

牛肉低温储藏期间质构参数分析及新鲜度指标的确定

徐亚丹^{1,2}, 代 丽¹

(1. 浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018; 2. 杭州职业技术学院青年汽车学院, 杭州 310018)

摘要: 为了寻求低温储藏期间牛肉新鲜度的快速检测指标, 将牛肉置于 5℃冷鲜密封储藏和-5℃冷冻密封储藏 2 种条件下, 用挥发性盐基氮检测 (total volatile basic nitrogen, TVB-N)、恒温干燥法与质构多面分析方法 (texture profile analysis, TPA) 对牛肉样品 (储藏时间 0、3、6、9、12、15 d) 进行检测。发现-5℃冷冻条件下储藏的牛肉比 5℃冷藏条件下储藏的牛肉保鲜时间更长, 且随着储藏时间的增加 2 种储藏条件下牛肉的含水率都降低。得到 0~15 d 内 5℃冷鲜密封储藏和-5℃冷冻密封储藏牛肉质地参数 (硬度 1、硬度 2、回复性) 的变化规律。用二因素方差分析得知储藏时间、储藏温度对回复性均有显著影响 ($P<0.05$), 用相关性分析得知硬度 1、硬度 2、回复性与新鲜度指标显著相关 ($P<0.05$)。选取 2℃条件下冷鲜密封储藏牛肉进行试验验证, 测定挥发性盐基氮与回复性, 对试验数据进行统计分析并线性拟合, 挥发性盐基氮与回复性两者的线性函数关系具有较好拟合优度 ($R^2=0.85311$), 挥发性盐基氮值与回复性呈显著相关 ($P<0.05$)。因此回复性可作为牛肉低温储藏期间新鲜度的检测指标。研究结果可为生产储运过程与日常生活中牛肉保鲜和保持质地口感提供依据。

关键词: 储藏; 质构; 温度; 牛肉; 新鲜度

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.038

中图分类号: TS251.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2016)-12-0267-06

徐亚丹, 代 丽. 牛肉低温储藏期间质构参数分析及新鲜度指标的确定[J]. 农业工程学报, 2016, 32(12): 267-272.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.038 <http://www.tcsae.org>

Xu Yadan, Dai Li. Analysis of texture parameters and determination of freshness index of beef in low temperature storage[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(12): 267-272. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.038 <http://www.tcsae.org>

0 引言

牛肉是西方人喜爱的肉食品, 近几年来由于其高蛋白、低脂肪和低胆固醇的特点, 越来越被国人所接受^[1]。牛肉在储藏过程中, 由于自身酶、外界环境及微生物等诸多因素的作用, 会氧化分解甚至腐败变质^[2]。因此牛肉新鲜度检测是急需解决的问题。感官评定易受评价员主观想法与环境的影响^[3], 化学评定具有破坏性且步骤繁琐^[4]。因此有必要寻求一种快速检测方法对牛肉储运过程中的新鲜度进行监测。近年来国内外学者对肉类新鲜度的快速检测进行了研究: 如 Musatov 等用电子鼻检测并评价肉品的新鲜度^[5]; 姜沛宏等利用机器视觉技术对肉类新鲜度进行分级^[6]; 赵家松等基于近红外检测技术, 设计了猪肉新鲜度检测仪, 并对猪肉的新鲜度进行检测^[7]。以上方法存在数据处理复杂、设备费用高、分析精度低的问题。近年来国内外学者用质构多面分析方法 (texture profile analysis, TPA) ^[8]对肉制品在储藏过程中的质构特性进行研究: 如田祥磊和阮美娟^[9]将猪肉的质构参数与感官评价进行研究, 研究质构参数与口感变化的相关性; 田

晓静等^[10]将鸡肉置于室温与 4℃冷藏 2 种条件下, 分析了鸡肉质构参数中硬度、弹性与咀嚼性随储藏时间的变化规律; Yan Dai 等^[11]研究了水煮猪肉在 1~7 d 的储藏期内质构参数的变化情况; Wang Peng 等^[12]研究了 3 种经过不同预处理的猪肉在储藏过程中, 其磷酸盐成分对猪肉的含水率与质构的影响。以上的研究将质构参数随储藏时间的变化进行了研究, 但是与新鲜度指标之间的相关性研究仍较少。

本文将牛肉置于 5℃冷鲜密封储藏和-5℃冷冻密封储藏 2 种条件下, 用挥发性盐基氮检测 (total volatile basic nitrogen, TVB-N)、恒温干燥法与质构多面分析方法 (texture profile analysis, TPA) 对牛肉样品 (储藏时间 0、3、6、9、12、15 d) 进行检测。得到挥发性盐基氮、含水率、质构参数随储藏时间的变化规律, 用二因素方差分析储藏时间、储藏温度对质地参数的影响, 分析 2 种储藏条件下质构参数与新鲜度指标的相关性, 得到回复性作为牛肉储藏期间新鲜度的检测指标并试验验证, 为牛肉新鲜度的快速检测提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料: 选取 32 月龄黄牛去势公牛, 屠宰后将胴体置于(4±1)℃条件下成熟 72 h 后, 选取牛后腿肉部分。由杭州肉联厂提供。

仪器: TMS-Pro 型质构仪, 美国 FTC 公司。

收稿日期: 2016-03-14 修订日期: 2016-04-14

基金项目: 国家自然科学基金(51575496); 浙江省教育厅科研项目(Y201534313); 浙江理工大学 521 人才培养计划资助。

作者简介: 徐亚丹, 女, 汉, 浙江杭州人, 讲师, 浙江理工大学博士生, 主要从事农业机械设计及优化方面的研究。杭州 杭州职业技术学院, 310018。

Email: xuyadan2005@163.com

1.2 试验方法

1.2.1 样品预处理

将牛肉从肉联厂取出后,装入内含冰袋的保温箱,快速运至实验室。将肌肉纵向剖开,沿肌纤维的自然走向将牛肉切分为宽、厚分别为10 mm的小条;再用刀片垂直于肌纤维将牛肉切成长、宽、厚为10 mm×10 mm×10 mm的小块,在样品的切取过程中,避开肉眼可见的血管、结缔组织及其他缺陷^[13]。

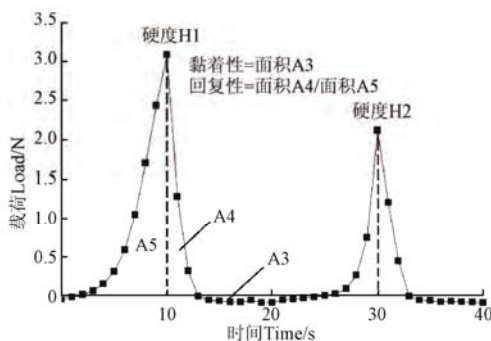
微冻储藏(-5~0℃)可以保持肉类风味,延长保质期,是肉类保鲜的有效方法。微冻储藏方式下牛肉的理化指标与质构参数随着储藏时间的增加变化明显,可以较好地分析牛肉质构参数与新鲜度指标的相关性,同时缩短试验周期。因此本文选用5℃冷鲜密封储藏与-5℃冷冻密封储藏两种条件。

样品混匀并均分为2组,每组6份,每份50小块。用保鲜膜密封后,第一组置于5℃温度下密封贮藏。第二组置于-5℃温度下冷冻密封储藏,试验前置于5℃温度下解冻。两组样品储藏0、3、6、9、12、15 d后进行检测。

1.2.2 质构多面分析方法

质构多面分析方法是利用探头对试样进行两次压缩来模拟人牙齿咀嚼食物的机械过程,通过分析质构特性曲线获取质构参数,对食品品质进行评定,如图1所示^[14]。人们对牛肉的口感要求是组织紧密、口感细嫩、有弹性^[15],因此选择硬度1、硬度2、回复性、黏着性4个参数进行分析。硬度是食品维持原有形状的内部结合力^[16];回复性反映牛肉第一次压缩过程中迅速恢复变形的能力^[17];黏着性反映了咀嚼牛肉时,肉纤维对舌头、牙齿、上颌等接触面黏着的性质^[18]。检测时探头垂直于肌纤维,每一小块牛肉样品检测一次,共计10次重复,结果取平均值。

测试条件:圆柱型探头,探头直径10 mm;探头下压速率0.5 mm/s;下压深度5 mm,下压程度为样品厚度的50%;压后上行速率0.5 mm/s;测试时间为40 s。



注:硬度 H1、硬度 H2 用第一次和第二次下压力的峰值表示;回复性用面积 A4 与面积 A5 的比值表示;黏着性用第一次压缩曲线与第二次压缩曲线与 X 轴围成的负面积 A3 表示。

Note: Hardness H1, hardness H2 are expressed by the first and second pressure peak value; resilience is expressed by the ratio of the area A4 and the area A5; adhesiveness is expressed by the negative area A3 closed with compression curve and the X axis.

图1 5℃储藏初始牛肉 TPA 试验质构特性曲线
Fig.1 Texture profile curve of beef storage in 5℃

1.2.3 挥发性盐基氮

挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)是蛋白质的分解产物,是检测肉类新鲜度的重要指标,牛肉低温储藏期间蛋白质发生了明显变化,因此本文选取了 TVB-N 作为检验牛肉新鲜度的标准。TVB-N 的测定依据 GB/T 5009.44-2003,采用微量扩散法测定挥发性盐基氮,并按国家标准 GB2707-2005 判定肉的新鲜程度,鲜肉≤15 mg/(100 g);次鲜肉 15~25 mg/(100 g);腐败肉≥25 mg/(100 g)^[19]。

1.2.4 含水率测试

恒温干燥法(GB/T9695.15-2008)^[20]。每一小块牛肉样品检测一次,共计10次重复,结果取平均值。

1.3 数据处理方法

本试验中采用 Excel 软件进行试验结果统计,使用 Origin8.0 软件进行二因素方差分析(two-way ANOVA)与相关性分析,并绘制分析图。

2 结果与分析

2.1 新鲜度指标的变化规律

2.1.1 挥发性盐基氮值的变化规律

如图2所示,5℃冷鲜密封储藏的牛肉,在储藏3~6 d期间,挥发性盐基氮含量上升很快,在储藏6 d后,挥发性盐基氮值达到25 mg/(100 g)以上。-5℃冷冻密封储藏的牛肉,在储藏9~12 d后解冻,挥发性盐基氮值上升很快,在储藏15 d后解冻,挥发性盐基氮值在25 mg/(100 g)以内。由检测结果可知-5℃冷冻条件下储藏的牛肉比5℃冷藏条件下储藏的牛肉,保鲜的时间更长。

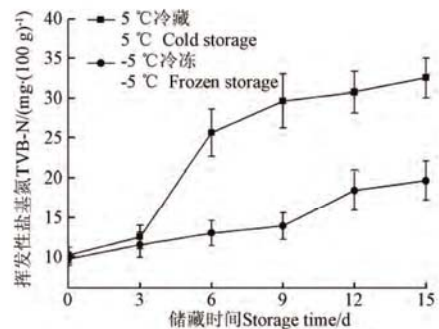


图2 挥发性盐基氮随储藏时间的变化情况
Fig.2 Curve of TVB-N versus storage time

2.1.2 含水率的变化规律

含水率是评判肉类品质的重要指标^[21]。如图3所示,5℃冷鲜密封储藏牛肉的含水率随储藏时间增加而降低,可能是微生物分解蛋白质破坏了细胞的结构组织,导致含水率下降。-5℃冷冻密封储藏牛肉的含水率是先下降后较平稳,下降的幅度比5℃冷鲜密封储藏牛肉的含水率要大。可能是肌肉中的水分在冻结时形成的冰晶损伤细胞膜使牛肉含水率的下降,进一步导致部分蛋白质变性,组织结构变化从而使牛肉含水率进一步下降^[22]。

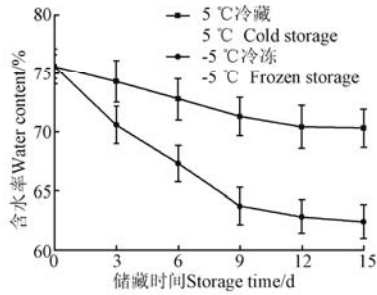


图 3 含水率随储藏时间的变化情况

Fig.3 Curve of water content versus storage time

2.2 质构参数的变化规律

2.2.1 硬度的变化规律

如图 4 所示，牛肉 5 °C 冷鲜密封储藏与牛肉 -5 °C 冷冻密封储藏 15 d 内，随着储藏时间的增加，硬度 1 和硬度 2 均呈下降趋势，储藏 15 d 时，2 种储藏条件下，牛肉的硬度 1 和硬度 2 数值接近。在 15 d 内，5 °C 冷鲜密封储藏的牛肉比 -5 °C 冷冻密封储藏的牛肉硬度高，可能是冷冻储藏使蛋白质发生了不可逆变化^[23]，使得牛肉硬度发生了变化。将储藏时间、储藏温度作为 2 个因素，对硬度 H1、硬度 H2 做二因素方差分析，储藏时间对硬度 H1 有显著影响 ($P<0.05$)，储藏时间对硬度 H2 有显著影响 ($P<0.05$)；储藏温度对硬度 H1 没有显著影响 ($P>0.05$)，储藏温度对硬度 H2 没有显著影响 ($P>0.05$)。因此硬度 (H1、H2) 在不同储藏时间之间具有显著差异 ($P<0.05$)，在不同储藏温度之间没有显著差异 ($P>0.05$)，可以作为储藏时间的检测指标，但不适合作为储藏温度的检测指标。

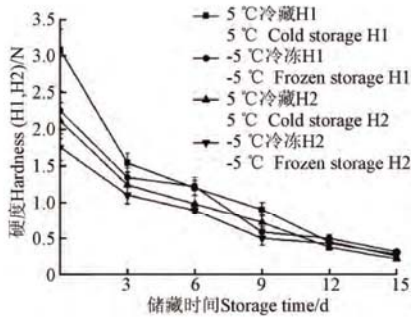


图 4 硬度 1、硬度 2 随时间的变化

Fig.4 Curve of hardness versus storage time

2.2.2 回复性的变化规律

如图 5 所示，牛肉 5 °C 冷鲜密封储藏与牛肉 -5 °C 冷冻密封储藏 15 d 内，随着储存时间的增加，回复性均呈下降趋势。肉类中的水化层与蛋白质形成的网状结构具有抵抗外力的能力，表现为肉的回复性。

牛肉在储藏的过程中微生物分解蛋白质，网状结构逐渐分解，持水力不断下降，由 2.1.2 可知，其含水率逐渐降低，回复性逐渐减小。在 15 d 内，5 °C 冷鲜密封储藏的牛肉比 -5 °C 冷冻密封储藏的牛肉回复性好，可能是冷冻过程中肉类含水率降低与蛋白质变性^[25]，使得回复性减小。将储藏时间、储藏温度作为 2 个因素，对回复

性做二因素方差分析，储藏时间对回复性有显著影响 ($P<0.05$)；储藏温度对回复性有显著影响 ($P<0.05$)，因此回复性在不同储藏时间之间、不同储藏温度之间均有显著差异 ($P<0.05$)，可以作为储藏时间、储藏温度的检测指标。

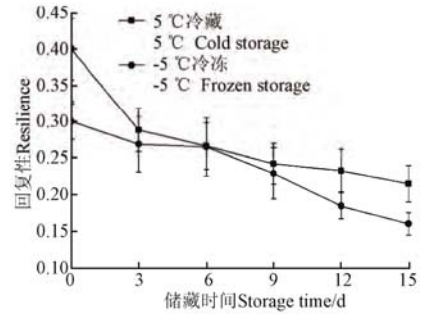


图 5 回复性随时间的变化

Fig.5 Curve of resilience versus storage time

2.2.3 黏着性的变化规律

如图 6 所示，牛肉 5 °C 冷鲜密封储藏初始时，牛肉的黏着性很小，第 3 天时，黏着性变大，3~15 d 时，黏着性呈下降趋势；牛肉 -5 °C 冷冻密封储藏 9 d，牛肉的黏着性呈下降趋势，9~15 d 时，黏着性波动较大。质地多面分析法对牛肉黏着性的测试是记录探头上提时，牛肉样品对探头做的负功。而牛肉在冷鲜密封储藏过程中微生物分解肉类蛋白质形成的多肽与水形成黏液^[26]；在冷冻密封储藏过程中形成冰晶破坏细胞膜使得牛肉含水率下降且蛋白质发生变性^[27]，解冻过程中与水形成黏液附在肉的表面。这些黏液对探头下拉的作用使探头消耗更多的功，使测试结果具有随机性，不能准确反映出咀嚼牛肉时，肉纤维对舌头、牙齿、上颚等接触面黏着的性质。将储藏时间、储藏温度作为 2 个因素，对黏着性做二因素方差分析，储藏时间对黏着性没有显著影响 ($P>0.05$)，储藏温度对黏着性没有显著影响 ($P>0.05$)，因此黏着性在不同储藏时间之间、不同储藏温度之间均没有显著差异 ($P>0.05$)，不适合作为储藏时间与储藏温度的检测指标。

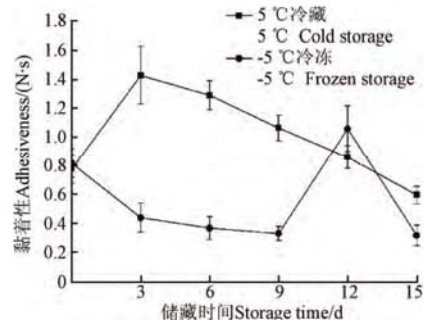


图 6 黏着性随时间的变化

Fig.6 Curve of adhesiveness versus storage time

3 质构参数与新鲜度指标的相关性

将 2 种储藏条件下，牛肉的质构参数与新鲜度指标

(TVB-N) 进行相关性分析, 结果如表 1、2 所示。可以看出牛肉 5 °C 冷鲜密封储藏条件下, 硬度 1、硬度 2、回复性与 TVB-N 呈显著相关 ($P<0.05$)。-5 °C 冷冻密封储藏条件下, 硬度 1、硬度 2、回复性与 TVB-N 呈显著相关 ($P<0.05$)。综上可知 2 种储藏条件下硬度 1、硬度 2、回复性与新鲜度指标均呈显著相关。储藏时间、储藏温度对质构参数回复性有显著影响 ($P<0.05$); 硬度 1、硬度 2、回复性与新鲜度指标显著相关 ($P<0.05$)。因此可将回复性作为牛肉储藏期间新鲜度的检测指标。

表 1 5 °C 冷鲜密封储藏牛肉质构参数与新鲜度指标的相关性分析

Table 1 Correlation analysis of texture parameters and freshness in 5 °C cold sealed storage

参数 Parameter	挥发性 盐基氮 TVB-N	硬度 1 Hardness 1	硬度 2 Hardness 2	回复性 Resilience	黏着性 Adhesiveness
挥发性 盐基氮 TVB-N	1	-0.89791*	-0.92072*	-0.88443*	-0.34857
硬度 1 Hardness 1		1	0.99506	0.99297	0.11742
硬度 2 Hardness 2			1	0.97969	0.214
回复性 Resilience				1	0.03211
黏着性 Adhesiveness					1

注: *在 0.05 水平上显著相关。

Note: *Correlation is significant at the 0.05 level.

表 2 -5 °C 冷冻密封储藏牛肉质构参数与新鲜度指标的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of texture parameters and freshness in -5 °C frozen sealed storage

参数 Parameter	挥发性 盐基氮 TVB-N	硬度 1 Hardness 1	硬度 2 Hardness 2	回复性 Resilience	黏着性 Adhesiveness
挥发性 盐基氮 TVB-N	1	-0.88818*	-0.8976*	-0.98148*	0.38746
硬度 1 Hardness 1		1	0.99183	0.94055	-0.23061
硬度 2 Hardness 2			1	0.93218	-0.20753
回复性 Resilience				1	-0.31862
黏着性 Adhesiveness					1

注: *在 0.05 水平上显著相关。

Note: *Correlation is significant at the 0.05 level.

4 试验验证

检测 2 °C 温度下冷鲜密封储藏的牛肉在储藏期间(0、3、6、9、12、15 d) 的挥发性盐基氮值与回复性, 对试验数据进行统计分析并线性拟合, 拟合结果如图 7 所示: 挥发性盐基氮与回复性两者的线性函数关系具有较好拟合优度, 拟合方程和决定系数如图 7 所示。挥发性盐基氮值与回复性的相关性方差分析结果表明, $F=204.26928>F_{0.05}=4.13$, 且 $P<0.05$ 可知挥发性盐基氮与回复性呈显著相关。因此可将回复性作为牛肉新鲜度的检测指标。

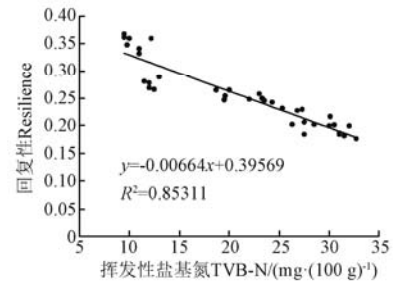


图 7 2 °C 储藏牛肉挥发性盐基氮与回复性的线性拟合

Fig.7 Linear fitting of TVB-N and resilience in 2 °C cold sealed storage

5 结论

1) 用检测挥发性盐基氮的方法判断牛肉的新鲜度, 得出-5 °C 冷冻条件下储藏的牛肉比 5 °C 冷藏条件下储藏的牛肉保鲜的时间更长; 用恒温干燥法检测牛肉的含水率, 随着储藏时间的增加, 2 种储藏条件下牛肉的含水率降低, -5 °C 冷冻密封储藏牛肉的含水率下降的幅度比 5 °C 冷鲜密封储藏牛肉的含水率大。

2) 用质构多面分析方法检测牛肉质地参数。得出在 0~15 d 内 5 °C 冷鲜密封储藏与-5 °C 冷冻密封储藏 2 种条件下质构参数(硬度 1、硬度 2、回复性)的变化规律: 牛肉 5 °C 冷鲜密封储藏与-5 °C 冷冻密封储藏 15 d 内, 随着储藏时间的增加, 硬度 1 和硬度 2 均呈下降趋势, 且 5 °C 冷鲜密封储藏的牛肉比-5 °C 冷冻密封储藏的牛肉硬度高; 储藏 15 d 时, 两种储藏条件下的牛肉硬度 1 和硬度 2 数值接近。牛肉 5 °C 冷鲜密封储藏与-5 °C 冷冻密封储藏 0~15 d 内, 随着储藏时间的增加, 回复性均呈下降趋势。在 0~15 d 内, 5 °C 冷鲜密封储藏比-5 °C 冷冻密封储藏的牛肉回复性好。

3) 储藏时间、储藏温度对回复性均有显著影响 ($P<0.05$), 回复性与新鲜度指标挥发性盐基氮显著相关 ($P<0.05$), 经试验验证回复性可作为牛肉低温储藏期间新鲜度的检测指标。

[参 考 文 献]

- [1] 王笑丹, 刘爱阳, 孙永海, 等. 基于自组织神经网络模型与质构特性的牛肉嫩度评定方法[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 262-268.
Wang Xiaodan, Liu Aiyang, Sun Yonghai, et al. Evaluation method of beef tenderness based on texture properties and self-organizing neural network model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(18): 262-268. (in Chinese with English abstract)
- [2] 马世榜, 汤修映, 徐杨, 等. 可见/近红外光谱结合遗传算法无损检测牛肉 pH 值[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 263-268.
Ma Shibang, Tang Xiuying, Xu Yang, et al. Nondestructive determination of pH value in beef using visible/near-infrared spectroscopy and genetic algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(18): 263-268. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王灵昭, 陆启玉, 袁传光. 用质构仪评价面条质地品质的

- 研究[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24(3): 29—49.
Wang Lingzhao, Lu Qiyu, Yuan Chuanguang. Study on the assessment for noodle texture with texture analyser[J]. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 2003, 24(3): 29—49. (in Chinese with English abstract)
- [4] 潘立刚, 张缙, 陆安祥, 等. 农产品质量无损检测技术研究进展与应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊 2): 325—330.
Pan Ligang, Zhang Jin, Lu Anxiang, et al. Review on non-destructive determination technology for agricultural product quality[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(Supp.2): 325—330. (in Chinese with English abstract)
- [5] Musatov V Yu, Sysoev V V, Sommer M, et al. Assessment of meat freshness with metal oxide sensor microarray electronic nose: A practical approach[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2010, 144(1): 99—103.
- [6] 姜沛宏, 张玉华, 钱乃余, 等. 基于机器视觉技术的肉新鲜度分级方法研究, 食品科技[J]. 2015, 40(3): 296—300.
Jiang Peihong, Zhang Yuhua, Qian Naiyu, et al. Research on method to freshness grading of meat based on machine vision technology[J]. Food Science and Technology: 2015, 40(3): 296—300. (in Chinese with English abstract)
- [7] 赵家松, 严伟榆, 曹志勇, 等. 基于近红外技术的猪肉新鲜度检测仪设计[J]. 农机化研究, 2011, 8: 161—176.
Zhao Jiasong, Yan Weiyu, Cao Zhiyong, et al. Design of pork freshness detection instrument based on near infrared technique [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 8: 161—176. (in Chinese with English abstract)
- [8] 潘秀娟, 屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 166—170.
Pan Xiujuan, Tu Kang. Comparison of texture properties of post-harvested apples using texture profile analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2005, 21(3): 166—170. (in Chinese with English abstract)
- [9] 田祥磊, 阮美娟. 猪肉质地客观评价方法的研究[J]. 食品工业, 2013, 34(2): 146—148.
Tian Xianglei, Ruan Meijuan. Research on the objective assessment method of pork texture[J]. Food industry, 2013, 34(2): 146—148. (in Chinese with English abstract)
- [10] 田晓静, 文绍山, 申晓蓉, 等. 基于质地特性的鸡肉新鲜度研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 63—66.
Tian Xiaojing, Wen Shaoshan, Shen Xiaorong, et al. Study on freshness of chicken based on texture characteristics[J]. Science and Technology of Food Industry. 2012, 33(17): 63—66. (in Chinese with English abstract)
- [11] Dai Y, Lu Y, Wu W, et al. Changes in oxidation, color and texture deteriorations during refrigerated storage of ohmically and water bath-cooked pork meat[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, (26): 341—346.
- [12] Wang P, Xu X L, Zhou G H. Effects of meat and phosphate level on water-holding capacity and texture of emulsion-type sausage during storage[J]. Agricultural Sciences in China, 2009, 8(12): 1475—1481.
- [13] 庞之列, 殷燕, 李春保. 解冻猪肉品质和基于 LF-NMR 技术的检测方法[J]. 食品科学, 2014, 35(24): 219—223.
Pang Zhilie, Yin Yan, Li Chunbao. Applicability of LF-NMR to detect quality of thawed pork[J]. Food Science, 2014, 35(24): 219—223. (in Chinese with English abstract)
- [14] Hiroaki Shirai, Seiichi Oshita, Yoshio Makino, et al. Detection of fluorescence signals from ATP in the second derivative excitation-emission matrix of a pork meat surface for cleanliness evaluation[J]. Journal of Food Engineering, 2016(168): 173—179.
- [15] 王笑丹, 王洪美, 韩云秀, 等. 基于离散元法的牛肉咀嚼破碎模型构建[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 228—234.
Wang Xiaodan, Wang Hongmei, Han Yunxiu, et al. Structure of beef chewing model based on discrete element method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(4): 228—234. (in Chinese with English abstract)
- [16] 朱津津. 速冻汤圆的质构特性研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
Zhu Jingjing. The research of quick-frozen dumpling quality and structure characteristics[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2012. (in Chinese with English abstract)
- [17] 杨玲, 康国栋, 王强, 等. TPA 试验测试苹果整果质地的研究[J]. 中国果树, 2014(4): 19—23.
Yang Ling, Kang Guodong, Wang Qiang, et al. Study on the texture of apple whole fruit by TPA test[J]. China Fruits, 2014(4): 19—23. (in Chinese with English abstract)
- [18] 纪宗亚. 质构仪及其在食品品质检测方面的应用[J]. 食品工程, 2011(3): 22—25.
Ji Zongya. Application of texture analyzer in the assessment for food quality[J]. Food Engineering, 2011(3): 22—25. (in Chinese with English abstract)
- [19] GB2707—2005. 鲜(冻)畜肉卫生标准[S].
- [20] GB/T9695.15-2008 肉与肉制品中水分含量的测定方法
- [21] 石力安, 郭辉, 彭彦昆等. 牛肉含水率无损快速检测系统研究[J]. 农业机械学报, 2015, 46(7): 203—209.
Shi Li'an, Guo Hui, Peng Yankun, et al. Nondestructive rapid Detection System for Water Content of Beef[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(7): 203—209. (in Chinese with English abstract)
- [22] 彭涛. 猪肉微冻保鲜技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
Peng Tao. Study on the fresh-keeping technology of partial-frozen pork[D]. Changsha: Hunan Agricultural University. (in Chinese with English abstract)
- [23] 任丽娜. 白鲢鱼肉肌原纤维蛋白冷冻变性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
Renlina. Study on Frozen Denaturation of Miofibrillar Protein of Silver Carp (Hypophthalmichthys Molitrix) Muscle[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014. (in Chinese with English abstract)
- [24] 梁红, 宋晓燕, 刘宝林. 冷藏中温度波动对牛肉品质的影响[J]. 食品与发酵科技, 2015, 51(6): 36—40.
Liang Hong, Song Xiaoyan, Liu Baolin. Effect of temperature fluctuations on quality of frozen beef during storage[J]. Food and Fermentation Technology, 2015, 51(6): 36—40. (in Chinese with English abstract)
- [25] 余小颖, 李学斌, 赵良, 等. 常规冷冻冻藏对猪肉保水性和组织结构的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 264—268.
Yu Xiaoling, Li Xuebin, Zhao Liang, et al. Effects of conventional freezing processing and frozen storage on pork

- water-holding capacity and structure[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(12): 264–268. (in Chinese with English abstract)
- [26] 孙天利. 冰温保鲜技术对牛肉品质的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013.
Sun Tianli. Influences of Controlled Freezing Point Storage on Beef[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013. (in Chinese with English abstract)
- [27] 李侠, 孙圳, 杨方威, 等. 适宜冻结温度保持牛肉蛋白稳定性抑制水分态变[J]. 农业工程学报, 2015, 31(23): 238–245.
Li Xia, Sun Zhen, Yang Fangwei et al. Appropriate freezing temperature to maintain beef protein stability and inhibit myowater state changes[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(23): 238–245. (in Chinese with English abstract)

Analysis of texture parameters and determination of freshness index of beef in low temperature storage

Xu Yadan^{1,2}, Dai Li¹

(1. College of Mechanical Engineering and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. College of Qingnian Automotive, Hangzhou Vocational and Technical College, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Beef would be oxidative decomposition and decayed because of enzyme, external environment, microorganisms, and many other factors during the storage. Beef freshness detection is urgently needed. Sensory evaluation method is easily affected by the reviewers and environment. Chemical evaluation is destructive and tedious. Therefore, it is necessary to seek a rapid detection method to monitor the freshness of the beef in the storage and transportation. Beef samples are placed in the 5 °C cold sealed and the -5 °C frozen sealed conditions respectively. Beef samples are detected by using the method of total volatile basic nitrogen(TVB-N), constant temperature drying and texture profile analysis (TPA) in the two storage conditions during different storage days (0, 3, 6, 9, 12, 15 d). The freshness keeps longer in the -5 °C frozen sealed condition than that in the 5 °C cold sealed condition. The water content decreased in the two conditions, water content decreased in the -5 °C frozen sealed condition is more than that in the 5 °C cold sealed condition. The laws of texture parameters (hardness, resilience) during the storage days are analyzed. With increase of storage days in two conditions, hardness 1 and hardness 2 shows decreasing trends. In the condition of 15 days storage, the value of hardness 1 and hardness 2 are closed. The value of hardness 1 and hardness 2 that beef stored in 5 °C cold sealed condition are higher than that beef stored in -5 °C frozen sealed condition during 0-15 days. With increasing of storage days, resilience is decreased. Beef is stored in 5 °C cold sealed condition has a better resilience than that in -5 °C frozen sealed condition in 0-15 days. The test result of adhesiveness is stochastic and can't accurately reflect the chewing, the meat fibers on the tongue, teeth, jaw and other contact surface adhesion properties of beef. The method of two-way ANOVA is used to analyze the influence to the texture parameters. The results present that resilience are significantly influenced by the storage time and storage temperature ($P < 0.05$). Correlation analysis of texture parameters and freshness in the 2 storage conditions are done. In 5 °C cold sealed condition, the correlation coefficient between hardness1, hardness 2, resilience, adhesiveness and freshness are -0.89791, -0.92072, -0.88443, -0.34857; in -5 °C frozen sealed condition, the correlation coefficient between hardness1, hardness 2, resilience, adhesiveness and freshness are -0.88818, -0.8976, -0.98148, 0.38746. Correlation of hardness1, hardness 2, resilience and freshness are significant at the 0.05 level in the two conditions. Detect TVB-N value and resilience of the beef in the of 2 °C cold fresh seal storage condition, TVB-N value and resilience can fit linearly ($R^2=0.85311$). TVB-N value and resilience was significantly correlational ($P < 0.05$). Resilience can be used as detection indicator for beef freshness in storage. This study provides a method for rapid detection of beef freshness, and provides the basis for beef fresh keeping during production and transportation.

Keywords: storage; textures; temperature; beef; freshness