



鲜肉冰点及与主要理化指标的相关性

荆红彭¹, 刘敬斌², 黄汝敏¹, 赵菲¹, 关文强^{1,*}

(1.天津市食品生物技术重点实验室, 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134;

2.临沂新程金锣肉制品集团有限公司, 山东 临沂 276036)

摘要: 采用冻结法和差示扫描量热仪测定牛、羊、鸡不同部位的冰点温度, 并对其水分含量、密度、蛋白质、脂肪等指标进行测定, 确定鲜肉的冰点与其主要成分的相关性, 建立肉的冰点与主要成分的线性相关方程。结果表明: 牛和羊各部位肉冰点温度均在 $-1.4\sim-1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 鸡各部位肉冰点温度在 $-1.1\sim-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 其中牛肉冰点温度最高的部位为牛里脊($-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$)。鲜肉的冰点温度与水分含量呈极显著正相关, 而与脂肪的含量呈极显著负相关。较高的脂肪和蛋白质含量, 尤其是当脂肪含量较高时, 鲜肉具有较低冰点。因此根据鲜肉冰点与其主要成分的线性相关方程, 可以在测定脂肪及水分含量的基础上预测鲜肉的冰点温度。

关键词: 鲜肉; 冰点; 理化指标; 相关性分析

Correlation Analysis of Freezing Points and Main Physicochemical Indexes of Fresh Meats

JING Hong-peng¹, LIU Jing-bin², HUANG Ru-min¹, ZHAO Fei¹, GUAN Wen-qiang^{1,*}

(1.Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biochemistry and Food Technology, Tianjin University of Commerce,

Tianjin 300134, China; 2.Linyi Xincheng Jinluo Meat Products Co. Ltd., Linyi 276036, China)

Abstract: The freezing points of beef, mutton and chicken from different body parts (foreleg, tenderloin, sinew and rump) were measured by freezing method using a differential scanning calorimeter (DSC) and the content of water, protein and fat, and other indicators were investigated. Based on the data obtained, the linear correlations between freezing point and major components were established for the meats. The results showed that the freezing points of beef and mutton from various body parts ranged from -1.4 to $-1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the freezing points of chicken from various body parts ranged from -1.1 to $-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Moreover, the freezing point of beef tenderloin was the highest ($-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$) among three parts. Comprehensive analysis showed that the freezing point temperature of fresh meats had a significantly positive correlation with the water content but a significantly negative correlation with the fat content. Meats with high fat and protein content, especially when the fat content was high, had a low freezing point temperature. Therefore, the freezing point temperature of fresh meats could be predicted from the corresponding linear regression equation based on the fat and water content.

Key words: fresh meat; freezing point; physical and chemical indexes; correlative analysis

中图分类号: TS201.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2014) 08-0001-04

鲜肉富含蛋白质、脂肪和水分, 流通中极易腐败, 通过低温环境可以有效控制肉的腐败变质, 是鲜肉有效保鲜的最重要手段。 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下冰点以上的冰温贮藏可以最大限度地保持鲜肉原有的品质, 延长流通中的保鲜时间, 是近年来研究较多的鲜肉保鲜方法^[1-4]。贮藏温度过高易于腐败, 温度过低易发生冻结, 因此冰温贮藏的关键是确定贮藏鲜肉的冰点, 而冰点的高低受肉的脂肪、蛋白质和水分含量等因素的影响。不同种类和品种的动物不同部位肉的组成成分差异较大, 冰点也各不相同^[5-7]。通过测定不同部位鲜肉的冰点、蛋白质、脂肪、水分含量等

指标, 确定冰点与这些成分的相关性, 可以通过成分预测鲜肉的冰点, 为选择鲜肉的最佳贮藏温度提供参考^[8-10]。关于冰点与产品成分的相关性研究多集中于果蔬产品, 钟志友等^[1]研究了果蔬冰点与其生理生化指标的关系, 闫瑞香等^[5]进行了蒜薹冰点温度、可溶性固形物含量与水分含量相关性的研究, 张璇等^[11]研究了不同品种黄桃的冰点温度及其影响因素, 闫根柱等^[12]研究了梨在冰点的贮藏问题。然而, 由于鲜肉的傳統贮藏保鲜方法是低温冷冻和冷鲜肉的 $0\sim4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保鲜, 与鲜肉冰点相关的冰温保鲜研究也是近年来才逐渐开始, 因此, 关于冰点温度和蛋

收稿日期: 2014-06-02

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303083)

作者简介: 荆红彭(1992—), 男, 硕士研究生, 主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail: jinghongpeng@163.com

*通信作者: 关文强(1974—), 男, 教授, 博士, 主要从事生鲜食品保鲜与食品安全控制技术研究。E-mail: gwq18@163.com



白质、脂肪、密度、水分含量之间的相关性分析报道较少。本实验系统研究牛、羊、鸡鲜肉不同部位的冰点, 确定鲜肉冰点与蛋白质、脂肪等成分指标的关系, 为通过简单指标脂肪和水分含量等预测冰点及鲜肉的冰温保鲜提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

生鲜牛前腿肉、里脊肉、腱子肉、后臀肉购于天津市西北角南大寺马记牛羊肉店, 年龄3岁的鲁西黄牛, 体质量约210 kg; 生鲜羊前腿肉、里脊肉、腱子肉、后臀肉购于天津市西北角南大寺小韩羊肉店, 2岁大尾寒羊, 体质量约80 kg; 鸡胸肉、鸡腿肉购于天津市武清区养鸡场, 饲养3个月肉鸡, 体质量2.5 kg。

将上述屠宰后的生鲜肉当日及时运输放入天津商业大学0℃冰温库中, 排酸24 h。将排酸后的生鲜肉从冰温库中取出, 进行指标测定, 每次指标测定时取3个样品, 实验重复3次。

1.2 仪器与设备

DSC-Q1000热流型差式扫描量热仪 美国TA仪器公司; EL204万分之一天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; L93-4温度记录仪 杭州路格科技有限公司; BCD-206YH冰箱 青岛海尔股份有限公司; SXT-06索氏抽提器 上海洪纪仪器设备有限公司; UDK159全自动凯氏定氮仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司。

1.3 方法

1.3.1 冰点的测定

1.3.1.1 差示扫描量热(differential scanning calorimetry, DSC)法

牛肉冰点的测量采用DSC法, 此法根据温度变化与输入焓值之间的关系判断冰点。在程序控制温度下, 测量输出试样和参比物的功率差与温度的关系, 根据曲线得出冰点^[13]。

用万分之一天平准确称量无肉眼可见脂肪的鲜肉5~12 mg, 立即转入DSC坩埚进行测量, 测量过程中, 温度控制程序如下: 样品温度以5℃/min的速率降至-30℃, 保持5 min, 再以5℃/min的速率升温至20℃; 降温曲线的峰起始温度为冻结温度, 升温曲线的峰值相变温度为熔融点温度^[14-16], 本研究采用熔融点温度作为冰点温度。

1.3.1.2 冻结法

取无肉眼明显可见脂肪的肉块约30 g, 将温度记录仪刺入式探头插到鲜肉中间部位, 放入冰箱冷冻室, 开启温度记录仪记录鲜肉温度变化, 读数精度0.1℃, 2 s记

录1次数据, 得出鲜肉温度随时间变化曲线。

低温条件下鲜肉温度随时间变化的关系曲线中, 曲线平缓处所对应的温度即为该鲜肉的冰点温度。

1.3.2 脂肪含量测定

参考GB/T5009.6—2003《食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法。采用索氏抽提器进行脂肪的测定, 将鲜肉用刀切碎, 称取2.5 g碎肉, 移入滤纸筒中, 然后将滤纸筒放入脂肪抽提器内, 连接已干燥至恒质量的接收瓶, 由冷凝管上端加入无水乙醚至瓶内体积的2/3处, 于水浴上加热, 使乙醚不断回流提取(6~8次/h), 抽提8 h。

1.3.3 蛋白质含量测定

参考GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法。将鲜肉切碎后充分混匀, 取0.3 g放入消化管中, 加入10 mL浓硫酸和一片消化片, 消化3 h, 消化结束后, 采用全自动凯氏定氮仪进行检测。

1.3.4 水分含量测定

参考GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》中的直接干燥法。

1.3.5 密度的测定

采用排水法进行密度的测定。称取无肉眼明显可见脂肪的鲜肉约30 g, 将其放入装有一定体积水的50 mL量筒(精度为0.1 mL)中, 量筒中水的量足以淹没鲜肉。以上各指标分别取3个样品进行3次重复测定, 取其平均值。

1.4 统计分析

采用Excel 2003和SPSS软件系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 鲜肉冰点及相关理化参数

冻结法是测定食品冰点的常规方法, DSC则主要通过测定相变过程中测试样与参照物之间的热流差来对相变温度进行确定。通过DSC法和冻结法对于不同鲜肉冰点测量后发现, 两种方法所测得的冰点整体趋势是一致的, 但DSC方法所测得的冰点整体上偏低, 这与钟志友等^[1]的研究结果一致, 这可能是DSC方法的取样量(5~12 mg)较少以及测定的原理不同所致, 难以作为实践应用的参考, 故本研究在参考DSC方法所测得的冰点的基础上, 主要采用了冻结法所测得的冰点数据进行分析。牛、羊、鸡不同部位共10种样品的冰点、脂肪、蛋白质、水分含量等指标测定结果如表1所示。不同肉之间的蛋白质含量、脂肪含量、水分含量差别较大, 即使同一种肉不同部位之间冰点及各成分含量也存在较大差异。鲜肉的冰点温度大致分布在-1.7~-1.0℃之间, 脂肪含量1.1%~19%, 蛋白质含量16.52%~24.43%, 水分含量58.3%~75.74%。鲜肉的密度1.02~1.08 g/mL, 稍微高于水的密度, 不同肉的密度差异较小。鸡腿的冰

点温度最高，为-1.1℃，其对应的水分含量也最高，为75.74%，其脂肪含量也相对较低为3.2%，蛋白质含量则为22.49%。冰点温度最低的是牛后臀，冰点为-1.7℃，其中牛后臀的水分含量也最低，为58.3%，而其脂肪含量最高，为19%，蛋白质含量为20.95%，其他几种肉的各项指标则居于中间。牛里脊和牛里脊的冰点温度在4个部位中是最高的为-1.4℃，其对应的脂肪含量分别为3.1%和6.4%，是4个部位中最低的，二者蛋白质含量居于中间，分别为22.69%和20.45%，但其水分含量是最高的，分别为73.778%和73.331%。在实际鲜肉贮藏保鲜过程中，应该以较高冰点温度的部位为温度设定和管理依据，以预防鲜肉贮藏流通过程中冷冻现象的发生。

表1 不同部位鲜肉冰点及相关理化参数 ($\bar{x} \pm s, n=3$)
Table 1 Freezing points and physicochemical parameters of different meats ($\bar{x} \pm s, n=3$)

名称	冻结法所得冰点/℃	脂肪含量/%	蛋白质含量/%	密度/(g/mL)	水分含量/%
牛前腿	-1.60±0.10 ^a	17.72±3.21 ^d	19.26±4.63 ^{ab}	1.04±0.01 ^a	59.03±6.73 ^z
牛里脊	-1.40±0.17 ^{ab}	6.45±0.80 ^{ac}	20.45±1.32 ^{ab}	1.04±0.01 ^a	73.33±2.83 ^b
牛腱子	-1.40±0.17 ^{ab}	3.13±0.23 ^a	22.69±0.89 ^b	1.03±0.08 ^a	73.78±1.58 ^b
牛后臀	-1.70±0.03 ^a	19.04±3.62 ^d	20.95±3.80 ^{ab}	1.07±0.02 ^a	58.30±4.28 ^z
羊前腿	-1.40±0.10 ^{ab}	9.66±1.67 ^{bc}	16.52±5.63 ^a	1.04±0.02 ^a	73.51±2.40 ^b
羊里脊	-1.40±0.25 ^{ab}	5.57±2.52 ^{ab}	22.35±1.76 ^b	1.08±0.14 ^a	63.34±1.33 ^c
羊腱子	-1.40±0.36 ^{ab}	2.52±1.40 ^a	22.21±3.08 ^b	1.04±0.03 ^a	73.16±2.38 ^b
羊后臀	-1.70±0.27 ^a	11.13±1.39 ^c	20.21±1.35 ^{ab}	1.03±0.02 ^a	58.98±4.14 ^z
鸡胸	-1.40±0.36 ^{ab}	1.16±0.10 ^a	24.43±1.01 ^b	1.05±0.31 ^a	72.97±1.19 ^b
鸡腿	-1.10±0.25 ^a	3.20±0.40 ^a	22.49±0.55 ^b	1.02±0.10 ^a	75.74±0.68 ^b

注：同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 鲜肉冰点与脂肪含量的相关性

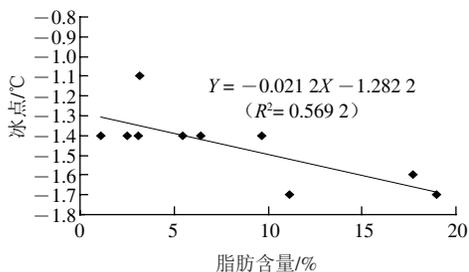


图1 冰点温度与脂肪含量的相关性
Fig.1 Correlation between freezing point and fat content in meat

由图1可知，随着脂肪含量的增大，冰点温度呈下降的趋势，这可能是由于鲜肉中脂肪含量越高，导致鲜肉组织间自由水就越少，组织结冰也就越困难，从而导致冰点温度降低^[1]。对冰点温度与脂肪含量进行线性回归分析，得出两者之间的线性回归方程为： $Y = -0.021 2X - 1.282 2$ ，其相关系数 $R^2 = 0.569 2$ ，经 $\alpha = 0.05$ 的 F 检验结果可知 $F > F_{0.05}$ ，所以回归方程具有显著性。因此，根据回归方程，通过测定鲜肉中脂肪的含量，可预测出其大致冰点温度。

2.3 鲜肉冰点与蛋白质含量的相关性

肉类中蛋白质含量较高，其所含动物蛋白所含氨基

酸的种类和比例较符合人体需要，所以肉中蛋白质含量是反应肉类营养价值高低的重要指标之一。蛋白质含量与冰点的相关性分析见图2。

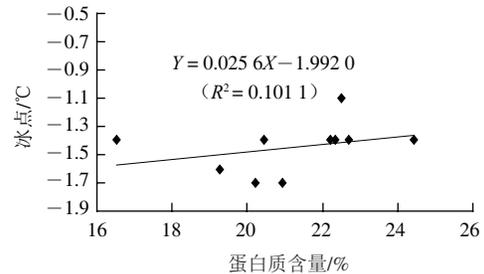


图2 冰点温度与蛋白质含量的相关性
Fig.2 Correlation between freezing point and protein content in meat

由图2可知，随着蛋白质含量的升高，冰点温度并没有呈现显著上升或下降的趋势，这可能跟蛋白质卷曲、折叠的网状空间结构有关。对冰点温度和蛋白质含量进行线性回归分析，得出两者之间的线性回归方程为 $Y = 0.025 6X - 1.992 0$ ，相关系数 $R^2 = 0.101 1$ ，经 F 检验结果为 $F < F_{0.05}$ ，回归方程不具有显著性。

2.4 鲜肉冰点与水分含量的相关性

水分是肉中的主要成分之一，同时也是影响肉贮藏保鲜过程中，货架期长短的主要因素。水分含量与冰点的相关性关系见图3。

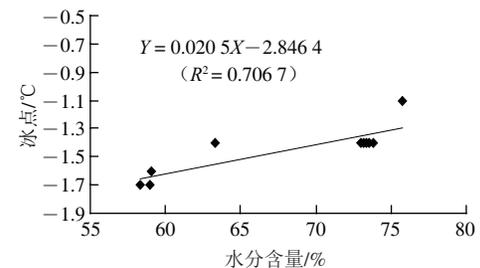


图3 冰点温度与水分含量的相关性
Fig.3 Correlation between freezing point and water content in meat

由图3可知，鲜肉冰点的温度随着水分含量的增高而升高，这是因为水的冰点为0℃，水分含量越高，则肉组织越容易结冰，因而冰点温度升高^[14-15]。贮藏前的肉品如果水分含量过高，或贮藏环境湿度较大，都不利于肉的长期保质贮藏，因此动物在宰杀前，应对其禁食^[16]。经线性回归分析可得，鲜肉冰点温度与水分含量之间的线性回归方程为 $Y = 0.020 5X - 2.846 4$ ，相关系数 $R^2 = 0.706 7$ ，经 $\alpha = 0.01$ 的 F 检验可知 $F > F_{0.01}$ ，因此冰点温度与水分含量之间呈极显著正相关。因而，通过测量鲜肉的水分含量，并根据回归方程可以预测某种鲜肉的冰点。

2.5 鲜肉冰点与密度的相关性

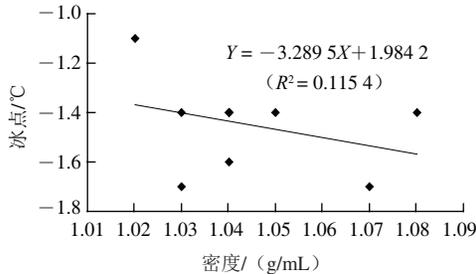


图4 冰点温度与密度的相关性

Fig.4 Correlation between freezing point and density of meat

通过测定结果可知,不同肉密度之间差异较小,基本上都接近水的密度。由图4可知,鲜肉的冰点温度没有随密度的变化而呈现明显上升或下降趋势,经线性回归分析可得,鲜肉冰点温度与密度之间的线性回归方程为 $Y = -3.2895X + 1.9842$,其相关系数 $R^2 = 0.1154$,经 $\alpha = 0.05$ 的 F 检验结果可得 $F < F_{0.05}$,所以冰点温度与密度之间不具有显著性。

3 结论

DSC法和冻结法所测得的冰点大小趋势一致,但DSC方法所测得的冰点整体偏低。牛、羊和鸡鲜肉的冰点温度大致分布在 $-1.7 \sim -1.1$ °C,其中牛肉和羊肉冰点分布在 $-1.4 \sim -1.7$ °C,鸡肉的冰点温度在 $-1.1 \sim -1.4$ °C。鲜肉的冰点温度与水分含量呈极显著正相关,

与脂肪的含量呈显著负相关。较高的脂肪、蛋白质含量,尤其是脂肪含量较高时,牛肉具有较低的冰点。根据冰点与主要成分的线性相关方程,可以在测定脂肪及水分含量的基础上预测鲜肉的冰点温度。

参考文献:

- [1] 钟志友,张敏,杨乐,等. 果蔬冰点与其生理生化指标关系的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(2): 76-78.
- [2] HOO A F, MCLELLAN M R. The contributing effect of apple pectin on the freezing point depression of apple juice concentrates[J]. Journal of Food Science, 1987, 52(2): 372-374.
- [3] CHEN C S. Relationship between water activity and freezing point depression of food systems[J]. Food Science, 1987, 52(2): 433-435.
- [4] CHENC S, NGUYEN T K, BRADDOCK R J. Relationship between freezing point depression and composition of fruit juice systems[J]. Food Science, 1990, 55(2): 566-569.
- [5] 阎瑞香,贾凝,宋茂树,等. 蒜薹冰点温度,可溶性固形物含量与水分含量相关性的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 554-557.
- [6] 乔勇进,孙蕾,吴兴梅,等. 不同成熟度沾化冬枣冰点测定及适宜贮藏温度的研究[J]. 经济林研究, 2005, 23(1): 10-12.
- [7] 王颖,李里特,丹阳,等. 果品蔬菜冰点可溶性固形物含量关系的研究[J]. 制冷学报, 2005, 26(1): 14-18.
- [8] 申春苗,汪良驹,王文辉,等. 12个梨品种果实冰点温度的测定与影响因素分析[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(1): 35-40.
- [9] 任杰,张素丽,冷平,等. 不同处理对甜樱桃近生物冰点贮藏效果研究[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(2): 75-80.
- [10] 刘斌,申江,王素英,等. 猕猴桃及香梨冰温贮藏实验研究[J]. 制冷学报, 2008, 29(2): 50-53.
- [11] 张璇,孙娅,王毓宁,等. 不同品种黄桃的冰点温度及其影响因素分析[J]. 食品科学技术学报, 2013, 31(4): 37-41.
- [12] 闫根柱,王春生,赵迎丽,等. 梨近冰温贮藏试验[J]. 中国果树, 2011(4): 16-19.
- [13] 申江,刘斌,李林. 冰温贮藏保鲜关键技术[C]//第3届中国食品冷链新设备新技术论坛论文集. 北京:中国制冷空调工业协会, 2007.
- [14] 冯会利,李巧莲,吴习宇. 冰温结合气调贮藏对新鲜牛肉的保鲜研究[J]. 包装工程, 2013, 34(15): 53-58.
- [15] 李来好,彭城宇,岑剑伟,等. 冰温气调贮藏对罗非鱼片品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 439-443.
- [16] BRO R, JAKOBSEN M. Exploring complex interactions in designed data using GEMANOVA. Color changes in fresh beef during storage[J]. Journal of Chemometrics, 2002, 16(6): 294-304.

《中国食物与营养》2015年征稿征订启事

中国科技核心期刊 中国农业核心期刊

《中国食物与营养》创办于1995年,是食物与营养领域相结合的综合性月刊,国内外公开发行。

办刊宗旨:立足于农业、食物、营养领域的结合,报道国家在食物与营养相关领域的方针、政策、法规、标准等;刊登食物生产、食物消费、食品工业、食物营养等方面的发展动态和科技成果;普及宣传营养保健、膳食指南等方面的知识等。

本刊主要栏目有:专题论坛、食品安全、资源与生产、食品工业、消费与流通、新技术新产品、营养与保健、膳食营养调查等。

欢迎大家踊跃投稿和订阅《中国食物与营养》杂志。

《中国食物与营养》杂志由北京报刊发行局发行,邮发代号为82-597。本刊为月刊,每期定价15元,全年180元。也可直接汇款到编辑部订阅(免费邮寄)。

地址:北京市海淀区中关村南大街12号《中国食物与营养》编辑部

电话:(010) 82109761

传真:(010) 82106285

邮编:100081

网址:<http://aai.caas.cn/xzqk/zgswyyy/index.htm>

E-mail: foodandn@263.net