктів харчування. Розглянуто приклади використання CO₂, N₂ і Ar в різних агрегатних станах. Проведено зіставлення декількох варіантів зберігання і транспортування технічних газів. Дан аналіз процесів, супутніх газифікації діоксиду вуглецю. Досліджено вуглекислотні екстракти для вилучення біологічно активних речовин.

Ключові слова: технічні гази, екстракт, біологічно активна речовина, інертна середа.

Анотация. Представлены сферы применения чистых газов и газовых смесей в производстве продуктов питания. Рассмотрены примеры использования CO₂, N₂ и Ar в различных агрегатных состояниях. Проведено сопоставление нескольких вариантов хранения и транспортировки технических газов. Дан анализ процессов, сопутствующих газификации диоксида углерода. Исследованы углекислотные экстракты для извлечения биологически активных веществ.

Ключевые слова: технические газы, экстракт, биологически активное вещество, инертная среда.

УДК 621.59

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ И КРИОГЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ

Ю. М. Симоненко

Доктор технических наук, старший научный сотрудник

кафедра криогенной техники

Одесская национальная академия пищевых технологий

ул. Канатная, 112, 65039, Одесса

E-mail: ysim1@yandex.ua

Введение

Технические газы используются при производстве и хранении продуктов многие столетия. Современный уровень техники позволил расширить объемы выпуска газовых веществ и их номенклатуру. Появились системы для приготовления смесей и приборы для контроля их состава. Наибольшее распространение в пищевых технологиях получили диоксид углерода, азот и аргон. Они используются в широком диапазоне параметров и в

различных агрегатных состояниях. При обеспечении технологических процессов потребители вынуждены решать сопутствующие инженерные задачи, связанные с хранением и подачей в аппараты указанных веществ и смесей на их основе.

«Пищевые профессии» технических газов

С незапамятных времен людям известны целебные свойства воды, насыщенной природным диоксидом углерода в подземных источниках. Наши предки еще не вполне понимали причину обра-

зования пузырьков в амфорах и бочонках, но заметили, что пенистые напитки отличаются улучшенными вкусовыми качествами и дольше сохраняются. Последнее свойство объяснил Луи Пастер, который экспериментально установил причину «порчи пива, вина и молока невидимыми глазу существами». Он открыл дорогу консервантам, первый из которых нам подарил Природа.

Наряду с двуокисью углерода, для создания инертных сред используются азот, аргон, этилен и смеси на их основе. Они формируют инертную среду и исключают нежелательные химические реакции, особенно окисление. Виноделы стали первооткрывателями «защитных качеств» CO_2 , N_2 и Ar . Сейчас эти вещества успешно применяют в разнообразных агрегатных состояниях: искусственная углекислота в твердом виде (так называемый «сухой лед») подается в дробильное устройство на стадии измельчения ягод. Ближе к созреванию вина преимущества получают азот и аргон. Их растворимость в жидкости на порядок меньше, и они не оказывают влияния на вкусовые качества напитка, как это бывает в случае применения CO_2 (рис. 1). При этом, по сравнению с N_2 , аргон формирует более тяжелое защитное покрытие над зеркалом вина. Аргон зарегистрирован как пищевая добавка E 938. Использование аргона может обеспечить надежную защиту для продовольственных продуктов, которые являются восприимчивыми к окислению: арахис, картофельные чипсы и другие жирные пищевые продукты.

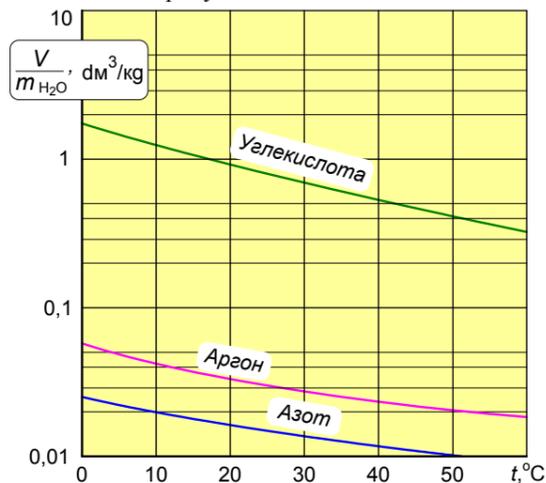


Рис.1. Растворимость некоторых газов в воде в зависимости от температуры

На некоторых современных винозаводах используются технологии подачи жидкого азота непосредственно в бутылку. Для этих целей разработаны высокоточные дозаторы, способные обеспечивать быстрое вырыскивание в бутылку всего одной капли криогенной жидкости. Она мгновенно испаряется и нагревается. При этом объем N_2 увеличивается почти в 700 раз, вытесняя из простран-

ства над зеркалом жидкости воздух, содержащий кислород. За счет этого улучшается стойкость напитка и повышается его срок годности. Технология «криогенного вытеснения» используется и при укупорке емкостей с соками, негазированной водой и даже фармацевтических продуктов.

Многие задачи, связанные с обработкой растительного сырья, предполагают создание в замкнутых объемах газовой атмосферы заданного состава. Примером такого воздействия на газовую среду можно назвать углекислотную подпитку теплиц. Увеличенное содержание CO_2 в атмосфере положительно сказывается на продуктивности овощей. Для стимуляции скорости роста цветов, овощей и фруктов в тепличных условиях с успехом применяются аргон и некоторые комбинации газов. Лук, морковь и салат хорошо прорастают в атмосфере, состоящей на 98 % из аргона и только на 2 % из кислорода [1].

При карантинной обработке растительного сырья, в частности древесины, зерна и посадочного материала, практикуют поэтапную подачу в контейнеры или складские боксы двух газов: сначала диоксида углерода, а затем газа-фумиганта. В качестве такового ранее использовался bromomethane. В связи с ограничением применения CH_3Br в соответствии с Монреальским протоколом ООН, возникает необходимость поиска альтернативных веществ. Наиболее перспективным из них является phosphane (PH_3). Это экономически выгодный, быстродействующий фумигант, который не оставляет следов на обрабатываемых продуктах.

Помимо названных выше газов, в пищевых технологиях используется достаточно много холодильных агентов. Это и синтетические вещества (фреоны), и модные сейчас натуральные рабочие тела холодильных циклов. Особенно перспективным является сочетание холода и искусственных газовых сред. На рисунке 2 показана установка для исследования процесса хранения растительного сырья в измененных газовых условиях. Он представляет собой четырехканальный контур, каждая из ветвей которого заполнена испытуемым газом при небольшом избыточном давлении. Это давало возможность обеспечивать различными газами четыре пары однотипных кассет (C1 – W1)... (C4 – W4). Пятая, контрольная, пара кассет (C0 – W0) была заполнена обычным воздухом. В каждой паре, заполненной одним и тем же газом, один образец продукта помещался в холодильную камеру (C), а другой (W) находился при температуре окружающей среды.

Физические свойства CO_2 допускают его использование в технологиях получения биологически активных продуктов. При этом на вкусовые качества и лечебные свойства таких веществ оказывает влияние способ извлечения ценных биоактивных фракций из растения. Благодаря современной технологии (без химических реагентов и высокоте-

мпературной обработки), используемые CO_2 экстракты максимально сохраняют все целебные свойства. Методика CO_2 -экстракции уникальна и имеет явный приоритет перед стандартными вариантами, поскольку диоксид углерода является экологически чистым и безопасным растворителем. Процесс

проводят обычно при давлении в десятки и сотни бар. Переход в закритическое состояние резко повышает селективность диоксида углерода как растворителя. Изменение условий экстракции позволяет извлекать из натурального сырья определенные целевые компоненты (рис. 3).

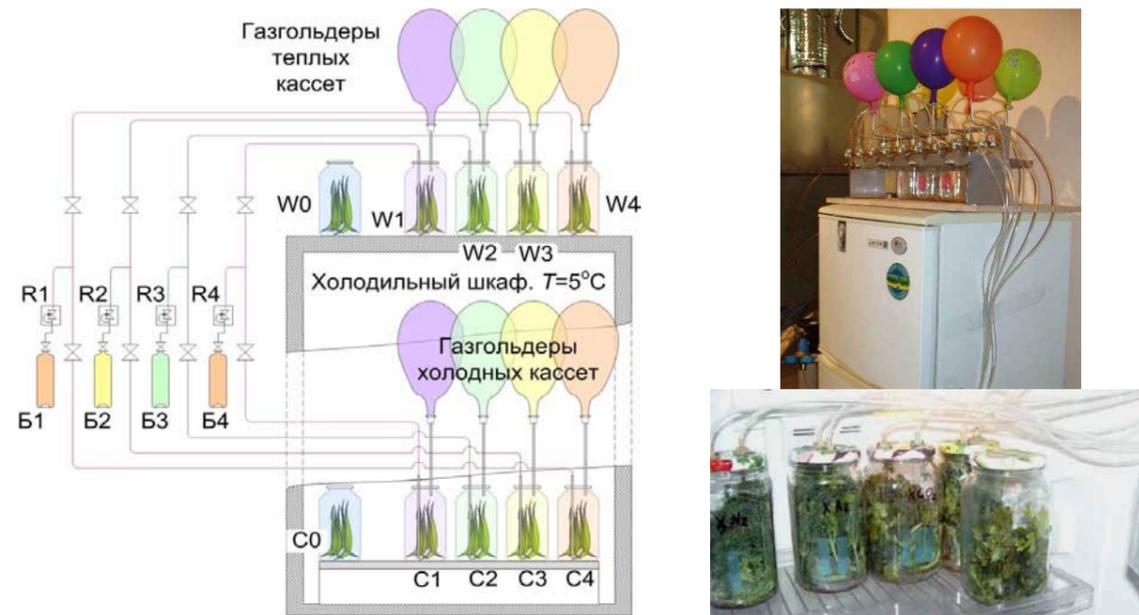


Рис. 2. Схема и отдельные узлы опытной установки для хранения растительных продуктов в измененных газовых средах. R1...R4 – редукторы

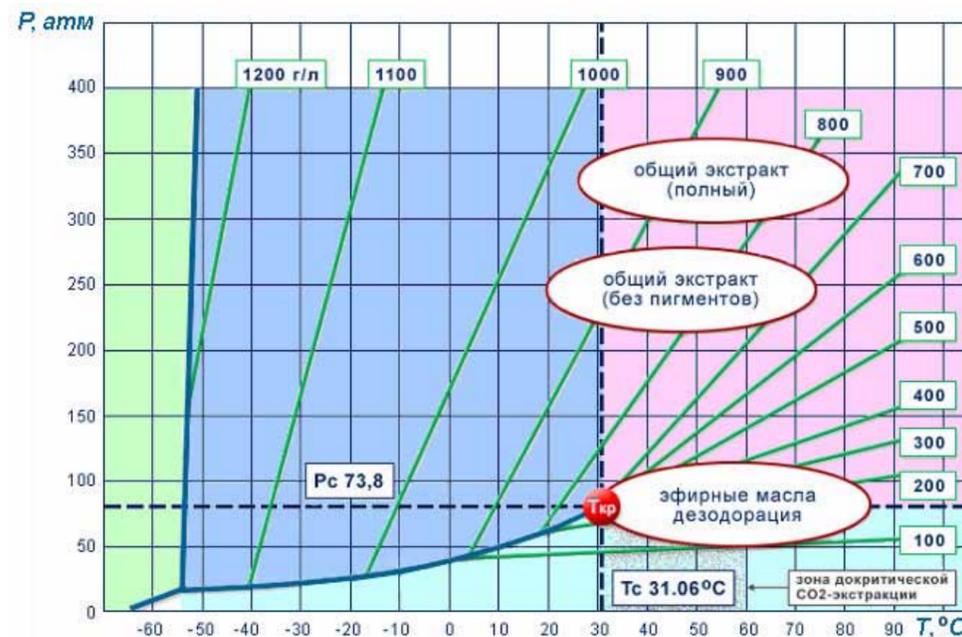


Рис. 3. P–T диаграмма состояния диоксида углерода и области предпочтительных параметров, параметры получения экстрактов в условиях сверхкритического CO_2

Как правило, источником давления CO_2 в большинстве промышленных экстракторов является плунжерный насос. Для исследования процесса

экстракции в области докритических давлений нами создана лабораторная установка на базе мембранного компрессора (рис. 4). По существу это

углекислотный цикл, в котором перед дросселем жидкость с давлением в 60 бар контактирует с природным сырьем. Проведенные испытания показали

перспективность данного метода для извлечения широкого спектра биологически активных веществ.

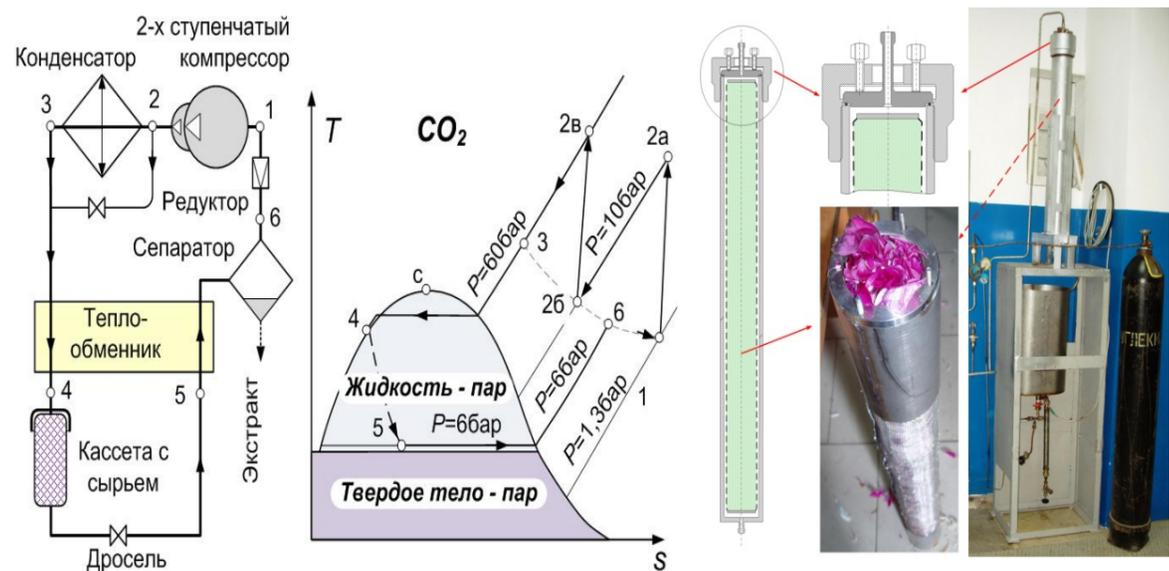


Рис. 4. Схема CO₂ – экстрактора, рабочий цикл в диаграмме T-S и отдельные узлы установки

Частные задачи, сопутствующие процессам хранения и газификации сжиженных газов и их примесей

Приготовление смесей. Как было упомянуто выше, во многих случаях в качестве защитных и питательных сред используются комбинированные вещества, преимущественно бинарные смеси. В качестве примеров могут быть названы: «банановый газ» (5% этилена + азот), пивные смеси (30...50% диоксида углерода + азот) и всевозможные упаковочные газовые среды на основе диоксида углерода и азота (кислорода). Основные способы приготовления комбинированных газовых сред рассмотрены ранее в публикации [2]. Перспективным методом формирования смесей с отличающимся от воздуха соотношением O₂ и N₂, являются мембранные технологии [3].

Газ или жидкость? (Условия хранения). В условиях небольших предприятий пищевого профиля потребители азота или аргона сталкиваются с проблемой выбора способа хранения. Первый вариант – баллоны со сжатыми газами. Второй путь – емкости с вакуумной изоляцией, наполненные криогенными жидкостями [4]. В таблице 1 представлены характеристики некоторых емкостей для обеспечения газом малых пищевых предприятий. Наиболее доступный, но в то же время, наименее экономичный способ – это хранение газа в баллоне. Он позволяет принять вещества не более 25...36% от массы тары. Существенно выше этот показатель для криогенных емкостей с жидким аргоном. В этом случае количество вещества в 2... 2,5 раза превышает массу тары. Например, один криоцилиндр вмещает столько вещества, сколько может храниться в 15-ти стандартных баллонах.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики некоторых объектов для хранения сжатого и жидкого Ar

Фазовое состояние	Сжатый аргон		Сжиженный аргон	
	Баллон стандартный	Баллон облегченный	Криоцилиндр	Танк
Тип емкости				
Гидравлический объем, м ³	0,049	0,05	0,175	0,511
Давление (изб.), бар	200	200	0...14	0...16
Объем газа при P = 1 бар и T = 293 К	9,9	10,1	147	430
Масса продукта, (П), кг	16,5	16,8	244	713
Масса тары, (Т), кг	65	46,5	125	280
Отношение количества аргона к массе тары	0,25	0,36	1,95	2,55

Газ или жидкость? (Отбор вещества в при наличии двух фаз). Параметры диоксида углерода в баллоне характеризуются условиями равновесия между паром и жидкостью. Состояние отдельных фаз соответствует точкам 1' и 1'' на диаграмме (рис. 5). Например, при T = 295 К давление равно P₁ = 5,71 МПа. При этом основная масса CO₂ сосредоточена в жидкой фазе 1'. Для получения газообразного диоксида углерода в состоянии 2 (P₂ = 5,71 МПа) нужно осуществить несколько термодинамических процессов.

I – Изотермический процесс 1' → 2, сопровождаемый падением давления пара в капилляре и интенсивным подводом тепла.

II – Предварительный нагрев пара с давлением, равным давлению P₁, до точки 3. Затем адиабатное дросселирование 3 → 4 → 2.

III – Дросселирование жидкости 1'' → 5 до давления, исключающего образование твердой фазы P₅₆ > 5,18 бар (абс). Затем – испарение жидкой фракции 5 → 6 (при давлении выше уровня тройной точки CO₂). Нагрев пара до точки 4 и его дросселирование до конечного состояния 2.

Следует учитывать, что отбор диоксида углерода в виде пара (варианты I и II) сопровождается постепенным понижением равновесной температуры T₁ (и давления P₁ в баллоне). Это нарушает стабильность процесса, может привести к образованию твердой фазы и снижению расхода выдаваемого вещества.

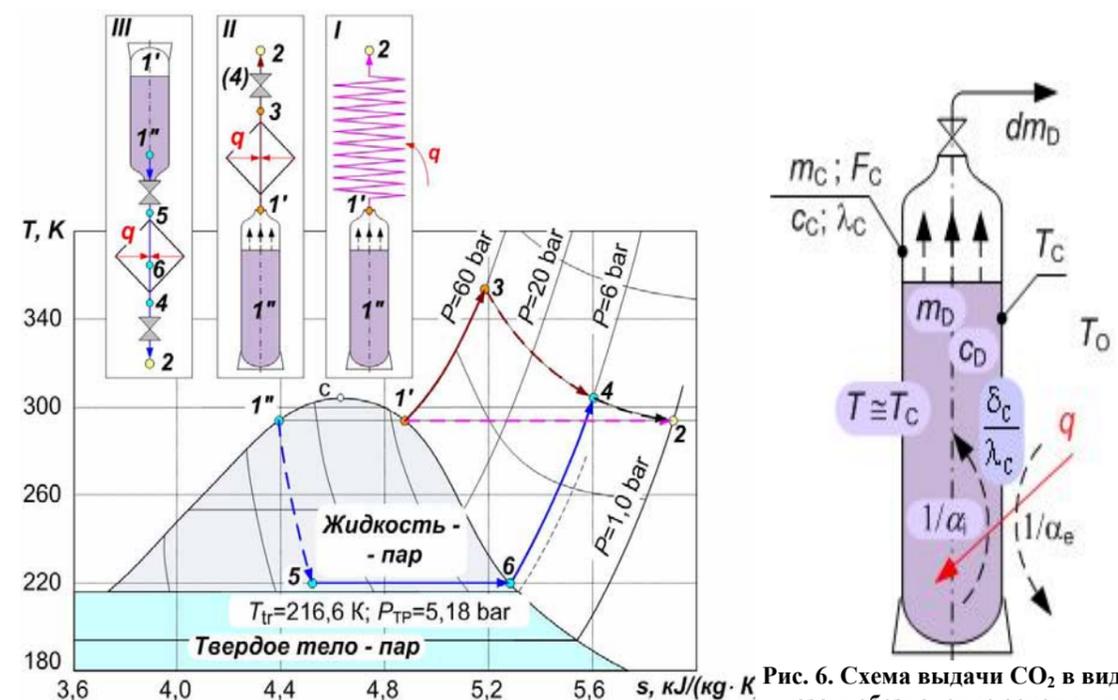


Рис. 5. Варианты отбора газообразного (I, II) и жидкого (III) диоксида углерода из баллона

Рис. 6. Схема выдачи CO₂ в виде газа и обозначение основных параметров, используемых в формулах (1)...(3)

С учетом теплообмена с окружающим воздухом уравнение теплового баланса для системы «баллон – продукт» можно представить в следующем виде:

$$(m_D \cdot c_D + m_C \cdot c_C) \cdot dT + q \cdot d\tau = r_{D(T)} \cdot dm_D, \quad (1)$$

где m_D – масса диоксида углерода в баллоне, кг; c_D – удельная теплоемкость жидкого CO₂, Дж/(кг·К); r_{D(T)} – удельная теплота испарения CO₂, кДж/кг; q – мощность теплового потока к баллону в условиях естественной конвекции окружающего воздуха, Вт; dT – изменение температуры CO₂, К; m_C; c_C – масса и удельная теплоемкость

корпуса баллона; dm_D – масса углекислоты, испарившейся и выведенной из баллона.

Мощность теплового потока от окружающей среды к охлажденной жидкости в цилиндрическом баллоне характеризуется соотношением:

$$q = k \cdot F_N \cdot (T_O - T_N), \quad (2)$$

где k – коэффициент теплопередачи, приведенный к внешней поверхности баллона, Вт/(м²·К).

В свою очередь, величина k определяется коэффициентами теплоотдачи α_i и α_e на внутренней и наружных стенках баллона, а также толщиной стенки δ_C и ее удельной теплопроводностью λ. Из трех термических сопротивлений (1/α_i), (δ_C/λ_C)

и $(1/\alpha_c)$, условно показанных на рис. 6, преобладает последняя составляющая. Она характеризует условия подвода тепла от окружающего воздуха к стенке баллона. Например, при $(T_0 - T_c) = 70 \dots 20$ К, величина $1/\alpha_c = 0,28 \dots 0,5$ (м²·К)/Вт, в то время как $\delta_c/\lambda_c = 0,0016$ (м²·К)/Вт. Поэтому допустимо принять $k \rightarrow \alpha_c$ и $T \rightarrow T_c$.

С учетом (1) и (2) представим уравнение теплового баланса в виде:

$$(m_y \cdot c_y + m_b \cdot c_b) \cdot \frac{dT}{d\tau} + \alpha_H \cdot F_B \cdot (T_{oc} - T) = r_{y(T)} \cdot \frac{dm_y}{d\tau}, \quad (3)$$

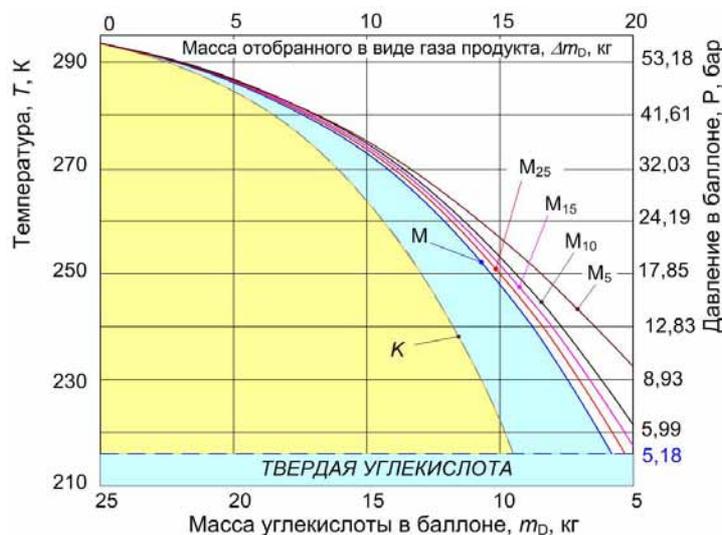


Рис. 7. Температура и давление в баллоне с жидкой углекислотой в зависимости от испаренного и отобранного в виде газа продукта в адиабатных условиях:

M – для стальных баллонов $m_c = 60$ кг;
K – для облегченных баллонов из композитного материала $m_c = 36$ кг.

*M*₂₅; *M*₁₅; *M*₁₀ и *M*₅ – для расхода продукта $\frac{dm_y}{d\tau} = 25; 15; 10; 5$ кг/ч при

подводе тепла к стальному баллону в условиях естественной конвекции. Начальная температура $T = 295$ К; масса исходного продукта в баллоне $m_D = 25$ кг.

Выводы

Рассмотренные выше направления не охватывают всего многообразия задач, сопутствующих использованию технических газов и низкотемпературной техники в продовольственной сфере. Это лишь некоторые примеры, иллюстрирующие необ-

ходимость инженерного подхода при решении актуальной проблемы обеспечения человечества достаточным количеством полноценных и качественных продуктов питания.

Список литературы:

1. Популярная библиотека химических элементов. Издание 3. Книга 1. Водород – палладий. Ответственный редактор академик И. В. Петрянов-Соколов. Составители В. В. Станцо, М. Б. Черненко. (М.: Наука, 1983).
2. Bondarenko V. L., Simonenko Yu. M., Diachenko O. V. Mixtures on basis of rare gases. Application and methods of production // Proc. 12 Int. Conf. «Cryogenics 2012», Dresden, Germany. – С.435-441.
3. Enrichment of rare gases concentrates with application of diaphragm technologies / V.L. Bondarenko, N.P. Losya-kov, Yu.M. Simonenko et al. // Proc. 12 Int. Conf. «Cryogenics 2012», Dresden, Germany. – С.309-315.
4. Bondarenko V.L., Bures Ivan, Vigurginskaya S.Yu. et al., Technological and economic analysis of argon transportations// Proc. 9 Int. Conf. «Cryogenics 2006», Praha, p.273-278.