УДК 637.1
DOI: 10.31515/1019-8946-2023-04-55-57

Температурные колебания системы «продукт–охлаждающая среда» на завершающем этапе холодильной цепи*

Алексей Алексеевич Грызунов, научный сотрудник
Владимир Николаевич Корниенко, канд. техн. наук, старший научный сотрудник
ВНИХИ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН
E-mail: kortiz@yandex.ru
Николай Сергеевич Николаев, д-р техн. наук, профессор
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)
Сергей Александрович Масловский, канд. с.-х. наук, доцент
Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева

Непрерывная холодильная цепь (НХЦ) является тем технико-технологическим инструментом, который позволяет не только создавать условия для производства продукции, но и доставлять ее к потребителю с минимальными потерями качества. Молочная продукция относится к разряду скоропортящейся и поэтому требует повышенного внимания. Для сохранения ее качества необходимо соблюдение требуемых температурных режимов при продвижении от производителя к потребителю. Проанализированы температурно-временные профили охлаждающей среды (воздуха) и творога в потребительской упаковке на завершающих этапах НХЦ. Экспериментальные исследования позволили оценить влияние условий транспортирования и предреализационного хранения творога в торговом холодильном оборудовании на температурные изменения продукта и их соответствие требованиям технического регламента.

Ключевые слова: *непрерывная холодильная цепь, скоропортящаяся молочная продукция, этап реализации, температурно-временной профиль, авторефрижератор, охлаждаемый прилавок.*

Gryzunov A. A.[1], Kornienko V. N.[1], Nikolaev N. S.[2], Maslovsky S. A.[3]
Temperature fluctuations of the «product–cooling medium» system at the final stage of the refrigeration chain
[1]VNIHI – Branch of Gorbatov Research Center for Food Systems
[2]Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)
[3]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Continuous refrigeration chain (CRC) is a technical and technological tool that allows not only to create conditions for the production of products, but also to deliver them to the consumer with minimal loss of quality. Dairy products are classified as perishable products and therefore require increased attention. To maintain its quality, it is necessary to comply with the required temperature regimes when moving from the producer to the consumer. The temperature-time profiles of the cooling medium (air) and cottage cheese in consumer packaging at the final stages of the CRC are analyzed. Experimental studies made it possible to evaluate the influence of the conditions of transportation and pre-sale storage of cottage cheese in commercial refrigeration equipment on temperature changes in the product and their compliance with the requirements of the technical regulations.
Key words: *continuous cold chain, perishable dairy products, implementation stage, temperature-time profile, refrigerated truck, refrigerated counter.*

Для сохранения качества скоропортящихся пищевых продуктов после холодильной обработки необходимо обеспечивать и контролировать требуемые условия хранения, транспортирования, распределения и реализации [1]. Поддержание соответствующих температурных параметров при продвижении пищевого продукта по этапам непрерывной холодильной цепи (НХЦ) позволяет гарантировать установленный срок хранения, что особенно важно для скоропортящейся продукции, в том числе молока и молочных продуктов.

Процессы хранения и транспортирования в обязательном порядке должны протекать при температурных режимах, указанных изготовителем продукции (статья 17 «Требования к процессам хранения, перевозки и реализации пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»). Отклонение в ту или иную сторону от требуемых значений температур должно лежать в диапазонах, указанных в нормативных документах [2]:

- ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»;
- ГОСТ Р ИСО 22000–2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции (ISO 22000:2018, IDT)»;
- стандарты или технические условия на соответствующие виды продукции.

Процесс реализации скоропортящихся молочных продуктов через сеть предприятий розничной торговли и общественного питания является завершающим на пути от производителя к потребителю. Но именно на этом этапе НХЦ особенно важно, чтобы реализуемые продукты оставались безопасными для населения.

В результате проведенного во Франции фундаментального исследования НХЦ ряда охлажденных пищевых продуктов, в том числе йогурта, начиная от производственной линии и по всей цепочке поставок вплоть до стола покупателя, авторами совместно с Французской ассоциацией пищевой промышленности создана температурно-временная история 314 наименований продукции [3]. Анализ данных показал, что контроль температуры имеет решающее значение на последних трех этапах НХЦ — в розничной торговой сети после доставки продукции рефрижераторами и далее при транспортировании и последующем хранении у потребителя. Средняя температура исследуемой продукции была на 2 °С выше рекомендуемой для 7,3 % продуктов в охлаждаемой витрине, 59,7 % в ходе доставки домой и 40,3 % в бытовом холодильнике.

Нарушения температурного режима в звеньях НХЦ приводят к резкому ускорению процессов микробиологической порчи продуктов животного и растительного происхождения [4, 5]. На основании данных, полученных в результате обзора температурно-временных профилей

**Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.*

НХЦ пастеризованного молока Hellenic в Греции, авторами разработана вероятностная математическая модель роста *Listeria monocytogenes* в упаковках молока на различных этапах цепи после завершения производственного цикла [6]. В работе отмечается, что уровни загрязнения после пастеризации обычно очень низкие, поэтому степень роста *L. monocytogenes* во время транспортирования в розничную торговую сеть, хранения молока в торговых прилавках и бытовом холодильнике имеет большое значение для безопасного употребления.

Результаты моделирования показали, что максимальная удельная скорость роста *L. monocytogenes* может возрастать примерно в 3 раза при повышении температуры молока с 2 до 10 °С. Напротив, соблюдение в НХЦ температурно-временных режимов транспортирования и хранения в магазине при одновременном снижении средней температуры домашних холодильников на 2 °С сможет на 40 % продлить срок хранения пастеризованного молока (с 5 до 7 дней).

Значительное влияние на качественные изменения скоропортящейся продукции оказывает время нестабильности температурного режима, так как в реальных условиях функционирования НХЦ колебания температуры окружающего воздуха неизбежны [7]. Цикличные и переменные температурные воздействия на продукцию, вызванные внешними теплопритоками, наблюдаются при частом открывании дверей кузова рефрижератора, камер хранения, торговых витрин; несоблюдении требований к проведению погрузочно-разгрузочных операций; некачественной теплоизоляции; отказах в работе холодильного оборудования и т. д. [8].

Причины неравномерности температур продукции в охлаждаемом объеме [6, 9]: месторасположение (у двери, около воздухоохладителя, в центре кузова или холодильной камеры, на верхних или нижних полках торгового оборудования и бытового холодильника и т. д.) и нестационарное температурное поле охлаждающей среды (воздуха).

Цель исследований — изучение условий транспортирования в авторефрижераторе и предреализационного хранения творога в торговом холодильном оборудовании при различных температурах в ходе его реализации.

Процесс реализации скоропортящейся молочной продукции включает два взаимосвязанных этапа (звена) НХЦ:

- внутригородские перевозки специальными автотранспортными средствами-рефрижераторами из холодильников предприятий-изготовителей или распределительных центров в торговую сеть;
- непосредственно реализация продуктов потребителям в торговой сети.

Внутригородские перевозки скоропортящихся продуктов осуществляются с помощью малых и среднетоннажных авторефрижераторов, которые в течение одного рейса могут доставлять продукты в несколько торговых точек [10]. Продолжительность одного рейса авторефрижератора составляет в среднем 8 ч; количество точек выгрузки продуктов — 7–8; продолжительность движения авторефрижератора от одной точки выгрузки до другой — в среднем 40 мин; время открытия дверей кузова авторефрижератора для выгрузки продуктов — около 10 мин.

Процесс реализации через розничную торговую сеть относительно непродолжительный и занимает по времени от нескольких часов до 2–5 сут. Продолжительность пребывания товара в охлаждаемом прилавке (витрине) в среднем равна 3 дням и 14 ч. Около 90 % продукции реализуются через торговые центры с большим оборотом, в которых этот период значительно сокращается [11].

Эксперименты проводили на испытательном стенде ВНИХИ, где постоянно поддерживались температура воздуха 20–23 °С и относительная влажность 75–80 %. В качестве технических средств использовали малотоннажный рефрижератор на шасси автомобиля «ГАЗЕЛЬ» с холодильной установкой HT–250 ESC и открытый охлаждаемый прилавок фирмы «ARNEG».

Температуру воздуха в кузове авторефрижератора и охлаждаемом прилавке, а также продуктов определяли с помощью измерительных приборов марки «Testa 735» с рабочим диапазоном от минус 20 до плюс 50 °С и точностью измерения ±0,05 °С.

В качестве объекта исследования выбран творог с массовой долей жира 5 %, расфасованный в потребительскую упаковку массой 180 г (ГОСТ 31453–2013). Температуру творога измеряли в геометрическом центре пачки (контрольный образец) на глубине 8–10 мм от поверхности, непосредственно контактирующей с воздухом в кузове и прилавке. Температуру воздуха и продукта определяли каждые 60 с.

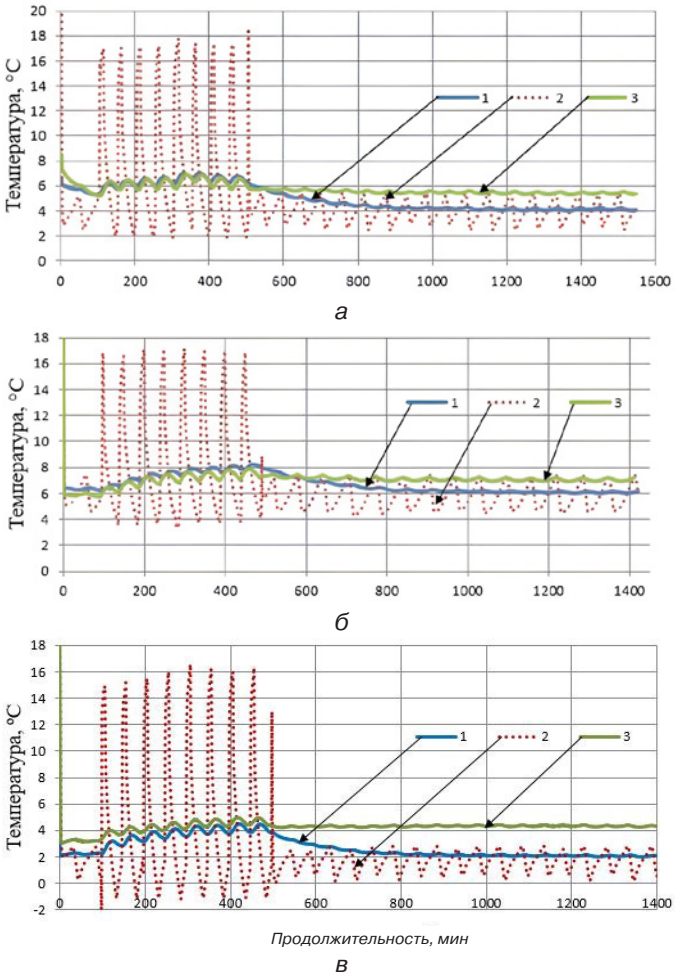
Контрольные пачки творога в кузове рефрижератора находились в транспортной таре, а во время кратковременного хранения в охлаждаемом прилавке — на дне и в верхней части штатной корзины для продуктов. Эксперименты проводили в диапазоне требуемых значений температур хранения 4±2 °С, указанных производителем, в соответствии с ТР ТС 021/2011 (статья 17).

Первую серию экспериментов проводили при минимально требуемой температуре охлаждающего воздуха 2–4 °С, вторую — при максимально требуемой температуре 4–6 °С. Режимы поддерживались в течение всего периода реализации: как при транспортировании, так и предреализационном хранении.

После хранения в холодильной камере продукт со средней температурой контрольных образцов 4 °С выгружали из камеры, загружали в кузов авторефрижератора с температурой на 2–3 °С выше, чем температура хранения. Это связано с нерегулируемым тепловым воздействием на продукт теплого наружного воздуха при проведении погрузочных операций в течение 10–20 мин.

В первой (режим 2–4 °С, рисунок *а*) и во второй (режим 4–6 °С, рисунок *б*) серии экспериментов до первой точки выгрузки за время работы холодильной установки авторефрижератора в кузове температура продукта была относительно стабильной (при незначительном понижении в первой серии). Далее в течение всего рейса от первой точки выгрузки до последней продукт нагревался примерно на 2 °С за счет теплопритоков от поступления наружного воздуха в кузов при открываниях двери во время многократной разгрузки. Однако одинаковый прирост температуры в обеих сериях может оказывать разное влияние на качество продукта и его срок годности в связи с ее разными конечными значениями [3, 6].

В прилавке с температурой охлаждения 2–4 °С (рисунок *а*) продукт, находящийся в верхней части корзины, имел температуру, близкую к предельно допустимым значениям по НТД, т. е. 6 °С, а при режиме 4–6 °С (рисунок *б*) — температуру, превышающую предельно допустимую на 0,5–1,5 °С. В обеих сериях температура продукта, находя-



Изменение температуры в процессе транспортирования и хранения в торговом прилавке при режимах: а — 2–4 °С; б — 4–6 °С; в — 0–2 °С. 1 — температура продукта в прилавке на дне корзины; 2 – температура воздуха в кузове авторефрижератора и торговом прилавке; 3 – температура продукта в прилавке на поверхности корзины

щегося на дне продуктовой корзины, находилась в требуемом диапазоне.

Третья серия экспериментов проведена при температурном режиме хранения, транспортирования и реализации в пределах 0–2 °С. Температура творога как в процессе внутригородской перевозки (несмотря на тепловое воздействие наружного воздуха при погрузке/выгрузке), так и при хранении в охлаждаемом торговом прилавке находилась в пределах 2,1–4,2 °С (рисунок *в*), что соответствует температурам хранения, указанным производителем.

ВЫВОДЫ

- Установлена взаимосвязь между температурой охлаждающего воздуха и температурой продукта на завершающих этапах НХЦ.
- Заявленные производителями температурные режимы не всегда обеспечиваются в реальных условиях в кузове авторефрижератора и в торговом оборудовании, особенно при нахождении продукта в верхней части корзины охлаждаемого прилавка.
- Производители не всегда учитывают специфические особенности процесса реализации (внутригородские перевозки и хранение в торговом зале магазина), вследствие чего температура продуктов, как правило, может превышать предельно допустимые значения.
- В процессе транспортирования и предреализационного хранения температура охлаждающей среды не должна превышать минимальных значений, указанных производителем для режима хранения.
- Температура воздуха при транспортировании и хранении творога должна поддерживаться на уровне 1±1 °С. В этом случае температура продукта в ходе внутригородской перевозки и хранения в открытом торговом прилавке находится в диапазоне 2,1–4,2 °С, что соответствует требованиям ТР ТС 033/2013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Rodrigue, J. P.*** *The Cold Chain and its Logistics. In: The Geography of Transport Systems/J. P. Rodrigue, T. Notteboom. – New York: Routledge, 2020. – 456 p.*
2. ***Корниенко, В. Н.*** *Требования к технологии и техническим средствам транспортировки молока и молочных продуктов/В. Н. Корниенко, Н. В. Помазкина// Молочная промышленность. 2016. № 8. С. 23–25.*
3. ***Derens, E.*** *The cold chain of chilled products under supervision in France/E. Derens, B. Palagos, J. Guilpar// IUFoST, 13th World Congress of Food Science & Technology «Food is Life», Nantes. 2006. P. 51–64. DOI: 10.1051/IUFoST:20060823*
4. ***Ванькова, А. А.*** *Применение микробиологических методов с целью совершенствования технологий хранения и транспортирования зеленой продукции/А. А. Ванькова [и др.]// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 5. С. 149–157. DOI 10.34677/0021-342x-2019-5-149-157*
5. ***Корниенко, В. Н.*** *Температурные режимы транспортирования мяса и мясной продукции/В. Н. Корниенко, Н. А. Горбунова// Все о мясе. 2021. № 2. С. 8–13. DOI: 10.21323/2071-2499-2021-2-8-13*
6. ***Koutsoumanis, K.*** *Probabilistic Model for Listeria monocytogenes Growth during Distribution, Retail Storage, and Domestic Storage of Pasteurized Milk/K. Koutsoumanis [et al.]// Applied and environmental microbiology. 2010. V. 76. № 7. P. 2181–2191. doi:10.1128/AEM. 02430–09*
7. ***Guide to Refrigerated Transport.*** *Ed. Robert D. Heap. 2-nd Edition. — France, Paris: International Institute of Refrigeration, 2010. — 182 p.*
8. ***Kornienko, V. N.*** *Heat and mass exchanging processes in a refrigerated truck body during multi-drop urban distribution of fresh herbs/V. N. Kornienko [et al.]// Revista San Gregorio. 2020. № 37. P. 61–74. DOI: 10.36097/rsan.v1i37.1251.*
9. ***Landfeld, A.*** *Time temperature histories of perishable foods during shopping, transport and home refrigerated storage/A. Landfeld, L. Kazilova, M. Houska// International Conference of Refrigeration, Prague, Czech Republic. 2011. V. 3. P. 2597–2605.*
10. ***Грызунов, А. А.*** *Структурный анализ транспортных средств — рефрижераторов для внутригородских перевозок скоропортящихся пищевых продуктов/А. А. Грызунов, В. Н. Корниенко// Холодильная техника. 2014. № 12. С. 45–48.*
11. ***Derens-Bertheau, E.*** *Cold chain of chilled food in France/E. Derens-Bertheau [et al.]// International Journal of Refrigeration. 2015. V. 52. P. 161–167.*