

不同烹调时机下 各熟制度牛排食用品质分析

王恒鹏, 曹仲文, 吴 鹏, 孟祥忍*

(扬州大学, 江苏扬州 225127)

摘要:以牛肉的不同排酸成熟时间作为制作牛排的烹调时机,探究不同烹调时机对各熟制度牛排食用品质的影响。结果表明:牛排的升温速率随烹调时机的延长逐渐增大。在任何烹调时机下,牛排的剪切力、硬度、咀嚼性、烹饪损失均随熟制度的增加而增大($p < 0.05$),但增幅不一,显示当烹调时机为牛肉排酸 120 h 与 168 h 时,牛排的嫩度与多汁性更好。随着烹调时机的延长与熟制度的提高,由胶原蛋白纤维组成的肌膜不断收缩,牛排的肌原纤维结构逐渐变得紧密和不规则,与牛排的烹饪损失率及质构特性的结果对应。为确保牛排的嫩度与多汁性,建议生产者选用排酸 120 h 及以后的牛肉进行相关牛排产品的制作,消费者可根据自身偏好来合理选择不同熟制度牛排。

关键词:烹调时机,排酸,熟制程度,牛排,食用品质

Effect of cooking time and degree of maturity on eating quality of steak

WANG Heng-peng, CAO Zhong-wen, WU Peng, MENG Xiang-ren*

(Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: To study the effect of cooking time and degree of maturity on eating quality of steak, different row acid ripening time was taken as cooking time of beef steaks. Results showed that heating rate of the steak increased with the cooking time. Shearing force, hardness, chewiness, cooking loss of steak increased with the degree of maturity at any cooking time ($p < 0.05$), but the growth rate was different, implied beef steaks could get better tenderness and juiciness when cooking time for beef rowing acid at 120 h and 168 h. The sarcoplasmic membrane composed of collagen fibers continued to shrink and myofibril structure gradually became tight and irregular with the extension of cooking time and improvement of maturity, which corresponded to the cooking loss rate and texture characteristics of the steak. To ensure the tenderness and juiciness of steak, beef rowed acid 120 h and later for the production of steak could be recommended for producers, consumers could also choose different maturity of steak according to their own preferences.

Key words: cooking time; row acid; degree of maturity; steak; eating quality

中图分类号: TS251.5*2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)15-0259-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.15.048

我国是世界上的牛肉生产大国,排名仅次于美国与巴西^[1]。牛肉产业的发展可以使我国肉类结构更趋合理,据美国农业部数据,近五年我国牛肉产量复合增速 1.3%,消费复合增速 3.5%,预计 2017 年国内牛肉产量同比增加 0.7% 至 695 万吨,消费量同比增加 2.8% 至 789 万吨^[2]。作为牛肉深加工产品的一种,牛排的引入打破了国内牛肉产品原有的单一现状,受到不少国人的热情追捧。但由于加工技术主要源于国外,从选料到烹调未形成统一标准,而国内餐饮从业者往往因缺乏对牛肉后熟过程的认识导致烹调时机的选取不当,且对煎烤牛排的熟制程度同样把握不准,因此国内牛排产品经常出现品质不稳

定、口感不佳等状况,本土品牌难以实现突破。

烹调可使牛肉产生风味和芳香物质,能有效改善嫩度,提高多汁性,烹调后的牛肉更易被人体消化吸收,但不合理的烹调处理常导致牛肉适口性下降。目前,国内外现有的牛肉烹调应用研究大多集中于对加热方式及烹前预处理的探讨上。Kerth 等^[3]比较夹层明火烤、炉烤、单面加热烤这三种烤制方式对牛排嫩度、蒸煮损失的影响,结果显示三种烤制方式对牛排的剪切力值无显著影响,单面加热烤制后的牛排蒸煮损失最大。Wheeler 等^[4]研究不同肉块解冻温度、加热方式、冷却方式对牛肉背最长肌嫩度的影响,结果发现当肉块的剪切力值随着解冻温度的提

收稿日期: 2017-03-03

作者简介: 王恒鹏(1991-),男,硕士研究生,助理讲师,主要从事烹饪科学、营养与食品卫生学研究, E-mail: yzwhp@163.com。

* 通讯作者: 孟祥忍(1977-),男,博士,副教授,主要从事烹饪工艺学研究, E-mail: 455609455@qq.com。

高逐渐降低,且经高温炉加热后牛肉的剪切力值显著低于水浴加热,冷却方式对牛肉的剪切力值无显著影响。

宰后成熟可有效改善牛肉的品质,合理的成熟时间是获得高品质牛肉的关键保证^[5]。将肉牛宰后的某些特定成熟时间作为制作牛排的烹饪时间点,以及这些不同的烹饪时间点是否会对各个熟制度牛排的食用品质产生影响鲜有报道。因此,本文结合牛肉的宰后成熟过程,选取排酸后期作为牛排较优的烹调时机,严格控制肉块中心温度制作不同熟制度牛排,分析不同烹调时机下各熟制度牛排的食用品质,确立制作牛排的适宜烹调时机及其对应的熟制程度,为我国牛排加工行业的科学化与规范化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

2头12月龄的中国西门塔尔公牛 由无锡天鹏集团有限公司提供,宰前禁食禁水。

25%戊二醛溶液、无水乙醇、磷酸二氢钠·二水、磷酸氢二钠·十二水(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司。

MK-301 热电偶接触式测温仪 杭州美控自动化技术有限公司;GEG-820 韩式自动恒温电扒炉 河北德科机械设备有限公司;SCC101E 型万能蒸烤箱 北京丰汇加机电设备销售有限公司;C-LM₂型肌肉嫩度仪 北京朋利驰科技有限公司;TMS-Pro 物性测试仪 美国FTC公司;NH310 型高品质便携式电脑色差仪 深圳市三恩时科技有限公司;BS210S(1/10000)分析天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司;XL30 环境扫描电镜 荷兰 Philips 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 实验设计 按照 GB/T 19477-2004《牛屠宰操作规程》进行屠宰,在胴体 12~13 肋骨处取背最长肌肉样,置于 4℃排酸库中进行成熟^[6]。取出宰后排酸 72、120、168 h 的牛肉,顺着肌纤维方向将其切成规格为 6 cm × 6 cm × 3 cm 厚块进行牛排的制作。为减少烤制过程中牛肉内部的汁液流失,将电扒炉预热至 180℃,加少许油先煎制牛排的四个面,每个面分别煎制 20 s,以确保牛肉外层率先成熟。待牛肉冷却至室温后将热电偶插入其几何中心处(为确保精确,在几何中心插入三个热电偶来记录温度),将烤箱预热至 220℃,烤盘送入烤箱的中间一层进行烤制,参照专业烹饪中关于牛排熟制程度的定义,严格控制肉块中心温度,分别制作五分熟(Medium, ME)、七分熟(Medium well, MW)、全熟(Well down, WD)牛排。其中五分熟牛排的中心温度为 60~63℃;七分熟牛排为 66~68℃;全熟牛排为 71℃^[7]。

1.2.2 升温特性 待四面已煎至上色的牛肉冷却至室温后,将热电偶插入其几何中心处(为确保精确,在几何中心处插入三个热电偶来记录),迅速将牛肉置于已预热至 220℃的烤箱中进行烤制,严格控制肉块中心温度,选择五分熟(ME)牛排的中心温度作

为加热终点,记录不同烹调时机下牛排的升温特性。

1.2.3 质构特性 选用国产 C-LM₂ 型肌肉嫩度仪进行牛排样品剪切力的测定。采用 TMS-Pro 物性测试仪对牛排的硬度、弹性、粘附性、咀嚼性、胶粘性 & 内聚性进行测试,探头 P/5,测前速度 60 mm/min,测试速度 120 mm/min,测试形变量 40%,触发力 0.04 N。

1.2.4 烹饪损失 先用滤纸吸干肉块表面的水分称重(W_1),再进行煎烤,达到设定的中心温度后取出,用滤纸吸干表面多余的水分,冷却至常温,然后称重(W_2)^[8]。按下式计算不同烹调时机下各熟制度牛肉的烹饪损失。

$$\text{烹饪损失}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

式中: W_1 为烹饪前肉块重; W_2 为烹饪后肉块重。

1.2.5 微观结构 将不同烹调时机下各熟制度牛肉样品切成 2.5 mm × 2.5 mm × 3 mm 肉丁(确保有一个自然面)在 2.5% 的戊二醛溶液中 4℃固定过夜,然后按下列步骤处理样品:弃去戊二醛固定液,用 0.1 mol/L pH7.0 磷酸盐缓冲液漂洗 3 次,每次 15 min。再用梯度浓度(包括 30%、50%、70%、80%、90% 和 95% 系列浓度)乙醇溶液对样品进行脱水处理,每种浓度处理 15 min,再用 100% 乙醇脱水处理 2 次,每次 15 min。将脱水后样品于 CO₂ 超临界点干燥仪中进行干燥 2 h。干燥完毕后,开始粘样(自然面朝上),进行离子溅射喷金。所有程序处理完毕后,置于环境扫描电镜中观察。

1.2.6 数据分析 所有数据用平均值 ± 标准差表示。使用 SPSS 19.0 全因子模型对测定结果进行数据统计分析,采用 Newman-Keuls test 检验进行组间、组内比较,差异显著水平 α 为 0.05, $p < 0.05$ 表示差异显著, $p < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 升温特性测定

以五成熟牛排的中心温度作为加热终点,记录不同烹调时机下牛排的升温特性,结果如图 1 所示。

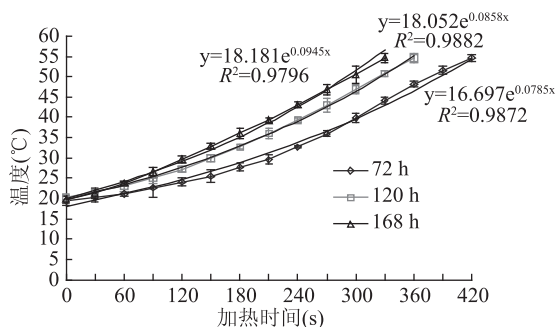


图 1 不同烹调时机下牛排的温度-时间曲线图

Fig.1 Temperature-time curves of steak under different cooking time

由图 1 可知,不同烹调时机下的牛排在加热过程中呈现相似的升温趋势,但升温速率有显著差异($p < 0.05$)。在排酸 72 h 的烹调时机下,将规格为 6 cm × 6 cm × 3 cm 的牛排加热至五分熟需 420 s,在排酸 120 h 的烹调时机下需 360 s,在排酸 168 h 的

表1 不同烹调时机下各熟制度牛排质构特性的变化

Table 1 Texture characteristics of steaks under different maturity in different cooking opportunities

烹调时机 (h)	熟制度	剪切力 (N)	硬度 (N)	咀嚼性 (mJ)	内聚性 (Ratio)	弹性 (mm)	胶黏性 (N)	粘附性 (mJ)
72	ME	36.96 ± 1.49 ^{C,d}	112.10 ± 2.91 ^{C,d}	204.36 ± 5.30 ^{C,D}	0.38 ± 0.02 ^{ab,d}	4.75 ± 0.13 ^{a,d}	43.00 ± 2.55 ^{A,d}	0.72 ± 0.03 ^{b,d}
	MW	44.49 ± 0.83 ^{B,d}	168.20 ± 3.90 ^{B,D}	257.00 ± 2.41 ^{B,D}	0.43 ± 0.04 ^{a,d}	4.92 ± 0.16 ^{a,de}	72.60 ± 1.64 ^{A,D}	1.19 ± 0.02 ^{a,d}
	WD	57.19 ± 2.99 ^{A,d}	199.40 ± 3.26 ^{A,D}	283.48 ± 3.47 ^{A,D}	0.44 ± 0.02 ^{a,d}	4.33 ± 0.06 ^{a,ef}	88.60 ± 2.25 ^{A,D}	1.03 ± 0.05 ^{a,d}
120	ME	33.72 ± 1.16 ^{C,de}	99.70 ± 1.42 ^{B,e}	157.98 ± 3.48 ^{C,f}	0.34 ± 0.02 ^{ab,e}	4.11 ± 0.14 ^{b,e}	37.00 ± 1.56 ^{A,e}	0.65 ± 0.03 ^{a,e}
	MW	42.20 ± 1.04 ^{B,e}	102.20 ± 3.74 ^{B,EF}	184.67 ± 4.53 ^{Ab,E}	0.40 ± 0.01 ^{a,de}	4.68 ± 0.17 ^{ab,d}	44.50 ± 1.79 ^{Ab,E}	0.54 ± 0.02 ^{b,e}
	WD	54.06 ± 0.38 ^{A,e}	133.33 ± 1.21 ^{A,EF}	214.23 ± 4.72 ^{A,E}	0.39 ± 0.02 ^{a,e}	5.22 ± 0.17 ^{a,d}	50.23 ± 3.24 ^{A,F}	0.65 ± 0.03 ^{a,e}
168	ME	34.85 ± 1.02 ^{C,d}	89.60 ± 2.52 ^{C,f}	185.33 ± 4.30 ^{b,De}	0.41 ± 0.05 ^{a,d}	4.95 ± 0.13 ^{a,d}	36.53 ± 2.22 ^{B,e}	0.65 ± 0.05 ^{a,e}
	MW	41.38 ± 1.12 ^{B,e}	113.13 ± 1.95 ^{B,E}	189.10 ± 7.87 ^{b,E}	0.39 ± 0.06 ^{ab,de}	4.99 ± 0.21 ^{a,de}	36.97 ± 0.75 ^{B,EF}	0.47 ± 0.06 ^{b,e}
	WD	52.21 ± 1.23 ^{A,e}	159.60 ± 4.32 ^{A,E}	216.72 ± 5.31 ^{a,E}	0.45 ± 0.03 ^{a,d}	4.53 ± 0.09 ^{a,e}	69.60 ± 2.90 ^{A,E}	0.66 ± 0.05 ^{a,e}

注:肩标字母 A~C 表示同一烹调时机,不同熟制度牛排之间差异极显著 ($p < 0.01$), a~c 则表示差异显著 ($p < 0.05$); 肩标字母 D~F 表示同一熟制度,不同烹调时机牛排之间差异极显著 ($p < 0.01$), d~f 则表示差异显著 ($p < 0.05$), 图 2 同。

烹调时机时所需 330 s。且随着烹调时机的延长,牛排的升温曲线逐步向左移动,表现为升温速率的增加,这可能是由于排酸成熟时间越长,牛肉蛋白的热稳定性降低,更易受热变性^[9],从而导致加热速率逐渐增大的缘故。

图 1 还显示牛排在不同烹调时机下加热中的温度变化指数拟合曲线。三个拟合曲线参数模型的线性相关系数 R^2 均在 0.97 以上,表明各拟合曲线与原曲线的吻合度较好。排酸 72、120、168 h 牛排升温模型的幂指数分别为 0.0785、0.0858、0.0945,呈递增趋势,且差异显著 ($p < 0.05$),幂指数越大,牛排在加热过程中的升温速率越高。以上结果表明,随着烹调时机的延长,牛排的升温速率逐渐增大。

2.2 质构特性

不同烹调时机下各熟制度牛排的质构特性如表 1 所示。

质构特性可有效解释牛排在烹调加工过程中所发生的质地变化,目前可借助相关仪器来客观评定牛排的质构特性。嫩度是评价牛排质构特性最重要的指标之一,也是消费者在牛排挑选过程中的首要关注点^[10]。剪切力、硬度、咀嚼性均可直观反映牛排的嫩度,其值越低,表明牛排嫩度越好^[11],牛排品质和消费者的满意程度越高^[12]。研究显示,加热过程中剪切力参数的大小与肉类结构蛋白质的变化密切相关^[13]。由表 1 可知,在任何烹调时机下,牛排的剪切力、硬度、咀嚼性均随着熟制程度的增加而增大,且差异显著 ($p < 0.05$),直观表现为肌肉嫩度的逐渐降低,可能是由于胶原蛋白收缩程度与肌原纤维和肌浆蛋白变性程度增大所致^[14]。不同烹调时机对五分熟牛排的剪切力无显著影响 ($p > 0.05$); 七分熟与全熟牛排的剪切力均随烹调时机的延长逐渐减小,其中排酸 72 h 牛排的剪切力值明显大于排酸 120 h、168 h 牛排 ($p < 0.05$),显示选用排酸 120 h 与 168 h 作为制作牛排的烹调时机,可在一定程度上降低产品的剪切力。同时,当烹调时机为牛肉排酸 120 h 时,七分熟、全熟的牛排的硬度及三种熟制程度牛排咀嚼性均较其它烹调时机的牛排低。烹调时机对各熟制度牛排的内聚性无显著影响 ($p > 0.05$),对剪切力、硬度、咀嚼性、弹性、胶黏性与粘附性影响显著

($p < 0.05$)。结果显示不同烹调时机对各熟制度牛排的质构特性,特别是对与嫩度相关的剪切力、硬度和咀嚼性影响显著,这主要与加热期间牛肉蛋白的变性及二次压缩中肌肉纤维的变性有关^[15]。综合看来,当选用牛肉排酸 120 h 与 168 h 作为制作牛排的烹调时机时,各熟制度牛排均可获得相对较好的嫩度。

2.3 烹饪损失

不同烹调时机下各熟制度牛排的烹饪损失如图 2 所示。

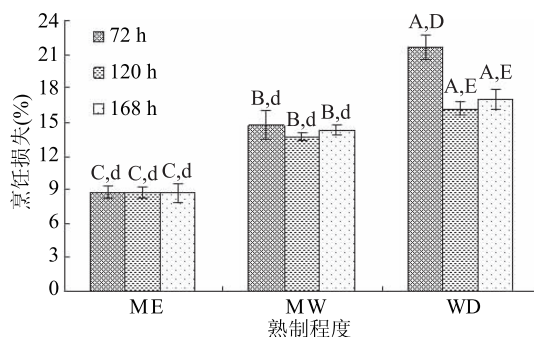


图 2 不同烹调时机下各熟制度牛排的烹饪损失

Fig.2 Cooking loss of steaks under different maturity in different cooking time

烹饪损失通常指随加热温度的升高和加热时间的延长,食品中的水分与可溶性物质和食品固形物失去结合而流失或者挥发而导致的质量降低,水是主要损失成分^[16]。由图 4 可知,在任何烹调时机下,牛排的烹饪损失率均随着熟制程度的增加而增大,且差异极显著 ($p < 0.01$),主要由于肌球蛋白和肌动蛋白经热诱导变性后会改变肌原纤维蛋白结构,使得肌浆液从肌纤维中排出,导致肌肉组织的水分流失所致^[17]。

烹调时机对五分熟与七分熟牛排的烹饪损失率无显著影响 ($p > 0.05$)。全熟牛排的烹饪损失率随着烹调时机的延长有明显降低趋势,排酸 72 h 牛排的烹饪损失率与排酸 120、168 h 的牛排差异极显著 ($p < 0.01$)。随着熟制度的增加,排酸 72 h 时烹制的牛排烹饪损失最大,而排酸 120 h 与 168 h 时烹制的牛排的烹饪损失则相对较小。结果显示,当选用排

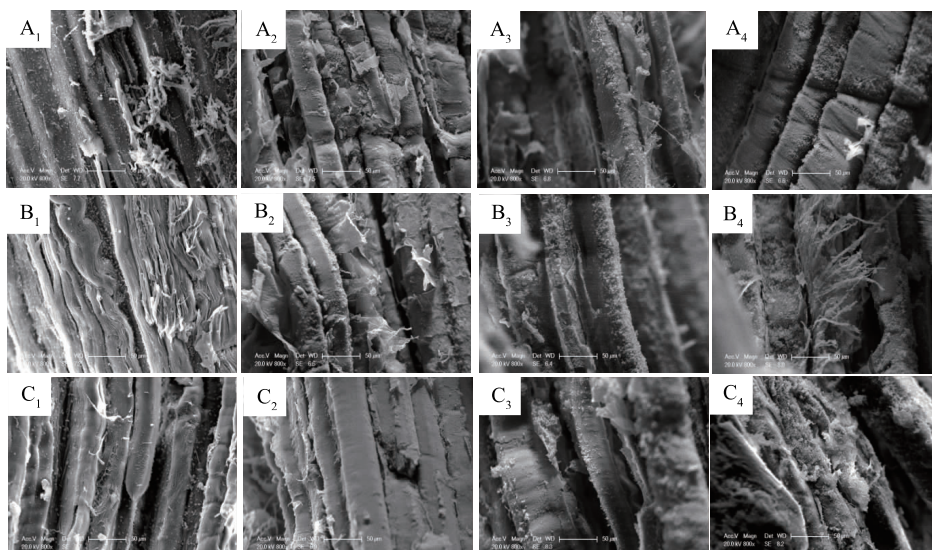


图3 不同烹调时机下各熟制度牛排的微观结构(×800)

Fig.3 Microstructure of steaks under different maturity in different cooking time(×800)

注:A₁、A₂、A₃、A₄ 分别表示当烹调时机为 72 h 时,生样、五分熟、七分熟、全熟牛排肌纤维的纵截面;B₁、B₂、B₃、B₄ 分别表示当烹调时机为 120 h 时,生样、五分熟、七分熟、全熟牛排肌纤维的纵截面,C₁、C₂、C₃、C₄ 分别表示当烹调时机为 168 h 时,生样、五分熟、七分熟、全熟牛排肌纤维的纵截面。

酸 120 h 与 168 h 作为制作牛排的烹调时机时,各熟制度牛排都具有相对较低的烹饪损失率,可有效保证牛排的多汁性。而选用排酸 72 h 时的牛肉制作的五分熟与七分熟牛排同样也具有相对较低的烹饪损失率,但在各熟制度保证多汁性的前提下,此烹调时机不适宜制作全熟牛排。

2.4 微观结构

不同烹调下各熟制度牛排的微观结构如图 3 所示。

图 3 表示不同烹调时机下各熟制度牛排肌纤维纵截面微观结构的变化情况。由图 3 可知,排酸 72 h 牛肉生样的肌纤维排列较为紧密,部分肌束膜已受到一定程度的破坏;排酸 120 h 牛肉生样的肌纤维发生弯曲,大多呈不规则排列;随着排酸成熟时间的延长,排酸 168 h 牛肉生样的肌纤维之间存在明显间隙,肌束膜与肌纤维发生分离,直观显示随着排酸成熟时间的延长,牛肉的嫩度逐渐得到改善。当烹调时机为牛肉排酸 72 h 时,与生样相比,五分熟牛排中由胶原蛋白纤维组成的肌膜发生热收缩,使得原来卷曲包绕在肌纤维四周的肌内膜和肌束膜与肌纤维发生明显分离;七分熟牛排的肌膜发生剧烈热收缩,与肌纤维进一步分离,肌纤维间隙明显增大;全熟牛排的肌纤维间隙显著减小,膜结构完整性受到破坏后已不可见,肌纤维直径显著增大,这可能是因加热温度较高,牛肉肌球蛋白组成的粗肌丝与肌动蛋白组成的细肌丝受热后结构发生剧烈变性溶胀,且由热溶性胶原纤维生成的膜结构内收缩张力逐渐消失所致^[18]。当烹调时机为牛肉排酸 120 h 与 168 h 时,各熟制度牛排的肌纤维结构相对于烹调时机为 72 h 的牛排逐渐发生不规则弯曲,而全熟牛排相邻肌纤维彼此排列逐渐紧密,由交联度高的胶原蛋白组成的肌束膜在视野中清晰可见,与全熟牛排的烹饪损失

变化趋势一致。结果显示,当选用排酸 120 h 与 168 h 作为制作牛排的烹调时机时,各熟制度牛排的肌纤维结构较排酸 72 h 的牛排均相对不规则,暗示烹调时机为 120 h 与 168 h 时制作的各熟制度牛排的嫩度更佳。

3 结论

不同烹调时机对各熟制度牛排的食用品质产生显著影响。随着烹调时机的延长,牛肉蛋白的热稳定性降低,更易受热变性,牛排的加热时间大大缩短。当选用排酸 120 h 与 168 h 作为制作牛排的烹调时机时,各熟制度牛排均会获得相对较低的剪切力、硬度、咀嚼性及烹饪损失率,可在一定程度上保证牛排的嫩度与多汁性。随着烹调时机的延长与熟制度的提高,牛排胶原蛋白纤维组成的肌膜不断收缩,肌原纤维结构逐渐变得紧密与不规则,暗示适当延长烹调时机可使各熟制度牛排的保水性与嫩度更佳,与烹饪损失率及质构特性的结果一致。因此,可建议生产者选用排酸 120 h 及以后的牛肉进行相关牛排产品的制作,以保证牛排的嫩度与多汁性。

参考文献

- [1] 吴菊清,李春保,周光宏,等.宰后成熟过程中冷却牛肉、猪肉色泽和嫩度的变化[J].食品科学,2008,29(10):136-139.
- [2] 冯新曾.美国农业长期预测报告(2016-2025)[J].世界农业,2016,(04):85-90.
- [3] Kerth C R, Blair-Kerth L K, Jones W R. Warner-Bratzler shear force repeatability in beef longissimus steaks cooked with a convection oven, broiler, or clam-shell grill[J]. Journal of Food Science, 2003, 68: 668-670.
- [4] Wheeler T L, Shackelford S D, Koohmaraie M. Sampling,

cooking and coring effects on Warner-Bratzler shear force values in beef [J]. *Journal of Animal Science*, 1996, 74:1553-1562.

[5] 刘丽, 周光宏, 王丽哲, 等. 宰后成熟时间对牛肉品质的影响[J]. *食品科学*, 2002, 23(1):33-36.

[6] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化委员会. GB/T 19477-2004 牛屠宰操作规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.

[7] 韦恩·吉斯伦著李正喜译. 专业烹饪(Professional Cooking) [M]. 第4版. 大连: 大连理工大学出版社, 2005:179-181.

[8] Tian X J, Wu W, Yu Q Q, et al. Quality and proteome changes of beef *M. longissimus dorsi* cooked using a water bath and ohmic heating process [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2016, 34:259-266.

[9] Koohmaraie M, Geesink GH. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system [J]. *Meat Science*, 2006, 74(1):34-43.

[10] 郎玉苗, 谢鹏, 李敬, 等. 熟制温度及切割方式对牛排食用品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(1):317-323.

[11] Hildrum K I, Rødbotten R, Høy M, et al. Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force [J]. *Meat Science*, 2009, 83(2):302-307.

[12] Moon SS, Yang HS, Park GB, et al. The relationship of

physiological maturity and marbling judged according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females [J]. *Meat Science*, 2006, 74:516-521.

[13] Dai Y, Zhang QN, Wang L, et al. Changes in shear parameters, protein degradation and ultrastructure of pork following water bath and ohmic cooking [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 7(5):1393-1403.

[14] Huang F, Huang M, Xu X, et al. Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2011, 91(3):443-448.

[15] De Huidobro F R, Miguel E, Blázquez B, et al. A comparison between two methods (Warner - Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat [J]. *Meat Science*, 2005, 69(3):527-536.

[16] Clausen I, Ovesen L. Changes in fat content of pork and beef after pan-frying under different conditions [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, 18:201-211.

[17] Murphy R Y, & Marks B P. Effect of meat temperature on proteins, texture, and cook loss for ground chicken breast patties [J]. *Poultry Science*, 2000, 79(1):99-104.

[18] 张立彦, 吴兵, 包丽坤. 加热对三黄鸡胸肉嫩度、质构及微观结构的影响[J]. *华南理工大学学报: 自然科学版*, 2012, 40(8):116-121.

(上接第258页)

说明四种提取方法能相互补充验证, 能最大限度的进行分析荷叶挥发性成份, 为鉴别荷叶质量、荷叶的药理作用、综合利用提供科学的参考数据。

参考文献

[1] 王福刚, 曹娟, 刘斌, 等. 荷叶的化学成分及其药理作用研究进展[J]. *时珍国医国药*, 2010, 21(9):2339-2340.

[2] 周永刚, 刘畅, 毛飞, 等. 荷叶化学成分的气相色谱-质谱分析[J]. *药学实践杂志*, 2011, 29(5):342-346.

[3] 孔文琦, 李严巍. 荷叶活性化学成分及药理研究进展[J]. *中药研究与信息*, 2005, 7(6):22-24.

[4] Lv H P, Zhong Q S, Lin Z, et al. Aroma characterisation of Pu-erh tea using headspace - solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry [J]. *Food Chemistry*, 2012, 130(4):1074-1081.

[5] Janeš D, Kantar D, Kreft S, et al. Identification of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) aroma compounds with GC-MS [J]. *Food Chemistry*, 2009, 112(1):120-124.

[6] 陈悦娇, 王冬梅, 邓炜强, 等. SDRP 和 SDE 法提取乌龙茶香气成分的比较研究[J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 2005, 44(B06):275-278.

[7] 尹慧晶, 钱一帆, 濮存海. 均匀设计法优化荷叶超临界 CO₂ 萃取工艺及萃取物 GC-MS 分析[J]. *中药材*, 2007, 30(4):464-466.

[8] 傅水玉, 黄爱今, 刘虎威, 等. 荷叶香气成分的研究(I)—

荷叶天然香气成分的分析[J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 1992, 28(6):699-705.

[9] Yano M, Okada K, Kubota K, et al. Study on the precursors of monoterpene alcohols in tea leaves [J]. *Agric Biol Chem*, 1990, 54(4):1023-1028.

[10] Achouri A, Boye J I, Zamani Y. Identification of volatile compounds in soymilk using solid-phase microextraction - gas chromatography [J]. *Food Chemistry*, 2006, 99(4):759-766.

[11] KataokAH, Lord H L, Pawliszyn J. Application of solid-phase microextraction in food analysis [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2010, 4(1):1-26.

[12] Lee J H, Diono R, Kim G Y, et al. Optimization of solid phase microextraction analysis for the headspace volatile compounds of parmesan cheese [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(5):1136-1140.

[13] 廉明, 吕世懂, 吴远双, 等. 顶空固相微萃取气质联用技术分析两种黄茶的香气成分研究[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(11):281-286.

[14] 付蕾, 刘正生, 孙鑫洋, 等. 4种纤维头对草莓香气成分的萃取效果[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(21):4473-4481.

[15] 姜文广, 李记明, 徐岩, 等. 4种酿酒红葡萄果实的挥发性香气成分分析[J]. *食品科学*, 2011, 32(6):225-229.

[16] 刘晓博, 鹿晓莉, 孔维婷, 等. 信阳毛尖特征赋香成分的研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(1):108-113.