

不同熟制度牛肉的品质变化研究

孟祥忍, 王恒鹏, 杨章平*

(扬州大学, 江苏扬州 225127)

摘要: 选用品质相同的澳洲优质牛里脊肉制作牛排, 分别测定其在三成熟、五成熟及七成熟时的烹饪失水率、持水力、剪切力、TPA物性、pH、水分、蛋白质含量、脂肪含量、灰分等, 并建立感官评定小组进行感官评价。结果表明, 烹饪失水率和持水力受牛肉的熟制程度影响较大。在质构特性上, 三成熟与五成熟牛肉无显著差异, 与七成熟牛肉差异显著。在营养成分上, 牛肉的粗脂肪与水分含量逐渐降低, 蛋白质与灰分含量无显著变化。从三成熟到七成熟的牛肉pH逐渐增大, 表明加热过程带有轻微的排酸作用。感官评分上, 七成熟牛肉的得分最高, 此时牛肉的风味能最大限度地体现出来, 嫩度与肉质纤维均保持最佳。

关键词: 牛肉, 熟制程度, 质构特性, 营养成分, 感官评价

Study on quality changes of different degrees of cooked beef

MENG Xiang-ren, WANG Heng-peng, YANG Zhang-ping*

(Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: Select the same quality beef to make the similar size beef steaks, measured the cooking water loss rate, water holding capacity, shear force, TPA properties, pH, moisture, fat content, ash and other nutrients in medium rare, medium and medium well done, at the same time, sensory evaluation team were established to reflects the quality changes in different degrees of cooked beef. The results were as follows: the degrees of beef cooked had a great impact on cooking water loss rate and water holding capacity. In beef properties, the medium rare and medium beef was no significant difference, with medium well done beef significant difference. With the rise of beef center temperature, the fat and moisture content decreased, the protein and ash content did not change significantly. From medium rare to medium well down, the pH value of beef was increasing, indicated that the heating process had a slight discharge of acid function. In sensory evaluation, medium well done got the highest score, at this time, beef's flavor was maximize reflected, the tenderness and fibers keeps good.

Key words: beef; cooked degree; textural property; nutrients; sensory evaluation

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)10-0101-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.10.012

牛肉是西方发达国家主要消费肉类, 价格远高于猪肉和鸡肉。牛肉含有丰富的蛋白质, 氨基酸组成比猪肉更接近人体需要, 能提高机体抗病能力, 对生长发育及手术后、病后调养的人在补充失血和修复组织等方面特别适用。

作为消费者最喜爱的肉食品之一, 牛肉具备多种烹调方式, 其中煎制产品—牛排, 受到广大肉食爱好者的热烈追捧, 并逐渐成为高档餐饮产品的代表。一般为了保证牛排特有的嫩度, 通常将其分为三成熟(Medium rare)、五成熟(Medium)与七成熟(Medium well done)。不同熟制程度牛肉的中心温度不同, 三成熟时, 牛肉的中心温度为58~60℃。五成熟时, 牛肉的中心温度为66~68℃。七成熟时, 牛肉的中心温度为73~75℃^[1]。

随着牛肉销售市场的扩大, 东西方人文化差异日益缩小, 西方人所崇尚的三成熟、五成熟以及七成熟牛肉已经逐渐被东方人接受。嫩度、持水力、风味、酸度、蒸煮损失等是牛肉及其制品重要的品质特性, 是消费者评价成熟牛肉品质好坏的重要指标^[2]。本文通过测定三种不同熟制程度牛肉的烹饪失水率、持水力、剪切力、TPA物性、pH、色泽以及水分、灰分、脂肪、蛋白质等成分, 及时作出感官评价, 以数据的形式体现各熟制度牛肉的主要品质, 以期加工熟制后的牛肉品质变化研究提供科学性数据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

牛肉和牛里脊肉 购于扬州市乐购超市, 产地澳洲; 盐酸 中国恒利试剂厂; 95%乙醇 常熟市杨

收稿日期: 2014-07-21

作者简介: 孟祥忍(1977-), 男, 博士, 主要从事烹饪工艺学方面的研究。

* 通讯作者: 杨章平(1965-), 男, 博士, 教授, 主要从事动物遗传资源评价、保护与利用方面的研究。

表1 感官评分标准

Table 1 The criterion of sensory evaluation

等级	嫩度	风味	多汁性
9~8(好)	质地柔软,易嚼碎,易下咽	呈牛肉固有的香气和滋味	咀嚼能产生丰富的汁液,能润涩口腔
7~6(较好)	质地柔软,吞咽顺畅	呈牛肉固有的香气和滋味,无不良气味	汁液丰富,口腔内不会感觉干燥
5~4(较差)	质地粗糙,难咀嚼与下咽	略有异味	肉汁量少,咀嚼时感觉干燥
3~1(差)	很难咬断,难以下咽	异味明显或有生肉腥味	干燥无味,咀嚼时木质化严重

园化工有限公司;无水乙醚 天津富宇精细化工有限公司;石油醚 天津欧博凯化工有限公司。

TMS-Pro物性测定仪 美国FTC公司;BS210S(1/1000)电子天平 北京赛多斯仪器系统有限公司;GTR16-2高速冷冻离心机 北京时代北利离心机有限公司;HTG立式鼓风干燥箱 上海精密仪器有限公司;PHB-1便携式pH计 上海三信仪表厂;SC-80C全自动色差计 北京康光光学仪器有限公司;MK-301热电偶接触式测温仪 杭州美控自动化技术有限公司;电扒炉 北京贝特食品科技有限公司;马弗炉 深圳市中达电炉厂。

1.2 实验方法

1.2.1 不同熟制程度牛排的制作工艺 将牛里脊肉切成6cm×6cm×2.5cm的厚块(三块),每块牛排用1.5g盐腌制15min。将电扒炉预热至180℃,加少许油抹匀煎制,热电偶插入牛排的正中心(为确保精确,在牛排正中心插入两个热电偶来记录温度),三种不同熟制程度牛肉的中心温度分别达到58、66、73℃为煎制终点。

1.2.2 牛肉烹饪失水率的测定 先用滤纸吸干肉块表面的水分称重(W_1),再进行煎制,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)^[9]。按下式计算不同成熟度牛排的烹饪失水率。

$$\text{烹饪失水率}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

1.2.3 牛肉持水力的测定 采用离心法^[9]。称取10g同等条件下不同熟制程度的牛肉样品剁碎,置于离心管中,称重后放在高速低温离心机中离心(温度18~20℃、转速7800r/min、时间30min),取出离心管,将离心出的水倒出并用滤纸将其表面水分吸干,将样品与离心管一起称重。按下式计算持水力。

持水力(%) = 牛肉含水量 - (离心前重量 - 离心后重量) / 10 × 100

1.2.4 牛肉水分的测定 直接干燥法(GB/T 5009.3-2003)。

1.2.5 灰分的测定 灼烧称重法(GB/T 5009.4-2003)。

1.2.6 粗脂肪的测定 酸水解法(GB/T 5009.6-2003)。

1.2.7 蛋白质含量的测定 凯氏定氮法(GB/T 5009.5-2003)。

1.2.8 剪切力的测定 将煎制好的牛肉顺着纤维肌方向取截面积为0.8cm²的肉柱(避开筋腱),每种成熟度样品平均取6个肉柱,采用美国FTC公司的TMS-Pro物性测试仪测定剪切力值大小,每个肉样的剪切

力值以平均值±标准差表示。测量参数:探头:HDP/BSW;PPS:200.00;测试模式与选择:Measure Force in Confrerensing;测前速度:120.0mm/min;测定速度:60.0mm/min;测后速度:60.0mm/min;距离20mm;起始力0.7N。

1.2.9 pH测定 用便携式酸度计测pH。将校准好的、专门用于测定固体酸度的探头(Inlab)插入牛肉的中心部位,直接读数即可。

1.2.10 感官评价 品评环境模拟正常消费环境,无异味、无噪音、清静。品评人员出入方便,并与制备区有明显间隔,不受制备区样品气味的影响。室温21~25℃,相对湿度为55%~65%,通气性良好。品评者间不互相交换意见。品评人员为已经过食品感官培训后的人员,其中男女各半,每次品评10人参加,品评三次。品评者坐在桌前,每人提供一瓶矿泉水,一个纸杯和一袋纸巾。品评代码是来自计算机随机的三位数编码,样品采用圆形摆放。在更换不同样品时,品评者需饮水漱口。品评时,每人每次对每一样品的嫩度、多汁性和风味分别打分。同时对嫩度、风味、多汁性两两比较,选出认为较重要的一项^[9]。具体评分标准见表1。

1.2.11 两两对比确定权重 成立10人评价小组,对三种不同熟制度的牛肉进行感官评价,评价指标为嫩度(F_1)、风味(F_2)、多汁性(F_3),然后采用两两对比法(AHP)确定评价指标的权重分配,为了使各因素之间两两进行比较得到量化的判断矩阵,根据心理学家的研究,对食品的感官评价引入一个1~9的标度,根据AHP1~9标度比率,得到各指标的判断矩阵,并计算出矩阵的特征向量,将特征向量标准化,即得各评价指标的权重值(W)^[6-7],见表2。

表2 权重对比表

Table 2 The comparison of weights

	嫩度(F_1)	风味(F_2)	多汁性(F_3)	W
嫩度	1	3/2	2	0.4615
风味	2/3	1	4/3	0.3077
多汁性	1/2	3/4	1	0.2308

1.3 数据分析

数据用平均值±标准差表示。采用SPSS 13.0的全因子模型对测定结果进行数据统计分析。差异显著水平 α 为0.05。

2 结果与分析

2.1 不同熟制度牛肉持水力和烹饪失水率的变化

不同熟制度牛肉持水力和烹饪失水率的变化情况,见图1。

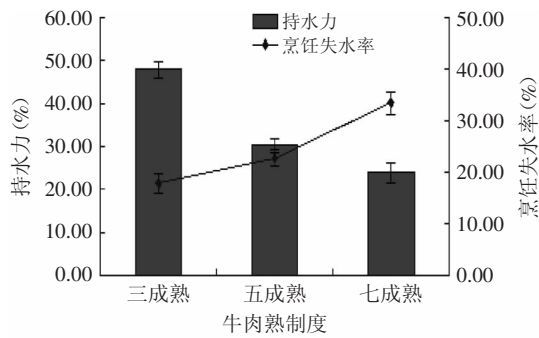


图1 不同熟制程度牛肉持水力和烹饪失水率

Fig.1 The losing rate of holding water and cooking water in different degrees of cooked beef

由图1可知,三种不同熟制程度牛肉的烹饪失水率随着熟制程度的增加而不断增大,且差异显著 ($p < 0.05$)。三成熟牛肉的烹饪失水率最小,为17.81%;七成熟牛肉的烹饪失水率最大,为33.38%,烹调失水率升高即表现为牛肉内部的肉汁排出量增加,导致牛肉在咀嚼过程中肉汁释放量减少,多汁性受到影响,此结果与Vote等^[9]研究类似,即中心温度越高,牛排的多汁性和嫩度越差。与烹饪失水率相反,持水力随着牛肉熟制程度的增加而减小,三成熟牛肉的持水力最大,为47.81%,与五成熟和七成熟牛肉持水力差异显著 ($p < 0.05$);五成熟牛肉持水力下降明显,与七成熟牛肉无显著差异 ($p > 0.05$),可能是牛肉在加热过程中,外表形成焦状硬壳,保护了牛肉内部的水分不再过多流失,使七成熟牛肉持水力相比五成熟牛肉不再有明显下降。

2.2 不同熟制程度牛肉剪切力变化

不同熟制程度牛肉剪切力变化情况,见图2。

剪切力的大小可以直观反映牛肉的嫩度。由图2可见,三成熟与五成熟牛肉的剪切力值无显著差异 ($p > 0.05$),与七成熟牛肉差异显著 ($p < 0.05$)。三成熟牛肉的剪切力最小,为54.8N;七成熟牛肉的剪切力最大,为76.4N。与李春保^[9]研究结果一致,即随着牛肉中心温度的上升,牛肉的剪切力也呈上升趋势,在50~65℃时牛肉的嫩度最好,剪切力值显著低于70~90℃的牛肉。同时周荣新^[10]也研究表明不同烹制中心温度对嫩度的影响差异显著,温度越高,嫩度越差。随着牛肉熟制程度增加,剪切力做功呈直线上升趋势,具备一定的线性关系,此线性关系式为 $y =$

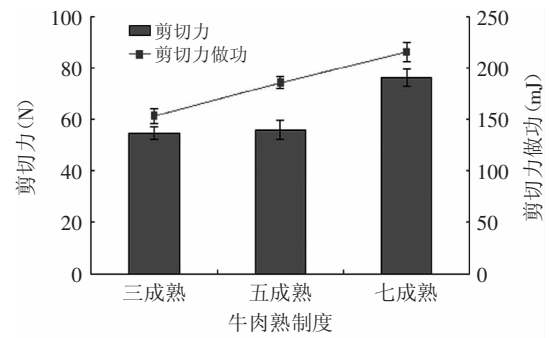


图2 不同熟制程度牛肉剪切力变化

Fig.2 The shearing force changes of different degrees of cooked beef

$31.150x + 122.9$, 式中 x 表示牛肉的熟制程度,三成熟、五成熟、七成熟分别以数字1、2、3表示; y 表示剪切力做功,单位为毫焦耳(mJ)。

2.3 不同成熟度牛肉的TPA物性变化

不同熟制程度牛肉的TPA物性值,见表3。

由表3可知,不同熟制程度牛肉之间部分TPA物性值变化差异显著 ($p < 0.05$),粘附性和咀嚼性增加幅度较大。三成熟牛肉的硬度、弹性、粘附性、胶黏性、咀嚼性最小,与对照组生牛肉的TPA物性值相差不大。五成熟牛肉的TPA物性值相比三成熟牛肉有所增加,与对照组生牛肉相比,硬度增加18.86%,弹性增加19.40%,粘附性增加20.16%,胶黏性增加21.94%,咀嚼性增加14.87%。七成熟时牛肉的TPA物性值增幅最大,与对照组生牛肉相比,硬度增加36.45%,弹性增加64.22%,粘附性增加57.27%,胶黏性增加32.95%,咀嚼性增加59.22%,此时牛肉的嫩度明显下降。总体上,三成熟牛肉的TPA物性与对照组生牛肉并无显著差异 ($p > 0.05$),与七成熟牛肉差异显著 ($p < 0.05$)。具体来看,在内聚性上,三种不同成熟度牛肉无显著差异 ($p > 0.05$)。三种成熟度牛肉在粘附性与胶粘性上表现为差异显著 ($p < 0.05$)。三成熟和五成熟牛肉在硬度上差异不显著 ($p > 0.05$),五成熟与七成熟牛肉在硬度上差异显著 ($p < 0.05$)。在弹性上,三成熟与五成熟牛肉无显著差异 ($p > 0.05$),与七成熟牛肉差异显著 ($p < 0.05$);在咀嚼性上,三成熟、五成熟牛肉与七成熟牛肉差异显著 ($p < 0.05$)。

2.4 不同熟制程度牛肉营养成分变化

不同熟制程度牛肉营养成分变化情况,见表4。

表3 不同熟制程度牛肉的TPA物性值

Table 3 The TPA properties of different degrees of cooked beef

物性	不同熟制程度牛肉			
	对照(生牛肉)	三成熟	五成熟	七成熟
硬度(N)	281.5±8.16 ^a	295.0±7.93 ^a	314.6±9.21 ^a	384.1±9.78 ^b
弹性(mm)	2.32±0.13 ^a	2.74±0.24 ^a	2.77±0.25 ^a	3.81±0.21 ^b
粘附性(mJ)	435.85±12.45 ^a	448.46±10.34 ^a	523.73±14.33 ^b	685.46±13.56 ^c
内聚性(Ratio)	0.41±0.0014 ^a	0.44±0.0021 ^a	0.42±0.0012 ^a	0.41±0.0025 ^a
胶黏性(N)	112.6±4.65 ^a	120.1±5.78 ^a	137.3±4.53 ^b	149.7±7.62 ^c
咀嚼性(mJ)	305.42±8.52 ^a	328.60±8.64 ^a	350.85±7.24 ^a	486.3±9.71 ^b

注:数据为平均值±标准差;同行肩标字母不同者差异显著 ($p < 0.05$)。

表4 不同熟制度牛肉营养成分变化

Table 4 The changes in nutrients of different degrees of cooked beef

牛肉成熟度	水分含量 (%)	灰分 (%)	粗脂肪 (%)	蛋白质 (%)
三成熟	61.93±1.56 ^a	1.21±0.01 ^a	11.46±0.32 ^a	21.34±0.53 ^a
五成熟	59.42±1.78 ^a	1.15±0.03 ^a	10.89±0.41 ^a	21.59±0.37 ^a
七成熟	49.38±1.34 ^b	1.13±0.02 ^a	9.23±0.35 ^b	21.64±0.15 ^a

注:数据为平均值±标准差;同列肩标字母不同者差异显著($p < 0.05$)。

由表4可知,七成熟与其他两组熟制度牛肉水分含量差异显著($p < 0.05$),三成熟时牛肉的水分含量最高61.93%,七成熟时牛肉的水分含量最低49.38%。不同成熟度牛肉之间灰分含量变化不显著($p > 0.05$),可见在烹饪过程中,无机物质的损失量相差不大。不同熟制度牛肉中粗脂肪含量随着熟制程度的增加而减少,在三成熟时最高11.46%,七成熟时最低9.23%,七成熟牛肉粗脂肪含量与其他两组成熟度牛肉差异显著($p < 0.05$),牛肉的排油率随着中心温度的升高在显著增加。不同熟制度牛肉的蛋白质含量变化幅度不大,差异不显著($p > 0.05$),中心温度的变化对牛肉的总体蛋白质含量并无显著影响。

2.5 不同熟制度牛肉pH变化

不同熟制度牛肉的pH变化情况,见图3。

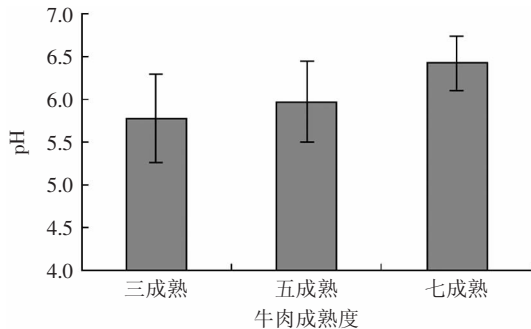


图3 不同熟制度牛肉pH变化

Fig.3 The changes in pH value of different degrees of cooked beef

由图3可以很清楚地看出随着牛肉熟制程度的增加,pH呈上升趋势。不同熟制程度牛肉的pH差异显著($p < 0.05$),三成熟时牛肉的pH最低5.82,七成熟时牛肉的pH最高6.23。屠宰后的牛肉都有一个自熟排酸的过程,在这个过程中,牛肉的pH会逐渐升高,显然此过程可较大程度的提高牛肉的pH。本实验显示了加热对牛肉pH的影响,可见牛肉从三成熟到七成熟的过程不仅是熟制程度的增加,还带有轻微的排酸作用。

2.6 不同成熟度牛肉的感官评分变化

采用两两对比评分法确定权重后,组织感官评定人员进行感官评价,每次品评10人参加,品评三次,分别得出评分1~3,以平均值±标准差的形式表示。不同熟制度牛肉的感官评分见表5。

表5 不同熟制度牛肉的感官评分

Table 5 The sensory score of different degrees of cooked beef

牛肉成熟度	评分1	评分2	评分3	平均分±标准差
三成熟	7.24	7.56	7.30	7.37±0.17 ^a
五成熟	7.54	7.52	7.32	7.46±0.12 ^a
七成熟	8.02	8.35	8.54	8.30±0.26 ^b

注:数据为平均值±标准差;同列肩标字母不同者表示差异显著($p < 0.05$)。

由表5可以看出七成熟牛肉与其他两组熟制度牛肉的感官评分有显著差异($p < 0.05$)。三成熟牛肉的感官评分最低,为7.37;七成熟牛肉的感官评分最高,达到8.30。随着牛肉熟制程度的增加,感官评分逐渐上升,虽然三成熟牛肉的剪切力最低,嫩度最好,但明显该嫩度下牛肉还未达到大多数消费者的食用要求。七成熟牛肉的感官评分最高,虽然该成熟度牛肉的剪切力值最高,嫩度不如三成熟、五成熟牛肉,但是随着加热时间的延长,中心温度的升高,牛肉的风味能更大限度地体现出来,且该熟制度牛肉具备更强的持水力,可在一定程度上保证食用时的多汁性,此时牛肉嫩度与肉质纤维均保持最佳。

3 结论

在烹调失水率方面,七成熟牛肉明显高于其他两组成熟度牛肉,中心温度的越高,加热时间越长,烹调失水率越大;牛肉的持水力随着中心温度的升高不断下降,相比较三成熟牛肉,五成熟牛肉持水力下降明显,且与七成熟牛肉无显著差异,可能是牛肉在加热过程中,外表形成焦状硬壳,保护了牛肉内部的水分不再过多流失,使七成熟牛肉持水力相比五成熟牛肉不再有明显下降。

不同熟制度牛肉营养成分数据显示,随熟制程度的增加,牛肉含水量与粗脂肪含量在逐渐下降。三种不熟制度牛肉的灰分含量与蛋白质含量变化幅度较小,表明中心温度的变化对牛肉无机物质与总体蛋白质含量无显著影响。

感官评分上,七成熟牛肉的感官评分最高,三成熟牛肉的感官评分最低。表明随加热时间的延长,牛肉中心温度的升高,牛肉产品风味能更大限度体现出来,且七成熟牛肉具备更强的持水力,可在一定程度上保证食用时的多汁性,此牛肉嫩度仍在消费者的可接受范围之内,更受众多感官评价者的喜爱。

参考文献

- [1] 李祥睿. 论牛肉嫩度的控制[J]. 扬州大学烹饪学报, 2003, 20(2): 21-23.
- [2] 余梅, 毛华明, 黄必志. 牛肉品质的评定指标及影响牛肉品质的因素[J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(2): 33-35.
- [3] B Agbeniga, EC Webb, HA O'Neill. Influence of Kosher (Shechita) and conventional slaughter techniques on shear force, drip and cooking loss of beef[J]. South African Journal of Animal Science, 2013, 43: 99-100.
- [4] 张伟力. 猪肉系水力的测定方法[J]. 养猪, 2002(3): 25-26.

(下转第109页)

蛋白回收率、水解度、清除羟自由基和DPPH自由基能力影响最大的组分分别为基质蛋白、肌原纤维蛋白、肌浆蛋白、肌浆蛋白, 这为罗非鱼肉酶解机理的研究提供了一定的参考。

3.3 对罗非鱼肉各组分蛋白进行了酶解, 对酶解机理进行初步探索, 当前这方面的研究还比较少; 同时, 相对用蛋白酶直接酶解罗非鱼肉蛋白, 酶解组分蛋白得到的酶解产物可能更纯, 这为后续酶解液的分离纯化提供了一些思路。

参考文献

- [1] Dai H N, Zhong JQ, Bomi R, et al. *In vitro* antioxidant activity of a peptide isolated from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) scale gelatin in free radical-mediated oxidative systems[J]. *Journal of Functional Foods*, 2010, 2(2): 107-117.
- [2] Samaranyakaa G P, Li-chan E C Y. Autolysis-assisted production of fish protein hydrolysates with antioxidant properties forms pacific hake (*Merluccius productus*) [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107: 768-776.
- [3] Da YZ, Tang Y, Zhu BW, et al. Antioxidant activity of hydrolysates obtained from scallop (*Patinoptecten yessoensis*) and abalone (*Haliotis discus hannai Ino*) muscle [J]. *Food Chemistry*, 2012, 132(2): 815-822.
- [4] You LJ, Zhao MM, Cui C, et al. Effect of degree of hydrolysis on the antioxidant activity of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) protein hydrolysates [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2009, 10(2): 235-240.
- [5] 丁利君, 何颖基, 梁燕. 非洲鲫鱼蛋白酶解物的抗氧化研究 [J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(11): 1-5.
- [6] 邓敏, 朱志伟, 欧善堂, 等. 利用响应面法优化酶解罗非鱼制备抗氧化肽的研究 [J]. *现代食品科技*, 2011, 27(10): 1242-1245.
- [7] 尤娟, 罗永康, 沈慧星, 等. 酶法制备鲑鱼蛋白抗氧化肽研究 [J]. *渔业现代化*, 2010, 37(3): 42-47.
- [8] 阎欲晓. 罗非鱼活性肽分离及抗氧化能力研究 [J]. *水产科学*, 2009, 28(5): 276-279.
- [9] 胡晓, 孙恢礼, 李来好, 等. 我国酶解法制备水产功能性肽的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2012, 33(24): 410-413.
- [10] 陈胜军, 李来好, 杨贤庆, 等. 罗非鱼综合加工利用与质量安全控制技术研究进展 [J]. *南方水产科学*, 2011, 7(4): 85-90.
- [11] 唐小丹, 周春霞, 洪鹏志, 等. 罗非鱼肉蛋白的分离及其性质研究 [J]. *食品科技*, 2011, 36(6): 156-159, 166.
- [12] 刘在军, 岑剑伟, 李来好, 等. 罗非鱼血液综合利用的研究思路及展望 [J]. *南方水产科学*, 2012, 8(2): 76-80.
- [13] 韩道财, 洪鹏志, 杨萍. 均匀设计法优化罗非鱼肉富肽酶

解液制备工艺 [J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(1): 155-158.

- [14] 赵珊珊, 朱志伟, 曾庆孝, 等. 不同蛋白酶酶解罗非鱼肉制备蛋白水解液的过程变化规律研究 [J]. *现代食品科技*, 2008, 24(2): 115-119.
- [15] 马赛蕊, 胡晓, 吴燕燕, 等. 罗非鱼肉蛋白酶解液的抗氧化活性 [J]. *食品科学*, 2012, 33(19): 52-56.
- [16] Hashimoto K, Watabe S, Kono M, et al. Muscle protein composition of sardine and mackerel [J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1979, 45: 1435-1441.
- [17] Visessanguan W, Benjakul S, Riebroy S, et al. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics [J]. *Meat Sci*, 2004, 66: 579-588.
- [18] Saito T. Effect of thermal on extraction of proteins from meats [J]. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 1983, 46: 1569-1597.
- [19] 张意静. *食品分析技术* [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 186-194.
- [20] 朱俭. *生物化学实验* [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 100-159.
- [21] Jin M, Cai YX, Li JR, et al. 1,10-Phenanthroline-Fe²⁺ oxidative assay of hydroxyl radical produced by H₂O₂/Fe²⁺ [J]. *Progress in Biochemistry and Biophysics*, 1996, 23(6): 553-555.
- [22] Baea S H, Suh H J. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2006, 40(3): 955-962.
- [23] 朱志伟, 曾庆孝, 林奕封. 采用控制酶解法从罗非鱼肉中制备血管紧张素转化酶抑制肽 [J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(12): 71-76.
- [24] 何婷. 蓝园鲈蛋白控制酶解及酶解物抗氧化特性研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2008.
- [25] 李琳, 赵谋明. 鳙鱼蛋白酶解液清除自由基的研究 [J]. *水产科学*, 2005, 24(10): 15-18.
- [26] Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, et al. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1992, 40(6): 945-948.
- [27] Bondet V, Brand W W, Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH· free radical method [J]. *Food Science and Technology*, 1997, 30(6): 609-615.
- [28] 杨铭铎, 吴莹莹, 张洪微. 不同酶解法水解黑龙江小麦胚蛋白的抗氧化功能比较研究 [J]. *食品科学*, 2011, 32(2): 124-126.
- [29] 任娇艳. 草鱼蛋白源抗疲劳生物活性肽的制备分离及鉴定技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2008.

(上接第104页)

- [5] 李辉. 低压环境下烹饪牛排的营养及工艺优化研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2012: 23.
- [6] 武银萍, 刘羽扬. AHP在事业单位绩效考核权重中的应用 [J]. *武汉电力职业技术学院学报*, 2009, 7(4): 68-70.
- [7] 郭爱明, 郭耀邦. 层次分析法确定食品质量指标权重 [J]. *食品科学*, 1994(7): 6-9.
- [8] VOTE DJ, PLATTER WJ, TATUM JD, et al. Injection of beef

strip loins with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate, and sodium chloride to enhance palatability [J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78: 952-957.

- [9] 周荣新. 西冷牛排食用品质保证关键控制点的研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008: 33.
- [10] 李春保. 牛肉结缔组织变化对嫩度影响的研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2006: 18.