

3. SanPiN 2.1.8/2.2.4.2490-09. Elektromagnitnye polia v proizvodstvennykh usloviakh. Izmenneniia N 1 k SanPiN 2.2.4.1191-03, 2009. – 7 s.

4. SanPiN 2.2.4/2.1.8.055-96. Elektromagnitnye izlucheniia radiochastotnogo diapazona, 1996. – 30 s.

5. Zotov, K.N. Primenenie generatorov belogo shuma dlia sistem upravleniia dronami v kanale Wi-Fi / K.N. Zotov, R.R. Zhdanov, P.E. Filatov // Infokommunikatsionnye tekhnologii. – 2021. – T. 19. – No. 2. – S. 232-238. – DOI: <https://doi.org/10.18469/ikt.2021.19.2.12> (data obrashcheniia: 14.01.2022).

6. Kulikova L.V. Osnovy elektromagnitnoi sovместimosti: uchebник dlia vuzov / L.V. Kulikova, O.K. Nikolskii, A.A. Soshnikov. – Izd. 4-e, ster. – Moskva; Berlin: Direkt-Media, 2020. – 404 s. ISBN

978-5-4499-1175-9. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44365216> (data obrashcheniia: 05.03.2022).

7. Soshnikov, A., Migalev, I., Titov, E. (2018). A Mobile System for Integrated Characterization of Electromagnetic Radiation Danger. *Russian Electrical Engineering*. 89. 685-688. DOI: 10.3103/S106837121812009X.

8. Titov E.V., Soshnikov A.A., Migalev I.E. (2022). Computer Imaging of Electromagnetic Environment in Air Space with Industrial Electromagnetic Field Sources in Conditions of Combined Influence of EM Radiation. *J. Electromagn. Eng. Sci.* 22(1):34-40. – DOI: <https://doi.org/10.26866/jees.2022.1.r.58>.



УДК 641.664.8.037.5

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-211-5-111-121

Е.Н. Неверов, П.С. Коротких,  
А.Н. Гринюк, М.Ю. Мокрушин  
E.N. Neverov, P.S. Korotkikh,  
A.N. Grinyuk, M.Yu. Mokrushin

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА ТУШЕК КРОЛИКА В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ

### STUDY OF RABBIT CARCASSES COOLING WITH CARBON DIOXIDE DURING TRANSPORTATION

**Ключевые слова:** диоксид углерода, тушка кролика, холодильная обработка, транспортировка, мясо, микроорганизмы, кислотность, хранение.

Рост потребительского спроса на мясо кролика приводит к увеличению темпов его производства и, как следствие, поиску новых современных методов его транспортировки и хранения. Одним из наиболее перспективных методов считается применение диоксида углерода. В данной статье описаны результаты исследова-

ний по хранению мяса кролика в среде диоксида углерода, а также представлены данные, полученные при разработке технологических параметров для холодильной обработки диоксидом углерода при их транспортировке. Для проведения исследований использовали тушки кроликов массой 1,2 кг. Чтобы охладить тушки кроликов в моделируемой установке, применялся газообразный диоксид углерода, который получали при сублимации сухого льда и размещали во внутренней части теплоизолированного контейнера, в

специальных карманах. Данный контейнер располагали в термостате, при постоянной температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Способность тушек кроликов сохранять свои качественные характеристики оценивали по разным показателям, отражающим полную картину влияния диоксида углерода на мясо. Помимо микробиологических и органолептических показателей во внимание принимались кислотные и перекисные числа, водосвязывающая способность и активная кислотность, значения pH которой измеряли в двуглавой мышце бедра с помощью pH-метра. Оценка мяса кроликов после хранения в среде диоксида углерода в течение 5 сут. включала также органолептическую оценку. Для определения необходимого количества снегообразного диоксида углерода в условиях транспортировки в среде разработки IDLE была создана компьютерная программа, описание которой приведено в данной публикации. Исследования показали, что охлаждение тушек кролика диоксидом углерода приводит к замедлению процессов автолиза, что увеличивает срок их хранения в неупакованном виде до 5 сут., а в упакованном – до 6, при этом  $\text{CO}_2$  не влияет на органолептические показатели мяса во время всего срока хранения.

**Keywords:** *carbon dioxide, rabbit carcass, refrigeration, transportation, meat, microorganisms, acidity, storage.*

The growth of consumer demand for rabbit meat leads to increasing rates of its production and, as a result, the search for new modern methods of its transportation and storage. One of the most promising methods is the use of

carbon dioxide. This paper discusses the research findings on rabbit meat storage in carbon dioxide environment, and also presents the data obtained during the development of technological parameters for refrigeration treatment with carbon dioxide during rabbit carcasses transportation. For the research, rabbit carcasses weighing 1.2 kg were used. To cool rabbit carcasses in the simulated installation, gaseous carbon dioxide was used which was obtained by sublimation of dry ice and placed in the inside of a heat-insulated container in special pockets. This container was placed in a thermostat, at a constant temperature of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . The ability of rabbit carcasses to maintain their quality characteristics was evaluated by various indices reflecting the complete picture of the effect of carbon dioxide on meat. In addition to microbiological and organoleptic parameters, acid-degree and peroxide values, liquid-binding power and active acidity were taken into account; the pH values were measured in the biceps femoris muscle using a pH-meter. The evaluation of rabbit meat after storage in a carbon dioxide environment for 5 days also included organoleptic estimation. To determine the required amount of carbon dioxide snow during transportation, a software application was developed in the IDLE development environment; the application is described in this paper. Studies have shown that cooling rabbit carcasses with carbon dioxide slows down autolysis processes and that increases their shelf life in unpacked form up to five days, and in packed form up to six, while  $\text{CO}_2$  does not affect the organoleptic characteristics of meat during the entire shelf life.

**Неверов Евгений Николаевич**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: neverov42@mail.ru.

**Коротких Павел Сергеевич**, аспирант, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: korotkix42@gmail.com.

**Гринюк Алексей Николаевич**, аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: jettastream@inbox.ru.

**Мокрушин Максим Юрьевич**, магистрант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Российская Федерация, e-mail: mokrushin99@list.ru.

**Neverov Evgeniy Nikolaevich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: neverov42@mail.ru.

**Korotkikh Pavel Sergeevich**, post-graduate student, Asst. Prof., Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: korotkix42@gmail.com.

**Grinyuk Aleksey Nikolaevich**, post-graduate student, Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: jettastream@inbox.ru.

**Mokrushin Maksim Yurevich**, master's degree student, Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: mokrushin99@list.ru.

## Введение

Мировое производство мяса кролика в настоящее время оценивается более чем в 1 млн т в год. Согласно данным «Faostat», Китай является ведущим мировым производителем, за ним следуют Италия, Испания и Франция [1].

В настоящее время и в нашей стране наблюдается рост производства и потребления мяса кролика, так как оно обладает рядом достоинств

перед другими видами мяса. Кролики являются хорошим источником диетического мяса и столь необходимого белка животного происхождения. Кроме того, крольчатина является легкоусвояемой, вкусной и низкокалорийной пищей, так как содержание белка в ней выше, а содержание жира и холестерина ниже по сравнению с другим красным мясом, а охлажденное мясо кролика, в отличие от замороженного, имеет более

выраженный вкус и обладает высоким содержанием микро- и макроэлементов, но при этом срок хранения охлажденной крольчатины ограничен. Данное обстоятельство ведет к поиску исследователями новых технологий для охлаждения мяса и транспортировки его в охлажденном состоянии [2].

Одними из перспективных направлений, разрабатываемых в холодильной технологии в настоящее время, являются те, которые основаны на использовании диоксида углерода, позволяющие использовать его в качестве холодильного агента, утилизируя. К такому направлению можно отнести применение диоксида углерода для транспортировки охлажденных и замороженных пищевых продуктов, на что оказало существенное влияние и введение Монреальского и Киотского протоколов по вопросу защиты окружающей среды, а также остановлено производство хлор- и бромсодержащих фреонов, попадание которых в окружающую среду наносит большой вред экологии, поэтому их применение в холодильных системах в настоящее время законодательно ограничено. В связи с этим многие производители холодильного оборудования, в том числе и используемого для транспортировки пищевых продуктов, рассматривают возможность работы своих систем на альтернативных – «природных» – хладагентах, одним из которых является диоксид углерода [3].

Для доставки охлажденных пищевых продуктов конечному потребителю, как правило, необходим специально оборудованный водный или сухопутный транспорт. Наибольшее применение как в России, так и в других странах нашли автомобильные рефрижераторы, которые состоят из изотермического кузова и встроенной холодильной машины для поддержания требуемой температуры.

Одним из преимуществ доставки пищевых продуктов при поддержании низкой постоянной температуры в охлаждаемом объеме является увеличенный срок их годности. Обеспечение определенной температуры достигается постоянно работающей холодильной установкой внутри транспорта, что приводит к большому энергопотреблению. Еще одним недостатком является большая усушка продукта, приводящая к потере товарного вида и массы мяса, потому что в авторефрижераторах используется

часто только воздушное охлаждение при поддержании требуемой температуры.

В эксплуатации находится транспорт, в котором в качестве источника холода для поддержания температурного режима используется лёд или другой временный источник холода. Такой транспорт предназначен для транспортировки продуктов без каких-либо энерго- и экономических затрат на привод электродвигателей, т.к. вся теплота отводится за счет аккумулятора холода. Тем не менее применение аккумуляторов холода в транспорте приводит к уменьшению полезного грузового объема, появляются дополнительные затраты энергии на получение льда в ледогенераторе, тем самым снижается оборот продуктов. Отсюда возникает вопрос, связанный с соблюдением санитарных требований в кузове автомобиля [4].

Все рассматриваемые выше способы находят применение в той или иной степени для транспортировки мяса, которое является одним из важнейших компонентов в цепи пищевой промышленности, а продолжительность его транспортировки может занимать от нескольких часов до нескольких дней.

В транспортируемом охлаждаемом мясе продолжают физико-биологические процессы, которые проходят с момента убоя, и если не обеспечить нормируемую температуру в изотермическом кузове, то данные процессы приведут к ускорению ферментации, тем самым к утрате товарного вида и быстрой порчи мяса. Соответственно, для предотвращения негативных последствий при транспортировке мяса необходимо использование низких температур. В качестве источника холода в последние годы используется диоксид углерода. Его применение обусловлено тем, что на данном этапе в мире остро стоит вопрос о защите окружающей среды от вредного воздействия различных веществ, фторсодержащих хладагентов и токсичных газов [5].

В настоящее время ряд исследователей активно разрабатывают системы, работающие на диоксиде углерода для транспортировки замороженной и охлажденной продукции [6]. Данный вид обработки является современным, выгодным и технологичным, так как внутри камеры с продуктом во время транспортировки образуется воздушно-газовая среда, которая обеспечивает необходимый температурно-влажностный режим, отводя часть теплоты от продукта. Дан-

ный режим образуется при сублимации углекислоты из снегообразного состояния, тем самым при транспортировке тушек значительно снижается усушка мяса, предотвращаются снижение его качества и порча, увеличивается время транспортировки, что в целом позволяет перевозить продукт на дальние расстояния с минимальными рисками [7].

**Целью** является получение новых данных по степени хранимоспособности мяса кроликов и разработка технологических параметров для холодильной обработки диоксидом углерода при их транспортировке.

### Объекты и методы

Для проведения исследований использовали тушки кроликов массой 1,2 кг, которые отбирали в конце линии технологической обработки. Чтобы охладить тушки кроликов, в моделируемой установке применялся газообразный диоксид углерода, который получали при сублимации сухого льда и размещали во внутренней части теплоизолированного контейнера, в специальных карманах. Данный контейнер располагали в термостате, при постоянной температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Для сравнения экспериментальных результатов применялись охлажденные кроличьи тушки, которые были уложены в полимерные контейнеры без использования упаковки. Для охлаждения контрольных образцов применялся воздушный способ с температурой  $0 \pm 2^\circ\text{C}$ . После холодильной обработки их упаковывали пищевой пленкой и тоже помещали в термостат. Охлаждение кроликов происходило с помощью диоксида углерода в снегообразном состоянии, который подавался во внутреннюю полость тушки в объеме 0,1 кг, а для дополнительного охлаждения контрольных образцов в карманы контейнеры подавали снегообразный диоксид углерода.

Способность тушек кроликов сохранять свои качественные характеристики оценивали по разным показателям, отражающим полную картину влияния диоксида углерода на мясо. Помимо микробиологических и органолептических показателей во внимание принимались кислотные и перекисные числа, водосвязывающая способность и активная кислотность, значения pH которой измеряли в двуглавой мышце бедра с помощью pH-метра [8]. Все анализируемые показатели были оценены по общепринятым методикам.

### Экспериментальная часть

В таблицах 1 и 2 отображены результаты исследований.

Анализ полученных данных показывает, что изначально активная кислотность тушки кролика была  $\text{pH}=6,57$ , что находится в пределах и является нормой для кролика, в котором протекают процессы послеубойного гликолиза.

Снижение кислотности до минимального уровня наблюдалось спустя сутки хранения тушки кролика. Мясо, охлажденное без упаковки диоксидом углерода, имело  $\text{pH}=5,49$ , а мясо, охлажденное с помощью воздухоохладителя, –  $\text{pH}=5,49$ . Образец, который охлаждался диоксидом углерода, находясь в упаковке, показал самый низкий  $\text{pH}=5,41$ .

При анализе данных было замечено, что происходит снижение pH у исследуемых тушек кроликов. Это можно объяснить тем, что при интенсивном охлаждении происходит замедление процесса гликолиза. Также существенное влияние оказывает попадание сублимированных паров диоксида углерода в мясо в процессе диффузии, которая приводит к перераспределению и охлаждению жидкости в мясе.

Таблица 1

### Физико-химические показатели мяса кролика

| Продолжительность хранения тушек кролика, сут. | pH              |                     |                   | Водосвязывающая способность, % к навеске |                     |                   |
|--|-----------------|---------------------|-------------------|--|---------------------|-------------------|
|  | контроль        | опыт (без упаковки) | опыт (в упаковке) | контроль                                 | опыт (без упаковки) | опыт (в упаковке) |
| Исходное сырье                                 | $6,57 \pm 0,03$ | $6,57 \pm 0,03$     | $6,57 \pm 0,03$   | $79,43 \pm 0,31$                         | $79,43 \pm 0,31$    | $79,43 \pm 0,31$  |
| 1  | $5,58 \pm 0,03$ | $5,49 \pm 0,03$     | $5,47 \pm 0,03$   | $66,13 \pm 0,36$                         | $64,69 \pm 0,27$    | $65,22 \pm 0,36$  |
| 2  | $5,62 \pm 0,03$ | $5,52 \pm 0,03$     | $5,41 \pm 0,03$   | $65,82 \pm 0,27$                         | $65,02 \pm 0,36$    | $65,27 \pm 0,27$  |
| 3  | $5,87 \pm 0,03$ | $5,60 \pm 0,03$     | $5,44 \pm 0,03$   | $66,14 \pm 0,22$                         | $65,13 \pm 0,22$    | $65,44 \pm 0,22$  |
| 5  | $5,99 \pm 0,03$ | $5,67 \pm 0,03$     | $5,47 \pm 0,03$   | $67,46 \pm 0,32$                         | $65,86 \pm 0,32$    | $65,99 \pm 0,32$  |
| 7  | -               | $5,70 \pm 0,03$     | $5,52 \pm 0,03$   | -  | $66,04 \pm 0,35$    | $66,35 \pm 0,35$  |
| 8  | -               | -                   | $5,59 \pm 0,03$   | -  | -                   | $66,54 \pm 0,19$  |

| Продолжительность хранения тушек кролика, сут. | Кислотное число, мг КОН/г |                     |                   | Перекисное число, ммоль O <sub>2</sub> /кг |                     |                   |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|--|---------------------|-------------------|
|  | контроль                  | опыт (без упаковки) | опыт (в упаковке) | контроль                                   | опыт (без упаковки) | опыт (в упаковке) |
| Исходное сырье                                 | 0,38±0,1                  | 0,38±0,1            | 0,38±0,1          | 0,243±0,02                                 | 0,243±0,02          | 0,243±0,02        |
| 1  | 0,50±0,1                  | 0,41±0,1            | 0,38±0,1          | 0,399±0,02                                 | 0,298±0,02          | 0,246±0,02        |
| 2  | 0,67±0,1                  | 0,46±0,1            | 0,42±0,1          | 0,679±0,02                                 | 0,410±0,02          | 0,387 ±0,02       |
| 3  | 0,99±0,1                  | 0,69±0,1            | 0,66±0,1          | 0,80±0,02                                  | 0,498±0,02          | 0,342±0,02        |
| 5  | -                         | 0,82±0,1            | 0,77±0,1          | 0,598±0,02                                 | -                   | -                 |
| 7  | -                         | 0,94±0,1            | 0,91±0,1          | -  | 0,692±0,02          | 0,646±0,02        |
| 8  | -                         | -                   | 0,95±0,1          | -  | -                   | 0,701±0,02        |

Таблица 2

**Микробиологические показатели мяса кролика**

| Продолжительность хранения тушек кролика, сутки | Мезофильные м/о, КОЕ/г |                       |                       | Психрофильные м/о, КОЕ/г |                      |                      |
|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
|   | контроль               | опыт (без упаковки)   | опыт (в упаковке)     | контроль                 | опыт (без упаковки)  | опыт (в упаковке)    |
| Исходное сырье                                  | 0,79×10 <sup>3</sup>   | 0,79×10 <sup>3</sup>  | 0,79×10 <sup>3</sup>  | 0,31×10 <sup>1</sup>     | 0,31×10 <sup>1</sup> | 0,31×10 <sup>1</sup> |
| 1   | 0,61×10 <sup>4</sup>   | 0,69×10 <sup>3</sup>  | 0,64×10 <sup>3</sup>  | 0,18×10 <sup>2</sup>     | 0,14×10 <sup>1</sup> | 0,10×10 <sup>1</sup> |
| 2   | 0,182×10 <sup>4</sup>  | 0,78×10 <sup>3</sup>  | 0,73×10 <sup>3</sup>  | 0,59×10 <sup>4</sup>     | 0,44×10 <sup>2</sup> | 0,36×10 <sup>2</sup> |
| 3   | 0,49×10 <sup>6</sup>   | 0,89×10 <sup>3</sup>  | 0,82×10 <sup>3</sup>  | 0,50×10 <sup>7</sup>     | 0,29×10 <sup>4</sup> | 0,24×10 <sup>4</sup> |
| 5   | -                      | 0,324×10 <sup>4</sup> | 0,219×10 <sup>4</sup> | -                        | 0,85×10 <sup>4</sup> | 0,78×10 <sup>4</sup> |
| 6   | -                      | 0,58×10 <sup>5</sup>  | 0,401×10 <sup>4</sup> | -                        | 0,27×10 <sup>5</sup> | 0,16×10 <sup>5</sup> |
| 7   | -                      | 0,91×10 <sup>6</sup>  | 0,82×10 <sup>6</sup>  | -                        | 0,51×10 <sup>5</sup> | 0,31×10 <sup>5</sup> |
| 8   | -                      | -                     | 0,147×10 <sup>6</sup> | -                        | -                    | 0,43×10 <sup>5</sup> |

При дальнейшем хранении мяса наблюдается увеличение кислотности у всех образцов независимо от способа их охлаждения из-за развития окоченения, но больше всего это происходит у опытного образца, охлажденного диоксидом углерода. Как и в случае с другими аналогичными мясными продуктами, хранящимися охлажденными в воздушной среде, pH крольчатины увеличивается по мере хранения. Это в основном связано с активностью бактерий, которая приводит к образованию аммиака, аминов и других веществ.

При этом наряду с изменением кислотности все образцы имеют схожую динамику изменения влагосвязывающей способности независимо от способа холодильной обработки.

На основании результатов изменения влагосвязывающей способности и активной кислотности можно утверждать, что на начальных этапах хранения, вне зависимости от способа обработки тушек, происходят процессы посмертного окоченения мяса кролика, но у мяса, охлажденного диоксидом углерода, скорость протекания данных процессов замедляется. Это связано с тем, что при низкой температуре автолитические процессы замедляются из-за частичного вымо-

раживания влаги, которая приводит к изменению концентрации солей в тушке кролика, а при охлаждении диоксидом углерода достижение требуемой температуры происходит более интенсивно. Данный процесс наблюдается не только на поверхности мяса, но и во всей тушке кролика.

Преимуществом охлаждения и хранения крольчатины в CO<sub>2</sub> также является то, что максимальные значения, которые допустимы для перекисного и кислотного чисел, достигаются намного позже, чем при другом способе хранения. Так, в данном исследовании максимальное содержание в мясе кролика свободных жирных кислот было достигнуто на третьи сутки у контрольных образцов при воздушном охлаждении и к восьмым суткам при охлаждении экспериментальных образцов углекислотой.

В таблице 2 показаны изменения в мясе кролика микробиологических показателей. На основании данной таблицы можно выделить еще одно преимущество применения CO<sub>2</sub> при охлаждении и хранении мяса кролика, которым является то, что достигаются наиболее лучшие микробиологические показатели в продукте по сравнению с другими способами хранения.

Спустя сутки хранения у контрольного образца были взяты пробы на микроорганизмы, в мышцах которого были найдены психрофильные микроорганизмы в количестве  $0,18 \times 10^2$  КОЕ/г и мезофильные микроорганизмы в количестве  $0,61 \times 10^4$  КОЕ/г. В опытных образцах, находящихся в неупакованном виде и охлажденных в  $\text{CO}_2$ , количество психрофильных и мезофильных микроорганизмов было равно  $0,14 \times 10^1$  и  $0,69 \times 10^3$  КОЕ/г соответственно, а в охлажденных в  $\text{CO}_2$  с упаковкой –  $0,10 \times 10^1$  и  $0,64 \times 10^3$  КОЕ/г. Таким образом, можно наблюдать, что пары углекислого газа оказывают влияние на интенсивность физиологических и физико-химических процессов, что сказывается на развитии микроорганизмов. Это явление более выражено и оказывает существенное влияние на наружные слои тушки кролика.

После трех суток хранения стало понятно, что больший рост микроорганизмов наблюдается у тех образцов, в которых применялось воздушное охлаждение. У таких тушек было выявлено увеличение мезофильных микроорганизмов до  $0,49 \times 10^6$  КОЕ/г, а в исследуемых неупакованных тушках – до  $0,89 \times 10^3$  КОЕ/г. Наиболее низкий результат показали опытные образцы с упаковкой  $0,82 \times 10^3$  КОЕ/г.

На четвертые сутки у контрольных образцов, охлаждаемых традиционным способом, появилась слизь и неприятный запах, поэтому было решено прекратить их хранение из-за явной их порчи и взять анализ на микрофлору. Выявлено, что в тушке находилась группа бактерий кишечной палочки, образованная гнилостными спорообразующими бактериями группы *Bac. subtilis-mesentericus*, нетоксигенными стафилококками, плесневыми грибами рода *Mucor*, *Aspergillus*, а также бактерии *Pseudomonas* рода *Proteus*.

В опытных тушках кролика спустя пять суток количество микроорганизмов находилось на допустимом уровне и составило  $0,324 \times 10^4$  КОЕ/г мезофильных и  $0,85 \times 10^4$  КОЕ/г психрофильных, а в упакованных тушках – соответственно,  $0,219 \times 10^4$  КОЕ/г и  $0,78 \times 10^4$ .

Через одну неделю у неупакованных тушек, обработанных диоксидом углерода, появились неприятный запах и слизь. То же самое произошло и с упакованными тушками, но на восьмые сутки хранения, поэтому было решено прекратить хранение из-за порчи мяса.

В процессе исследования было замечено, что хотя и высокая начальная популяция микроорганизмов на мясе сокращает срок годности продукта, но выбор режимов холодильной обработки и наличие упаковки оказывают значительное влияние на время его хранения.

Оценка мяса кроликов после хранения в среде диоксида углерода в течение 5 суток включала стандартные операции с образцами: определение внешнего вида, консистенции и запаха, вкуса, определение состояния жира и сухожилий, костного мозга, приготовление бульона из мяса кроликов каждой исследуемой группы и определение качества этих бульонов.

Результатом органолептической оценки тушек кроликов, охлажденного диоксидом углерода спустя пять суток хранения, и тушек после двух суток хранения, охлажденных воздушным способом, стало то, что каждая тушка бледно-розового цвета и имела подсохшую корочку. Консистенция мяса была плотная, а при нажатии ямка быстро исчезала. При разрезе поверхность мяса влажная, жир белый и мягкий, мясной сок у тушки прозрачный. При вдыхании не наблюдалось посторонних примесей, присутствовал естественный запах. Суставы у кролика гладкие и блестящие, сухожилия упругие. Костный мозг упругий, желтого цвета, заполняет всю полость трубчатой кости, при изломе блестящий и не отступает от краев кости.

Полученный из мяса кроличий бульон у всех типов образцов прозрачный, имеет приятный специфический запах, на поверхности бульона плавают крупные жировые пятна.

Результаты оценки мяса кроликов по органолептическим показателям представлены в таблице 3.

Органолептическая оценка образцов мяса кролика проведена по 9-балльной шкале, в соответствии с методическими указаниями по дегустации Всероссийского научно-исследовательского института мясной промышленности и ГОСТ 9959-2015. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Схожие высокие дегустационные показатели наблюдались в обоих образцах мяса кролика. Высокий балл получили показатели, оценивающие внешний вид и цвет, прозрачность, аромат бульона и его вкус. Таким образом, проведя органолептическую оценку качества хранимого мяса, было разрешено его дальнейшее хранение и употребление.

Результаты органолептической оценки мяса (тушек) кроликов

| Показатель                            | Группа   |         |
|---------------------------------------|--|---------|
|                                       | контрольная  | опытная |
| Внешний вид и цвет: поверхности тушки | Имеет корочку подсыхания бледно-розового цвета   |         |
| покровной и внутренней жировой ткани  | Желтовато-белого цвета   |         |
| серозной оболочки брюшной полости     | Влажная, блестящая   |         |
| Мышцы на разрезе                      | Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге, бледно-розового цвета с красноватым оттенком |         |
| Консистенция                          | Мышцы плотные, упругие, при надавливании пальцем образующаяся ямка быстро выравнивается; жир плотный               |         |
| Аромат                                | Специфический, свойственный свежему мясу кроликов  |         |
| Прозрачность и аромат бульона         | Прозрачный, имеет мясной аромат  |         |

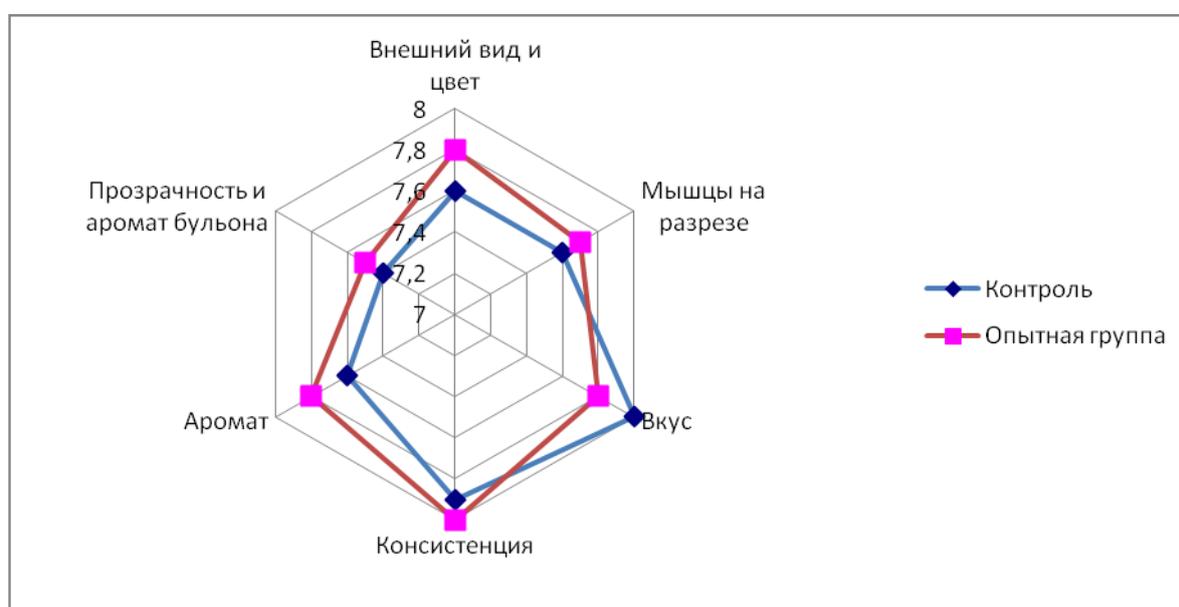


Рис. 1. Результаты оценки мяса кроликов по органолептическим показателям

На следующем этапе исследований были рассмотрены показатели безопасности мяса кролика.

Мясные продукты питания, которые употребляет человек, могут нести для него большую опасность, если в данные продукты при кормлении и содержании животных попадут различные

токсичные элементы. Чтобы произвести контроль безопасности производства опытных образцов в данном исследовании, было определено содержание токсичных веществ в используемом мясе. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4

Содержание токсичных элементов в исследуемых образцах мяса кроликов, мг/кг не более

| Показатель | Группа      |         | Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, мг/кг | Норма по СанПиН 2.3.2.1078-01 |
|------------|-------------|---------|---|-------------------------------|
|            | контрольная | опытная |   |                               |
| Кадмий     | 0,006       | 0,005   | 0,05  | 0,05                          |
| Мышьяк     | н/о         | н/о     | 0,1   | 0,05                          |
| Ртуть      | н/о         | н/о     | 0,03  | 0,03                          |
| Свинец     | 0,04        | 0,03    | 0,5   | 0,5                           |

Согласно техническому регламенту таможенного союза 021/2 и СанПиН 2.3.2.1078-01 установлены допустимые показатели по содержанию токсичных элементов в продуктах животноводства. Анализируя результаты исследуемого мяса кролика, было выявлено, что в образцах не были обнаружены следы мышьяка и ртути. Это означает, что эти токсичные вещества полностью отсутствуют либо присутствуют в очень низкой концентрации, что не несет влияния на здоровье человека при употреблении данной продукции. Показатели кадмия и свинца находятся в диапазоне ПДК согласно ТР ТС 021/2 и СанПиН 2.3.2.1078-01.

### Результаты исследований и их обсуждение

Чтобы выявить требуемое количество твердого диоксида углерода, который необходим для обеспечения постоянной температуры при транспортировке крольчатины различной массы, на следующем этапе исследований была разработана номограмма (рис. 2).

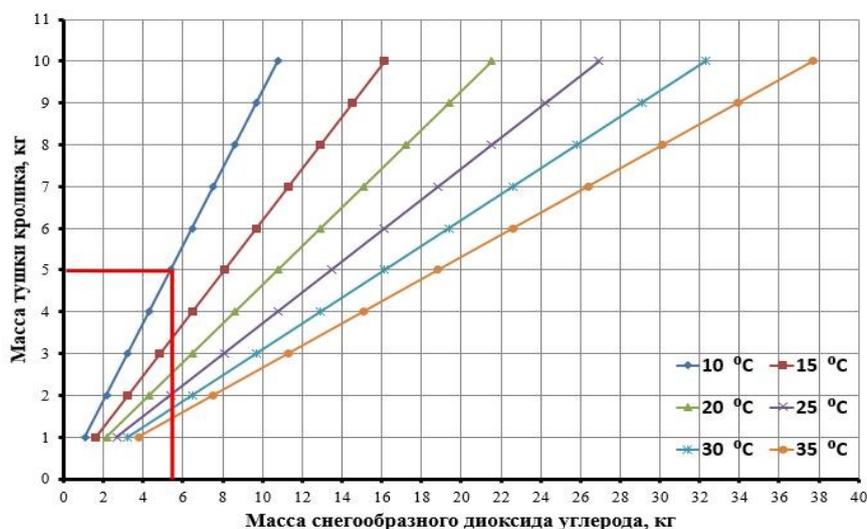
На данной номограмме по оси абсцисс расположена масса снегообразного диоксида углерода, (кг), на оси ординат – масса тушек кролика (кг). В рабочей области диаграммы находятся изотермы температур окружающей среды от 10 до 35°C.

Номограмма построена на основе полученных экспериментальных данных при температуре окружающей среды  $t_{о.с.}=25^{\circ}\text{C}$ , так как именно при данной температуре наблюдаются наиболее благоприятные температурные условия воздушно-газовой среды диоксида углерода для транспортировки крольчатины. В конце сублимации

углекислоты температура в толще мышц бедра у костей составила  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , при этом температура в толще мышц бедра в среднем сечении устанавливается в пределах  $-0,9^{\circ}\text{C}$ , а температура наружного слоя зафиксировалась на значении  $-1,3^{\circ}\text{C}$ . Эти данные говорят о том, что загруженная масса снегообразного диоксида углерода в количестве 3,5 кг является оптимальной для данной температуры окружающей среды. Время полной сублимации  $\text{CO}_2$  составило 660 мин. Начиная с 660-й мин. температура тушки начинает повышаться. При этом прогнозируемое время достижения верхней границы нормируемой температуры тушки кролика  $4^{\circ}\text{C}$  на наружном поверхностном слое достигло 1110 мин. (18,5 ч).

Требуемое количество снегообразного  $\text{CO}_2$  для охлаждения и транспортировки тушек кролика различной массы при различной температуре окружающей среды представлено в таблице 5.

В случае, если масса тушек кролика, которую необходимо охладить и транспортировать больше 10 кг, или температура окружающей среды отличается от температур, при которых были проведены экспериментальные исследования, требуемое количество снегообразного диоксида углерода можно рассчитать по разработанной программе. Интерфейс программы представлен на рисунке 3. Программа была составлена в среде разработки IDLE, так как данная утилита для программирования проста для понимания и пользуется большой популярностью во всем мире [9].



**Рис. 2. Номограмма для определения необходимого количества снегообразной углекислоты для термообработки тушек кролика в зависимости от их массы**

**Требуемое количество снегообразного CO<sub>2</sub> для охлаждения и транспортировки тушек кролика различной массы при различной температуре окружающей среды**

| Масса кролика, кг | Необходимая масса CO <sub>2</sub> при t <sub>oc</sub> , кг |       |       |       |       |       |
|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 10   | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    |
| 1                 | 1,08   | 1,62  | 2,15  | 2,69  | 3,23  | 3,77  |
| 2                 | 2,15   | 3,23  | 4,31  | 5,38  | 6,46  | 7,54  |
| 3                 | 3,23   | 4,85  | 6,46  | 8,08  | 9,69  | 11,31 |
| 4                 | 4,31   | 6,46  | 8,62  | 10,77 | 12,92 | 15,08 |
| 5                 | 5,38   | 8,08  | 10,77 | 13,46 | 16,15 | 18,85 |
| 6                 | 6,46   | 9,69  | 12,92 | 16,15 | 19,38 | 22,62 |
| 7                 | 7,54   | 11,31 | 15,08 | 18,85 | 22,62 | 26,38 |
| 8                 | 8,62   | 12,92 | 17,23 | 21,54 | 25,85 | 30,15 |
| 9                 | 9,69   | 14,54 | 19,38 | 24,23 | 29,08 | 33,92 |
| 10                | 10,77  | 16,15 | 21,54 | 26,92 | 32,31 | 37,69 |

REFRFREE

Файл Печать расчета Расчет заправки О программе

Заказчик: 000  
Инженер: 000  
Проект: 000

| Вводные параметры        | Значения |   |
|--------------------------|----------|---|
| t <sub>oc</sub> , °C     | 13       | - |
| m, кг                    | 17,8     | - |
| m CO <sub>2</sub> тр, кг | 24,9     | - |

Расчет

Расчет заправки  
Рекомендуемая оптимальная масса заправки системы: 0 кг

**Условные цветовые обозначения**

|  |  |
|--|--|
|  | Ячейки, значения которых вводятся вручную                  |
|  | Ячейки, значения которых расчет производится автоматически |

**Расшифровка**

- Температура окружающего воздуха, при которой осуществляется транспортировка
- Масса тушек кролика, которую необходимо транспортировать
- Необходимое количество снегообразного диоксида углерода

**Рис. 3. Интерфейс программы для определения необходимого количества снегообразного диоксида углерода в условиях транспортировки**

При этом максимальное время транспортировки, полученное по программе, составляет 18,5 ч как в случае с диаграммой, представленной на рисунке 2, что позволяет на производстве использовать как первый, так и второй вариант при определении количества снегообразного диоксида углерода.

### Заключение

При охлаждении тушек кролика диоксидом углерода происходит замедление процессов автолиза, тем самым снижаются физиологическая активность и ферментация после убоя. Также снижается размножение микроорганизмов в тушке, что увеличивает срок их хранения в неупакованном виде до пяти суток, а в упаковке

ванном – до шести, при этом CO<sub>2</sub> не влияет на органолептические показатели мяса во время всего срока хранения.

Предложенная номограмма и программа позволяют достаточно просто и точно определять необходимое количество снегообразного диоксида углерода для холодильной обработки тушек кролика различной массы в условиях транспортировки.

### Библиографический список

1. База данных «ФАОСТАТ». – Текст: электронный // Официальный сайт «Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединённых наций». – URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#home>.

2. Головкин, Н. А. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах: учебник / Н. А. Головкин, Г. В. Маслова, И. Р. Скоморовская. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 272 с. – Текст: непосредственный.

3. ГОСТ 27747-2016. Мясо кроликов (тушки кроликов, кроликов – бройлеров и их части). Технические условия. Введ. 2018-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 11 с. – Текст: непосредственный.

4. Neverov, E., Korotkiy, I., Rasshchepkin, A., Ibragimov, M., Grinyuk, A. (2021). The design of the device for the solid carbon dioxide production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 640. 072022. DOI: 10.1088/1755-1315/640/7/072022.

5. Neverov, E., Korotkiy, I., Korotkaya, E., Rasshchepkin, A. (2021). Studying the sublimation of carbon dioxide. *Periódico Tchê Química*. 18. 01-10. DOI: 10.52571/PTQ-v18-n73-pgi.01-2021.

6. Неверов, Е. Н. Применение диоксида углерода для охлаждения тушек кролика / Е. Н. Неверов, А. Н. Гринюк, Н. Г. Третьякова. – Текст: электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/129-22318>.

7. Патент 2723500 С1 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/74, В 65 D 88/74. Установка для транспортировки продуктов в среде диоксида углерода (2 варианта) / Неверов Е. Н., Шамов А. Г., Коротких П. С., Плотников И. Б.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «КемГУ». – № 2019115577; заявл. 21.05.2019; опубл. 11.06.2020. – Бюл. № 17. – Текст: непосредственный.

8. Исследование параметров процесса теплообмена при сублимации диоксида углерода / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, И. Б. Плотников [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6(159). – С. 215-222.

9. Шевченко, Л. Г. Программирование на PYTHON в среде IDLE: учебное пособие / Л. В. Шевченко, Л. Г. Дружинина. – Новосибирск, 2020. – 195 с. – Текст: непосредственный.

10. Применение диоксида углерода для холодильной обработки мяса с высоким содержанием белка / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, П. С. Коротких, А. Н. Гринюк. – Текст: непосредственный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 281-288.

11. Портал кролиководов. – URL: <http://krolikovod.com.ua>. (дата обращения: 25.09.2017). – Текст: электронный.

12. Владимиров, Н. И. Мясная продуктивность и некоторые интерьерные показатели молодняка кроликов новозеландской и калифорнийской пород / Н. И. Владимиров, Н. Ю. Владимирова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (173). – С. 131-134. – EDN HLWBDB.

13. Осадченко, И. М. Инновационная технология обработки мяса животных для его последующего хранения в охлажденном состоянии / И. М. Осадченко, Д. В. Николаев, Е. Ю. Злобина. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12(98). – С. 109-111. – EDN PTUFWN.

### References

1. Baza dannykh «FAOSTAT» [Elektronnyi resurs] // Ofitsialnyi sait «Prodovolstvennoi i selskokhoziaistvennoi organizatsii obieedinennykh natsii». URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#home>.

2. Golovkin, N.A. Konservirovanie produktov zhivotnogo proiskhozhdeniia pri subkrioskopicheskikh temperaturakh: uchebnik / N.A. Golovkin, G.V. Maslova, I.R. Skomorovskaia. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 272 s.

3. GOST 27747-2016. Miaso krolikov (tushki krolikov, krolikov-broilerov i ikh chasti). Tekhnicheskie usloviia. Vved. 2018-01-01. – Moskva: Izd-vo Standartinform, 2016. – 11 s.

4. Neverov, E., Korotkiy, I., Rasshchepkin, A., Ibragimov, M., Grinyuk, A. (2021). The design of the device for the solid carbon dioxide production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 640. 072022. DOI: 10.1088/1755-1315/640/7/072022.
5. Neverov, E., Korotkiy, I., Korotkaya, E., Rasshchepkin, A. (2021). Studying the sublimation of carbon dioxide. *Periódico Tchê Química*. 18. 01-10. DOI: 10.52571/PTQ-v18-n73-pgi.01-2021.
6. Neverov, E.N. Primenenie dioksida ugleroda dlia okhlazhdeniia tushek krolika / A.N. Griniuk, N.G. Tretiakova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*. – 2015. – No. 2. URL: <http://www.science-education.ru/129-22318>.
7. Pat. 2723500 C1 Rossiiskaia Federatsiia, MPK B 65 D 88/74, B 65 D 88/74. Ustanovka dlia transportirovki produktov v srede dioksida ugleroda (2 varianta) / Neverov E.N., Shamov A.G., Korotkikh P.S., Plotnikov I.B.; zaiavitel i patentoobladatel FGBOU VO «KemGU». – No. 2019115577; zaiavl. 21.05.2019; opubl. 11.06.2020. – Biul. No. 17.
8. Neverov, E.N. Issledovanie parametrov protsessa teploobmena pri sublimatsii dioksida ugleroda / E.N. Neverov, I.A. Korotkii, I.B. Plotnikov, P.S. Korotkikh, A.A. Kozhaev // *Vestnik KrasGAU*. – 2020. – No. 6 (159). – S. 215-222.
9. Shevchenko L.G. Programirovanie na PYTHON v srede IDLE / Shevchenko L.V., Druzhinina L.G. // *Uchebnoe posobie*. – Novosibirsk, 2020.
10. Neverov, E.N. Primenenie dioksida ugleroda dlia kholodilnoi obrabotki miasa s vysokim sodержaniem belka / E.N. Neverov, I.A. Korotkii, P.S. Korotkikh, A.N. Griniuk // *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. – 2020. – No. 3 (59). – S. 281-288.
11. Portal krolikovodov [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: URL: <http://krolikovod.com.ua>. (data obrashcheniia: 25.09.2017).
12. Vladimirov, N. I. Miasnaia produktivnost i nekotorye interernye pokazateli molodniaka krolikov novozelandskoi i kaliforniiskoi porod / N. I. Vladimirov, N. Iu. Vladimirova // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2019. – No. 3 (173). – S. 131-134. – EDN HLWBDB.
13. Osadchenko, I. M. Innovatsionnaia tekhnologiya obrabotki miasa zhivotnykh dlia ego posleduiushchego khraneniia v okhlazhdennom sostoianii / I. M. Osadchenko, D. V. Nikolaev, E. Iu. Zlobina // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2012. – No. 12 (98). – S. 109-111. – EDN PTUFWN.

