

*Yulia Pavlovna Suvorova, graduate student, Kemerovo State University,
e-mail: yulia-suvorova-1998@mail.ru*

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: The article contains a mathematical description of the mixing process, based on correlation analysis, which makes it possible to predict the quality of the resulting mixtures. Calculations are presented to determine the degree of smoothing of fluctuations in supply flows from volumetric dispensers passing through a centrifugal mixer, depending on its design parameters. It was found that the larger the radius of the screw, the greater the coefficient α and, accordingly, the greater the smoothing ability of the apparatus and the better the quality of the resulting mixture.

Key words: smoothing ability, centrifugal mixer, correlation analysis.

УДК 641.664.8.037.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУБЛИМИРУЮЩЕГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*Бредихин Сергей Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: sbredihin_kpia@rgau-msha.ru*

Алдаматов Нурсултан Эсенбекович, аспирант Технологического института кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: Status_Diamond@bk.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: в данной статье представлен углекислый газ в качестве холодильного агента для охлаждения пищевых продуктов при непосредственном контакте газо-воздушной смеси сублимирующего диоксида углерода.

Ключевые слова: сублимация, CO₂, охлаждение, диоксид углерода, пищевые продукты, холодильная техника

В последние годы наш мир столкнулся с двумя ключевыми проблемами, связанными с хладагентами. Факторами, требующими внимания, являются потенциал разрушения озонового слоя (ОРС) и глобального потепления (ППП). Замена хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) на

фторуглероды (ГФУ) была шагом в правильном направлении. Однако несмотря на это, скорость глобального потепления остается высокой из-за влияния данных хладагентов. Поэтому ученые исследуют возможность использования природных веществ и других хладагентов с минимальным воздействием на глобальное потепление и отсутствием разрушения озонового слоя.

Одними из перспективных направлений, разрабатываемых в холодильной технологии в настоящее время, являются те, которые основаны на использовании рабочих веществ природного происхождения. В связи с этим многие производители холодильного оборудования рассматривают возможность работы своих систем на альтернативных хладагентах естественного возникновения, одним из которых является диоксид углерода [1, 3].

На рисунке 1 представлена схема аппарата для охлаждения пищевых продуктов в газо-воздушной среде сублимирующего диоксида углерода.

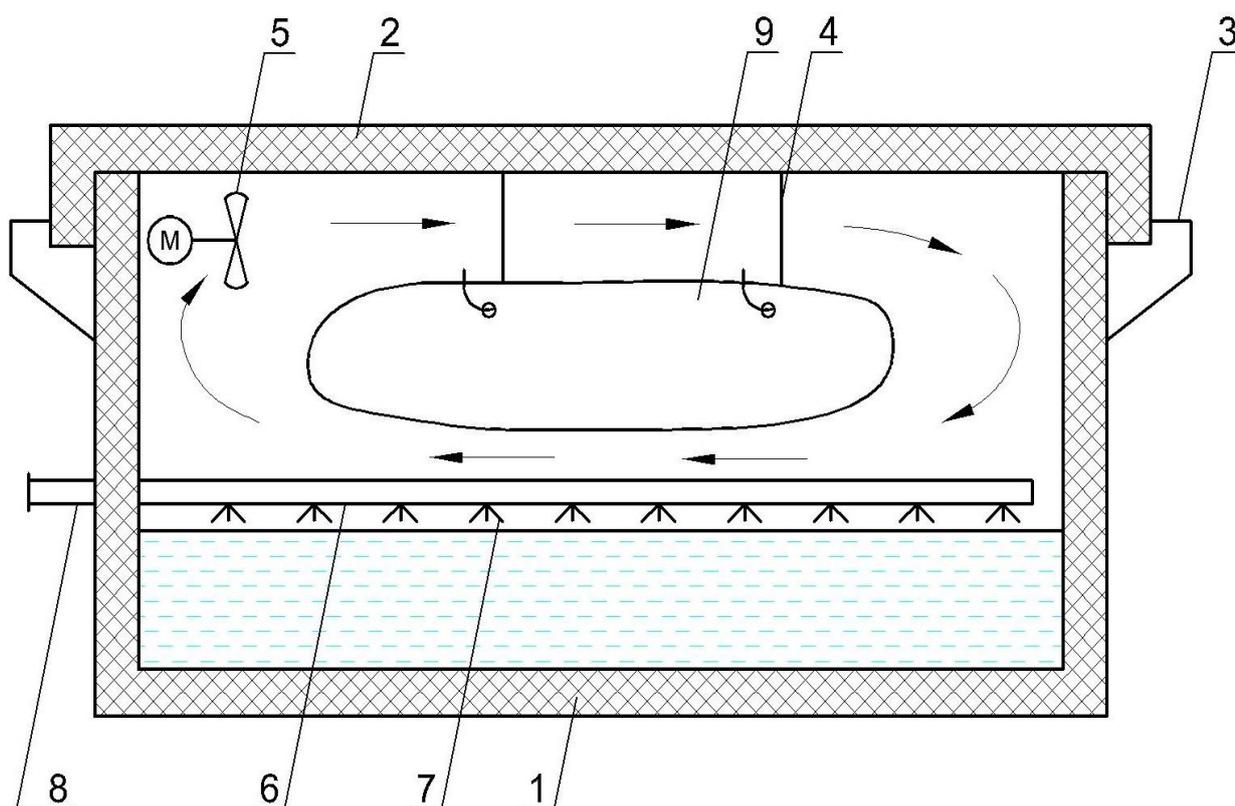


Рисунок 1 – Схема аппарата для охлаждения пищевых продуктов в газо-воздушной среде сублимирующего диоксида углерода

Устройство состоит из теплоизолированного корпуса 1, крышки 2, фиксаторов 3, крюков 4, вентилятора 5, распределительного трубопровода 6, дроссельных форсунок 7, входного патрубка подачи жидкого CO_2 8 и охлаждаемого продукта 9.

Сублимация (возгонка) — переход вещества из твёрдого состояния сразу в парообразное, минуя стадию плавления (перехода в жидкое состояние) и кипения. Поскольку при возгонке изменяется удельный объём вещества и поглощается энергия (теплота сублимации), возгонка является фазовым

переходом первого рода [2].

Теплоизолированный контур 1 и крышка 2 с фиксаторами 3 предназначены для ограничения тепловых поступлений в охлаждаемый объем через ограждающие конструкции установки. В качестве продукта была выбрана продукция животного происхождения. Заполнение установки снегообразной углекислотой производится через входной патрубок подачи жидкого CO_2 , распределяясь через распределительный трубопровод 6 и дросселируясь в форсунках 7. Для обеспечения принудительной циркуляции газо-воздушной среды используется вентилятор 5. Охлаждаемый продукт 9 подвешивается на крючки 4 таким образом, что продукт не соприкасается с снегообразной фракцией углекислоты. Это способствует эффективной циркуляции воздушно-газовой среды. То есть вентилятор направляет холодный воздушно-газовый поток в пространство между сырьем и крышкой установки, захватывая тепло от продукта. Нагретый поток отражается от стен установки и направляется вниз, в пространство между нижней частью продукта и снегообразным диоксидом углерода, отдавая тепло последнему и захватывая тепло от нижней части продукта. За счет подводимой теплоты углекислота сублимирует, а воздушно-газовый поток охлаждается.

Сублимация происходит в результате разности парциальных давлений (концентраций) пара CO_2 у поверхности снега и в окружающей среде. Быстро протекающий процесс сублимации приводит к образованию над поверхностью твердой фазы пограничного слоя насыщенного пара CO_2 , парциальное давление которого соответствует температуре поверхности сублимирующегося снега [4].

После этого поток вновь всасывается вентилятором, снова выдувается и процесс повторяется. Это обеспечивает более равномерный отвод тепла от охлаждаемого продукта, что способствует увеличению интенсивности процесса теплообмена и сокращению времени охлаждения. С точки зрения производства, это позволяет увеличить производственную мощность системы охлаждения. Увеличивается отношение сублимированной углекислоты, используемой для отвода тепла от продукта, к углекислоте, сублимировавшей для отвода теплоступлений через ограждающие конструкции, чем в случае без принудительной циркуляции потока.

Метод не ограничивается использованием в стационарных условиях производства. При транспортировке пищевых продуктов данным способом возможно проведение интенсивного кратковременного охлаждения транспортируемого продукта в начальный период транспортировки. После достижения необходимой температуры продукта можно продолжить транспортировку в режиме естественной конвекции газо-воздушной среды без работы вентилятора.

Охлаждение пищевых продуктов при непосредственном контакте с холодильным агентом является наиболее энергоэффективным процессом, так как при охлаждении традиционными замкнутыми холодильными машинами (ХМ) затрачивается энергия на работу компрессора, конденсатора и испарителя. Помимо этого, температура рабочего вещества внутри замкнутой ХМ, в среднем, на 10°C ниже требуемой, что также увеличивает энергозатраты. Данная разность

температур обуславливается толщиной стенки трубы, в которой циркулирует хладагент, гидравлическими потерями, особенностью конструкции испарителя и т.д.

Применение углекислого газа в качестве холодильного агента благоприятно влияет на биологические процессы. Охлаждение диоксидом углерода приводит к замедлению автолитических процессов, а также снижению размножения микроорганизмов в продукции в процессе хранения, что позволяет увеличить срок хранения сырья [5]. Помимо этого, при охлаждении продуктов животного происхождения диоксидом углеродом происходит замедление физиологической активности и ферментация после убоя. При этом CO₂ не влияет на органолептические показатели мясной продукции во время всего срока хранения [1].

Библиографический список

1. Неверов Е.Н., Коротких П.С., Гринюк А.Н., Мокрушин М.Ю. Исследование процесса охлаждения диоксидом углерода тушек кролика в процессе транспортировки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2022. - №5. - С. 111-121.

2. Процессы и аппараты пищевой технологии /под ред. Бредихина С.А.// Бредихин С.А., Бредихин А.С., Жуков В.Г., Космодемьянский Ю.В., Якушев А.О. - «Лань». СПб. изд- е второе 2023. – 544 с.

3. Алдаматов Н. Э., Бредихин С.А. Анализ структуры вместимости холодильных помещений предприятий по переработке продукции животного происхождения. Пищевая промышленность № 11. 2023. С. 22-25. DOI: 10.52653/PPI.2023.11.11.005

4. Неверов Е.Н., Короткий И.А., И.Б. Плотников, П.С. Коротких, А.А. Кожаев Исследование параметров процесса теплообмена при сублимации диоксида углерода // Вестник КрасГАУ. - 2020. - №6. - С. 215-222.

5. Гринюк А.Н., Неверов Е.Н. Влияние диоксида углерода на качество охлаждаемого мяса кролика // Вестник КрасГАУ. - 2018. - №2. - С. 118-122.

6. Патент № 2545298 С1 Российская Федерация, МПК В01F 7/26. Центробежный смеситель с направляющим диффузором : № 2013146116/05 : заявл. 15.10.2013 : опубл. 27.03.2015 / Д. М. Бородулин, С. А. Ратников, Д. В. Сухоруков ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.

7. Совершенствование процесса затираания при производстве пива / В. А. Помозова, А. Н. Потапов, У. С. Потитина, М. В. Просин // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12(75). – С. 191-196

8. Патент № 2574681 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/212, А23L 2/385. Способ получения экстрактов из сушеного плодово-ягодного сырья : № 2014141857/13 : заявл. 16.10.2014 : опубл. 10.02.2016 / П. П. Иванов, Т. Ф. Киселева, А. С. Ушакова, В. Г. Ляховский ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

профессионального образования "Кемеровский технологический институт пищевой промышленности"

THE USE OF SUBLIMATING CARBON DIOXIDE FOR FOOD COOLING

Bredikhin Sergey Alekseevich, PhD, Professor of the Department of Processes and Devices of Processing Industries, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, e-mail: sbredihin_kpia@rgau-msha.ru

Aldamatov Nursultan Esenbekovich, postgraduate student of the Department of Processes and Devices of Processing Industries, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, e-mail: Status_Diamond@bk.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *This article presents carbon dioxide as a refrigerating agent for cooling food products in direct contact with a gas-air mixture of sublimating carbon dioxide.*

Key words: *sublimation, CO₂, cooling, carbon dioxide, food, refrigeration.*

УДК 663.051. 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

Володарский Михаил Олегович, студент Университета ИТМО факультета биотехнологий, e-mail: michael.volodarsky@yandex.ru

Филозон Владислав Сергеевич, студент Университета ИТМО факультета биотехнологий, e-mail: fllozop@yandex.com

Осьмак Ольга Олеговна, инженер Университета ИТМО НОЦ ИнфоХимии, e-mail: Osmak21@yandex.ru

Смирнов Игорь Сергеевич, студент Университета ИТМО факультета биотехнологий, e-mail: is_smirnov@itmo.ru

Ашихмина Мария Сергеевна, инженер Университета ИТМО НОЦ ИнфоХимии, e-mail: msashikhmina@itmo.ru

Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: od@itmo.ru

Аннотация: Восприятие продуктов — это мультисенсорные ощущения, сочетающие вкус, запах, химическое раздражение или тактильное воздействие. Создание базы данных вкусовых добавок позволяет сделать процесс поиска новых соединений быстрым и дешевым. Инструменты *in silico*, основанные на лигандах и структурах, вносят свой вклад в создание новых инструментов управления интенсивностью вкуса молекул.