

# THE EFFECT OF CONVENTIONAL AND SHOCK FREEZING ON DRIP LOSS AND TEXTURAL PARAMETERS OF BEEF MEAT

## ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ИЛИ ШОКОВОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА ПОТЕРИ ПРИ РАЗМОРАЖИВАНИИ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОВЯДИНЫ

Kral M., Honzirkova K., Pospiech M., Tremlova B., Zdarsky M.

University of veterinary and pharmaceutical sciences, Brno, Czech Republic

**Ключевые слова:** замораживание, говядина, потери вследствие вытекания сока, жёсткость

**Keywords:** freezing, beef, drip loss, firmness

### Аннотация

Изучали влияние традиционного и шокового замораживания на потери сока при размораживании и жёсткость говядины. Образцы мяса были заморожены в традиционном морозильном аппарате при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в то время как температура образцов мяса, подвергнутых шоковому замораживанию, достигала  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Потери вследствие вытекания сока измеряли путём взвешивания образца мяса во время размораживания. Определение жёсткости проводили на анализаторе текстуры TA-XT Plus Texture Analyzer с устройством Володкевича для тестирования силы резания. Не было установлено различий в жёсткости и потерях вследствие вытекания сока при размораживании между традиционным и шоковым замораживанием, за исключением седьмого дня.

### Abstract

The effect of conventional and shock freezing on thaw drip loss and firmness of beef meat was studied. The meat samples was frozen in conventional freezer at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  and shock frozen meat samples reached  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperature. Drip loss was measured by weighing the meat sample during thawing. The firmness was performed with TA-XT Plus Texture Analyzer with the volodkevich bite jaws. The firmness score and thaw drip loss differences did not been recognized between conventional and shock freezing meat excluding 7th day.

### Введение

Замораживание является распространённой практикой в мясной промышленности для сохранения качества и безопасности мяса в течение продолжительного периода времени (Leygonie et al., 2012). Замораживание и размораживание (оттаивание) в основном оказывают влияние на водные фракции мяса. Так как вода содержится внутри и между мышечными волокнами мяса, то в тканях создаются компартменты, которые осложняют процесс. По мере замораживания воды концентрация оставшихся растворимых веществ (белки, углеводы, липиды, витамины и минеральные вещества) увеличивается, таким образом, нарушая гомеостаз сложной мясной системы (Lawrie, 1998). В литературе общепризнано, что нежность мяса увеличивается с замораживанием и размораживанием при измерении пикового усилия (Farouke et al., 2003, Lagerstedt et al., 2008). Учеными было установлено, что замораживание и размораживание мяса снижают его качество (Vieira, Diaz, Martínez, & García-Cachán, 2009) и вызывают повреждение ультраструктуры мышечных клеток, приводя к высвобождению митохондриальных и лизосомных ферментов, гемового железа и других прооксидантов. Что приводит к увеличению степени и скорости окисления белков (Xiong, 2000).

Размораживание обычно происходит намного медленнее по сравнению с замораживанием и вызывает химические и физические измерения и повреждения тканей (Li and Sun, 2002). Целью данной работы было изучение влияния традиционного и шокового замораживания на потери мясного сока при размораживании и жёсткость говядины.

### Introduction

Freezing is a common practice in the meat industry to preserves meat quality and safety for an extended time (Leygonie et al., 2012). Freezing and thawing mainly influence the water fraction of meat. Since the water is contained within and between the muscle fibres of the meat, compartments are created in the tissue, which complicates the process. As the water freezes, the concentration of the remaining solutes (proteins, carbohydrates, lipids, vitamins and minerals) increases, thereby disrupting the homeostasis of the complex meat system (Lawrie, 1998). There is general agreement in the literature that the tenderness of meat increases with freezing and thawing when measured with peak force (Farouke et al., 2003, Lagerstedt et al., 2008). Freezing and thawing of meat has been found to reduce its quality (Vieira, Diaz, Martínez, & García-Cachán, 2009) and cause damage to the ultrastructure of the muscle cells with the ensuing release of mitochondrial and lysosomal enzymes, haem iron and other pro-oxidants. These increase the degree and rate of protein oxidation (Xiong, 2000).

Thawing generally occurs much slowly than freezing and causes chemical and physical changes and tissue damage (Li and Sun, 2002). The aim of this work was to investigate the effects of conventional and shock freezing on thaw drip loss and firmness of beef meat.

## Материалы и методы

### Мясо

Говяжий филей с размерами 16×11×6 см нарезали вручную на 5 кубиков с размерами сторон 4,5 см. Каждый кубик был обернут в полиэтиленовую пленку для предотвращения обезвоживания поверхности во время замораживания.

### Традиционное замораживание

Образцы обрабатывали при одних и тех же условиях в морозильной камере (ARDO MPC 200) при температуре -18 °С. После замораживания образцы были сразу же направлены на хранение при -18 °С для наблюдения за эффектом хранения.

### Шоковое замораживание

Образцы мяса были положены на стеллаж в морозильной камере. Образцы мяса после размещения на стеллажах в морозильной камере замораживали при температуре -50 °С. Замораживание было прекращено, когда температура в центре образца мяса достигала -50 °С. После замораживания образцы были сразу же направлены на хранение при -18 °С для наблюдения за эффектом хранения.

### Потери сока при размораживании

Образцы мяса были помещены на решетку внутри стеклянной емкости на расстоянии 3 см от дна (20×20×10 см), закрытой прижимной крышкой. Стеклянная емкость затем была помещена в термостатически контролируемую камеру (SP 90 BVEHF) при 10 °С для выравнивания температуры, что было достигнуто в течение 15 ч. Потери сока измеряли путем взвешивания образца мяса во время размораживания. Потери сока были рассчитаны следующим образом:

$$\text{Потери сока} = \frac{w_0 - w_t}{w_0} \cdot 100$$

$w_0$  и  $w_t$  – это вес кубиков мяса в период времени 0 и период времени  $t$  во время размораживания

### Измерение жесткости

Измерение жесткости проводили на анализаторе текстуры TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro System, Surrey, Великобритания) с устройством Володкевича для тестирования силы резания. Параметры были выверены при скорости предварительного теста 8 мм/с, скорости теста 4 мм/с и скорости пост-теста 10 мм/с. Все образцы были нарезаны до 60% от их исходного размера. Зонд был ориентирован перпендикулярно мышечным волокнам и измерения проводили при комнатной температуре.

### Статистический анализ

Статистические анализы были проведены с использованием программы Unistat 6.1, (Unistat Ltd., 2012, Чешская Республика). Был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для определения значимых различий в потерях вследствие вытекания сока и жесткости между двумя различными методами замораживания.

## Materials and methods

### Meat

Pieces of beef loin about 16×11×6 cm were manually cut with a sharp knife in 5 cubes having a 4.5 cm edge. Each cube was wrapped in polyethylene film to avoid superficial dehydration during freezing.

### Conventional freezing

Samples were treated under the same conditions in a freezer (ARDO MPC 200). The temperature was -18 °C. After freezing samples were immediately stored at -18 °C for observed storage effect.

### Shock freezing

Meat samples were placed on a rack in a freezer. The temperature was fixed at -50 °C. Freezing was stopped when the temperature in the center of the meat samples reached -50 °C. After freezing samples were immediately stored at -18 °C for observed storage effect.

### Thaw drip loss

The meat samples were placed on a rack at 3 cm distance from the bottom of a glass vessel (20×20×10 cm) closed with a pressure lid. The glass vessel was then introduced in a thermostatically controlled chamber (SP 90 BVEHF) at 10 °C to allow thermal equilibrium, which was reached within 15 h. Drip loss was measured by weighing the meat sample during thawing. The drip loss was calculated as follows:

$$\text{Drip loss} = \frac{w_0 - w_t}{w_0} \cdot 100$$

$w_0$  and  $w_t$  are the weights of the meat cube at time 0 and time  $t$  during thawing

### Firmness measurement

The firmness was performed with TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro System, Surrey, UK) with the volodkevich bite jaws (HDP/VB) probe. The setting was adjusted at a pretest speed of 8 mm/s, a test speed of 4 mm/s and a posttest speed of 10 mm/s. All samples were cut to 60% of their original. The probe was oriented perpendicular to the muscle fibers, and measurements were made at ambient temperature.

### Statistical analysis

Statistical analyses were performed using the program Unistat 6.1, (Unistat Ltd., 2012, Czech Republic). Two-way analysis of variance (ANOVA) was performed to determine significant differences in thaw drip loss and firmness between two different freezing methods.

## Результаты и обсуждение

Говяжий филей был заморожен двумя различными методами, потери сока и жесткость определяли в течение четырех фаз.

Потери сока в целом считаются связанными со скоростью замораживания (Añón and Calvelo 1980) и глубиной повреждения мышечной структуры в процессе замораживания (Kondratowicz et al., 2006). Средние значения потерь тестированных замороженных образцов, вследствие вытекания сока и жесткости, представлены в табл. 1.

**Table 1 Thaw drip loss and Firmness previously frozen under different conditions and phase**

Табл. 1 Потери сока и жесткость образцов, предварительно замороженных при разных условиях и фазах\*

Freeze phase (days)   Фаза замораживания (дни)	Thaw drip loss (%)   Потери сока при размораживании (%)		Firmness (N)   Жесткость (N)	
	Sh. freezing   шоковое замораживание	Co. freezing   традиционное замораживание	Sh. freezing   шоковое замораживание	Co. freezing   традиционное замораживание
0	13,291±2,37	12,876±1,03	13,21±2,80	15,325±0,71
7	11,651±0,50	15,079±3,20	7,56±0,82	10,010±1,91
30	12,534±0,04	9,836±1,65	9,65±1,99	12,883±2,66
90	12,032±2,50	9,474±0,30	9,67±1,64	7,950±3,48

\*Means in same row with same letter were significantly different ( $p < 0.05$ ).

Sh. freezing – shock freezing, Co. freezing – conventional freezing

\*Средние значения в одном и том же ряду с одними и теми же буквенными обозначениями различаются достоверно ( $p < 0,05$ ).

Шоковое замораживание мяса приводило к более высокому проценту потерь вследствие вытекания сока на 0, 30 и 90 дни по сравнению с традиционно замороженным мясом. С другой стороны, на 7 день этот процент был достоверно выше ( $p < 0,05$ ) в традиционно замороженном мясе.

Añón and Calvelo (1980) установили, что в говядине, замороженной при характерном времени замораживания 17 мин., потери вследствие вытекания сока были наиболее высокими, после чего они снижались до достижения ровного плато. Наивысшая скорость замораживания была на поверхности, однако скорость замораживания была меньше предельных 17 минут. Можно сделать вывод что весь образец мяса (мышца) терял одинаковое количество жидкости при каждом интервале изменений температуры и, таким образом, не оказывал влияние на потерю влаги. Lambert et al., (2001) отметили, что величина потерь вследствие вытекания сока при размораживании отражает высвобождение внутриклеточных компонентов, когда кристаллы льда разрывают мембрану волокон. Когда вода вытекает из мяса во время размораживания, то мышечные волокна содержат меньшее количество воды; таким образом, увеличивается жесткость мяса в результате сокращения волокон, в свою очередь, увеличивается плотность волокон на площадь поверхности, приводя к увеличиваю усилия, необходимую для разрезания волокон (McMillin, 2008).

Bhattacharya et al., (1988a) сообщили, что морозильное хранение оказывало неблагоприятное влияние на усилие среза в говяжьих котлетах при увеличении времени хранения. Оценка жесткости в нашем эксперименте для традиционно замороженного мяса был выше по сравнению с мясом, подвергнутому шоковому замораживанию, на 0, 7 и 30 дни, но значимое различие наблюдали только на 7 день измерения. На 90 день жесткость для традиционно замороженного мяса была ниже по сравнению с мясом, подвергнутому шоковому замораживанию.

## Results and discussion

Beef loin was frozen by two different methods and the thaw drip loss and firmness was determined during four phases.

Thaw loss is generally considered to be related to freezing rate (Añón and Calvelo 1980) and a measure of damage to the muscle structure by the freezing process (Kondratowicz et al., 2006). The mean values of frozen samples tested for thaw drip loss and firmness are depicted in Table 1.

Shock frozen meat had a higher percentage of thaw drip loss on 0, 30th and 90th day compared with conventional frozen meat. On the other side on 7th day of freezing was significant higher ( $p < 0.05$ ) percentage observed in conventional frozen meat.

Añón and Calvelo (1980) found that in beef frozen at a characteristic freezing time of 17 min, the drip loss was at its greatest, after which it decreased to reach a linear plateau. In this investigation, the fastest freezing section (surface) was already slower than the 17 min barrier therefore it can be deduced that the entire meat sample (muscle) lost the same amount of fluid at each rate interval in the temperature gradient that formed in the muscle during freezing and thus did not influence the moisture loss. Lambert et al., (2001) noted that the amount of thaw drip loss reflects the release of intracellular components when ice crystals rupture the fiber membrane.

As water leaches out of the meat during thawing the muscles fibres become less hydrated, the meat thus increases in toughness due the shrinkage of the fibres, which in turn increases the density of fibres per surface area increasing the force necessary to shear through the fibres (McMillin, 2008). Bhattacharya et al., (1988a) reported that frozen storage adversely affected shear strength of beef patties, which increased with storage time. The firmness score in our experiment of the conventional frozen meat was higher than shock frozen meat on 0, 7th and 30th day, but significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed only on 7th day of measurement. On 90th day was firmness score in conventional frozen meat lower than shock frozen meat. The other authors have reported that frozen storage had no effect on the texture of restructured beef steak (Esguerra, 1994).



Другие авторы сообщали, что морозильное хранение не оказывало влияние на текстуру реструктурированного говяжьего стейка (Esguerra, 1994).

### Выводы

Не были установлены различия в жесткости и потерях сока при размораживании в мясе, подвергнутом традиционному и шоковому замораживанию (оттаиванию), за исключением 7 дня. В соответствии с этими результатами традиционное замораживание может быть использовано как альтернатива специализированному замораживанию. Традиционное замораживание может быть использовано без риска снижения качества приготовления мяса в домашних условиях.

### Conclusion

The firmness score and thaw drip loss differences did not been recognized between conventional and shock freezing meat excluding 7th day. According to these results conventional freezing can be used as alternative for specialized freezing. Conventional freezing can be used without the decrease of quality in home meat production.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Leygonie, C., T.J. Britz, and L. C. Hoffman. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat. *Meat Sci.* 91:93–98. (Review)
2. Li, B., and D.-W. Sun. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods—A review. *J. Food Eng.* 54:175–182
3. M.M. Farouke, K.J. Wieliczko, I. Merts. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Science*, 66 (2003), pp. 171–179
4. A. Lagerstedt, L. Enfalt, L. Johansson, K. Lundstrom. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi* *Meat Science*, 80 (2008), pp. 457–461
5. C. Vieira, M.Y. Diaz, B. Martinez, M.D. Garcia-Cachán. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbial and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of aging. *Meat Science*, 83 (2009), pp. 398–404
6. R.A. Lawrie. Anonymous (Ed.), *Lawrie's meat science* (6th ed.), Technomic Publishing Inc., Lancaster, PA (1998), pp. 1–336
7. Xiong, Y.L. (2000). Protein oxidation and implications for muscle food quality. In: *Antioxidants in muscle foods* (edited by E. Decker & C. Faustman). pp. 3–23, 85–111, 113–127. Chichester: John Wiley & Sons.
8. M.C. Añón, A. Calvelo. Freezing rate effects on the drip loss of frozen beef. *Meat Science*, 4 (1980), pp. 1–14
9. K.W. McMillin. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80 (2008), pp. 43–65
10. Kondratowicz J, Chwastowska I, Matuszewicz P. 2006. Sensory quality of pork and total microbial count depending on deep-freeze storage time and thawing method. *Vet Zootech* 33(55):43–6.
11. Lambert IH, Nielsen JH, Andersen HJ, Ørtenblad N. 2001. Cellular model for induction of drip loss in meat. *J of Agri Food Chem* 49(10):4876–83.
12. M. Bhattacharya, M.A. Hanna, R.W. Mandigo. Effect of frozen storage conditions on yields, shear strength and color of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 53 (3) (1988), pp. 696–700
13. Esguerra, C. M. (1994). Quality of cold-set restructured beef steak: effects of various binders, marination and frozen storage. *Meat Industry Research Institute of New Zealand. Publication MIRINZ 945.*

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

#### Принадлежность к организации

**Крал, М.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2702, martinxkral@gmail.com

**Хонзиркова К.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2704, katerina.honzirkova@seznam.cz

**Поспич М.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2704, mpospiech@vfu.cz

**Тремлова Б.**, Кафедра гигиены и технологии растительных пищевых продуктов, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2700, tremlovab@vfu.cz

**Здарский М.**, Кафедра гастрономии, Факультет ветеринарной гигиены и экологии, Университет ветеринарных и фармацевтических наук Брно Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic. Tel. +420 54156 2618, michal.zdarsky@email.cz

#### Критерии авторства

Ответственность за работу и предоставленные сведения несут все авторы. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе. Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат  
**Маргин Крал** коррективировал рукопись до подачи в редакцию

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 16.12.2015

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

#### Affiliation

**Ing. Kral M.** PhD. Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Ph.: +420 54156 2702, martinxkral@gmail.com

**Bc. Honzirkova K.**, Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Ph.: +420 54156 2704, katerina.honzirkova@seznam.cz

**MVDr. Pospiech M.** Ph.D., Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic, Tel. +420 54156 2704, mpospiech@vfu.cz

**Doc. MVDr. Tremlova B.** Ph.D., Department of Hygiene and Technology of Vegetable Foodstuffs, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic, Ph.: +420 54156 2700, tremlovab@vfu.cz

**Mgr. Zdarsky M.** Ph.D, Department of Gastronomy, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno Palackého tř. 1946/1; 612 42 Brno, Czech Republic. Ph.: +420 54156 2618, michal.zdarsky@email.cz

#### Contribution

All authors are responsible for the work and given information.

All authors were equally involved in this work.

Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism

**Martin Kral** adjusted the manuscript prior to submission to the Editor

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 16.12.2015