

# 鱼糕质构的仪器分析与感官评定间的相关性

## Correlation between sensory evaluation and instrumental analysis of kamabokos texture

王 丹<sup>1</sup> 姜启兴<sup>1</sup> 许艳顺<sup>1,2</sup> 夏文水<sup>1</sup> 王海鸥<sup>1</sup>

WANG Dan<sup>1</sup> JIANG Qi-xing<sup>1</sup> XU Yan-shun<sup>1,2</sup> XIA Wen-shui<sup>1</sup> WANG Hai-ou<sup>1</sup>

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 浙江省健康智慧厨房系统集成重点实验室, 浙江 宁波 315336)

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Key Laboratory of Healthy & Intelligent Kitchen System Integration, Ningbo, Zhejiang 315336, China)

**摘要:**质构是鱼糕品质的决定性因素,为了建立一种客观的品质评价方法,对目前市场上不同品牌鱼糕的感官评定结果与仪器分析结果的相关性进行研究,以期对定量表达鱼糕的感官质构特性提出理论依据。选用了 10 种市售销量大的鱼糕,进行感官评定,并使用物性分析仪进行质地剖面分析。进而运用主成分分析法与相关性分析法对感官评定与仪器分析的测定结果进行讨论。结果表明,二者之间具有一定的相关性。为进一步评价鱼糕的质构特性,以仪器分析指标为自变量,感官评定指标为因变量,进行逐步回归分析,建立具有统计意义的鱼糕质构特性的预测方程。

**关键词:**鱼糕;质构;感官评定;相关性分析

**Abstract:** Texture is a decisive factor in the quality of Kamabokos. In order to find an objective evaluation method of Kamabokos' texture, the correlation was studied between sensory evaluation and TPA results by collecting different brands Kamabokos. 10 kinds of Kamabokos, which were most popular in market, were collected, evaluated by the sensory evaluation. Meanwhile, the profile analysis was made by TPA (Texture Profile Analysis). Then PCA (Principal component analysis) and correlation analysis of the determination results were studied. The results showed that there was correlation between the sensory evaluation and TPA analysis by texture analyzer. For further evaluation of Kamabokos, stepwise regression analysis was conducted, in which instrument analysis indicators were as independent variables and sensory evaluation index was as the dependent variable. The prediction equations were established and significance in statistics.

**Keywords:** kamaboko; texture; sensory evaluation; correlation analysis

渔业在中国经济发展中占有重要比例。根据 2015 年中国渔业年鉴<sup>[1-14]</sup>的统计,中国整个渔业经济总产值超过 2 万亿元,占到了食品行业总产值的 1/6。中国是世界上淡水鱼产量最大的国家,且近年来产量呈现逐年递增趋势,2014 年淡水鱼产量达到 3 165.3 万 t<sup>[1]</sup>。然而,相比于其他国家,中国淡水鱼仍然以鲜销为主,存在加工率严重不足、产品附加值低等问题<sup>[2]</sup>。

鱼糕是中国湖北荆州一带的一种传统鱼糜制品,因其口感嫩滑,营养丰富,而受到消费者的喜爱。目前市场上的鱼糕多为作坊式生产,各个商家品质不一,极大地阻碍了鱼糕产业的发展。

质构特性是衡量鱼糜制品品质的主要指标之一<sup>[-3-4]</sup>,目前企业主要使用感官评定法进行评价,然而感官评定法虽然直观,但易受评价员的主观因素影响,并且程序繁琐,对环境及人员要求高,导致成本太高,评定结果准确度不够稳定,因此长期开展具有一定的局限性<sup>[5]</sup>。所以,建立利用简便易行、标准化程度高的客观的仪器分析对感官性状进行预测的方法具有重要的现实意义。该方法已在面制品<sup>[6-7]</sup>、豆制品<sup>[8]</sup>、甜品<sup>[9-10]</sup>、肉类<sup>[11-12]</sup>等研究中取到应用,分别得到了不同匹配度等级的预测方程,对工业生产具有一定的指导意义。而目前还未见运用主成分分析法与相关性分析法对感官评定与仪器分析的测定结果建立鱼糕质构特性预测方程的报道。

本研究拟采用感官评定法与质地剖面分析法(texture profile analysis, TPA)分别检测鱼糕的质构性质,研究二者的相关性并建立预测模型,以期对鱼糕的生产指导及质地评价提供理论参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与仪器

##### 1.1.1 材料与试剂与试剂

鱼糕:共 10 种,均为从超市及网店选购的目前中国销量

**基金项目:**国家大宗淡水鱼产业技术体系建设专项(编号:CARS-46)

**作者简介:**王丹,女,江南大学在读硕士研究生。

**通讯作者:**王海鸥(1956—),女,江南大学副教授。

E-mail: howang@126.com

**收稿日期:**2015-12-31

大的产品,将样品随机编号。在 4 ℃ 的温度下解冻 12 h,蒸箱 100 ℃ 蒸制 5 min,冷却至室温。

1.1.2 主要仪器设备

物性分析仪:TA.XT plus 型,英国 SMS 公司;  
蒸箱:SCD26-C2E 型,宁波方太厨具有限公司;  
电热恒温水浴锅:DK-8AXX 型,上海一恒科学仪器有限公司。

1.2 鱼糕质构的感官评定

感官分析方法参照 GB/T 16860—1997 进行。  
由 12 名经专业培训的感官评定员组成感官评定小组,在标准感官评定室进行感官评价。将样品切成边长 2 cm 的立方体,置于 40 ℃ 恒温水浴锅中保温备用<sup>[13]</sup>。试验采用 1~9 分评分标准,感官评定各指标标准见表 1。结果取算术平均值<sup>[14]</sup>。

1.3 鱼糕质构仪器分析

将样品取出恢复室温,切成 2.0 cm×2.0 cm×2.0 cm 的立方体。使用 TA-XTPlus 物性分析仪对鱼糕进行质地剖面分析。选取 P/25R 平底柱形探头,设置测试条件为:测前速率 2 mm/s,测试速度 1 mm/s,测后速度 2 mm/s,下压比例 50%,每组样品重复测试 6 次,结果取平均值<sup>[15]</sup>。

1.4 数据统计分析方法

应用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。

2 结果与讨论

2.1 鱼糕质构分析结果

对 10 种鱼糕的质构进行感官评定,结果见表 2。由表 2 可知,各感官评定结果间差异显著(P<0.05)。样品 1 和样品 6 与其他鱼糕间各项指标均呈现较为显著的差异。样品 2、3、4、5、7、8 之间具有一定的差异性。样品 9 与 10 除弹性外,无显著差异。

对 10 种鱼糕进行质地剖面分析,结果见表 3。由表 3 可知,鱼糕的硬度与内聚性具有显著性差异。部分样品间的咀嚼性、弹性与回复性具有一定的差异性。同时,经过仪器检测,样品 1、4、6 也与其他样品呈现较为显著的差异性,这与鱼糕的感官结果比较一致。

2.2 感官评定结果的主成分分析

对感官评定结果进行主成分分析(principal component analysis,PCA),所得特征值及方差贡献率见表 4。由表 4 可知,前 2 个主成分的方差贡献率累计达 66.33%,分别为 41.23%和 25.11%。选取特征值大于 1 的前两个主成分得分绘制载荷图,见图 1。

由图 1 可知,成分 1 中的主要感官指标是硬度、弹性与咀嚼性。可能是硬度越大的鱼糕,恢复形变的速度越快,咀嚼所需要的能量也越高,所以以上 3 种指标具有相关性。成分 2 中的主要感官指标是紧密性。

| 表 1 鱼糕感官评定评分标准                                         |                               |     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|
| Table 1 The standard of sensory evaluation of kamaboko |                               |     |
| 评定项目                                                   | 评分标准                          | 分值  |
| 硬度                                                     | 均匀咀嚼时,咬断鱼糕的力较大                | 1~3 |
|                                                        | 均匀咀嚼时,咬断鱼糕的力适中                | 4~6 |
|                                                        | 均匀咀嚼时,咬断鱼糕的力较小                | 7~9 |
| 弹性                                                     | 手指下压 30%,按压后表层断裂              | 1~3 |
|                                                        | 手指下压 30%,按压后表层无断裂,但不能恢复原状,有凹陷 | 4~6 |
|                                                        | 手指下压 30%,指压后迅速恢复原状,有良好弹性      | 7~9 |
| 紧密性                                                    | 断面结构松散,气孔大小不一,分布不均            | 1~3 |
|                                                        | 断面较密实,气孔较小,分布较均匀              | 4~6 |
|                                                        | 断面致密光滑,气孔小且分布均匀               | 7~9 |
| 多汁性                                                    | 口感粗糙,颗粒感重,汁液较少                | 1~3 |
|                                                        | 较细腻,有轻微颗粒感,汁液适中               | 4~6 |
|                                                        | 细腻滑嫩,无油腻感,汁液较多                | 7~9 |
| 咀嚼性                                                    | 在口腔中咀嚼及吞咽所需的能量较小              | 1~3 |
|                                                        | 在口腔中咀嚼及吞咽所需的能量适中              | 4~6 |
|                                                        | 在口腔中咀嚼及吞咽所需的能量较大              | 7~9 |

表 2 鱼糕质构的感官评定结果<sup>†</sup>  
Table 2 The results of sensory evaluation of kamabokos

| 样品 | 硬度                      | 弹性                      | 紧密性                      | 多汁性                      | 咀嚼性                      |
|----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1  | 3.20±0.71 <sup>a</sup>  | 3.66±1.02 <sup>a</sup>  | 5.50±1.55 <sup>ab</sup>  | 7.62±1.33 <sup>a</sup>   | 3.12±1.00 <sup>a</sup>   |
| 2  | 6.45±0.81 <sup>b</sup>  | 5.75±1.03 <sup>bc</sup> | 7.75±1.28 <sup>c</sup>   | 5.75±1.81 <sup>bc</sup>  | 6.25±1.76 <sup>bcd</sup> |
| 3  | 4.38±1.20 <sup>c</sup>  | 3.75±0.98 <sup>a</sup>  | 6.29±1.41 <sup>bd</sup>  | 5.75±1.03 <sup>bc</sup>  | 4.19±0.80 <sup>e</sup>   |
| 4  | 6.87±0.93 <sup>b</sup>  | 5.83±1.11 <sup>c</sup>  | 5.62±1.36 <sup>abd</sup> | 5.41±1.14 <sup>b</sup>   | 7.04±1.35 <sup>df</sup>  |
| 5  | 5.05±0.81 <sup>cd</sup> | 4.33±0.53 <sup>ad</sup> | 6.27±1.48 <sup>bd</sup>  | 5.41±1.34 <sup>b</sup>   | 5.29±1.05 <sup>b</sup>   |
| 6  | 8.04±1.21 <sup>e</sup>  | 6.25±1.11 <sup>c</sup>  | 4.62±0.97 <sup>a</sup>   | 5.58±1.22 <sup>b</sup>   | 7.83±1.33 <sup>f</sup>   |
| 7  | 5.25±0.32 <sup>d</sup>  | 4.91±0.76 <sup>bd</sup> | 6.25±1.24 <sup>bd</sup>  | 5.26±1.19 <sup>b</sup>   | 5.16±1.19 <sup>be</sup>  |
| 8  | 5.33±1.15 <sup>d</sup>  | 6.08±0.90 <sup>c</sup>  | 6.75±0.33 <sup>cd</sup>  | 6.98±1.09 <sup>ad</sup>  | 6.42±1.04 <sup>cd</sup>  |
| 9  | 5.22±0.84 <sup>d</sup>  | 4.75±1.48 <sup>d</sup>  | 6.33±1.41 <sup>bd</sup>  | 6.79±0.83 <sup>acd</sup> | 5.79±0.94 <sup>bc</sup>  |
| 10 | 5.04±1.13 <sup>cd</sup> | 5.79±1.07 <sup>bc</sup> | 6.40±1.04 <sup>bd</sup>  | 6.08±1.81 <sup>bcd</sup> | 5.54±1.60 <sup>bc</sup>  |

<sup>†</sup> 同列中字母不同者表示有显著性差异(P<0.05)。

表 3 鱼糕质构的仪器分析结果<sup>†</sup>

Table 3 The results of texture measurement of kamabokos

| 样品 | 硬度/kg                   | 弹性                      | 内聚性                     | 回复性                     | 咀嚼性/kg                  |
|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1  | 0.36±0.18 <sup>a</sup>  | 0.92±0.02 <sup>a</sup>  | 1.24±0.06 <sup>a</sup>  | 0.55±0.04 <sup>ab</sup> | 0.46±0.10 <sup>a</sup>  |
| 2  | 1.26±0.06 <sup>b</sup>  | 0.97±0.02 <sup>b</sup>  | 0.89±0.03 <sup>b</sup>  | 0.56±0.04 <sup>ab</sup> | 1.28±0.17 <sup>bc</sup> |
| 3  | 1.54±0.07 <sup>bc</sup> | 1.01±0.03 <sup>c</sup>  | 0.87±0.01 <sup>b</sup>  | 0.51±0.01 <sup>ac</sup> | 1.30±0.09 <sup>bc</sup> |
| 4  | 2.72±0.25 <sup>d</sup>  | 0.97±0.01 <sup>bc</sup> | 0.46±0.01 <sup>c</sup>  | 0.56±0.03 <sup>b</sup>  | 0.52±0.11 <sup>a</sup>  |
| 5  | 1.55±0.18 <sup>c</sup>  | 1.01±0.02 <sup>d</sup>  | 0.87±0.02 <sup>b</sup>  | 0.51±0.01 <sup>ac</sup> | 1.34±0.07 <sup>bc</sup> |
| 6  | 2.64±0.05 <sup>d</sup>  | 0.91±0.01 <sup>a</sup>  | 0.87±0.03 <sup>b</sup>  | 0.47±0.03 <sup>c</sup>  | 1.89±0.23 <sup>cd</sup> |
| 7  | 2.40±0.23 <sup>e</sup>  | 0.97±0.04 <sup>bc</sup> | 0.87±0.03 <sup>b</sup>  | 0.56±0.04 <sup>ab</sup> | 1.90±0.25 <sup>cd</sup> |
| 8  | 0.76±0.01 <sup>f</sup>  | 1.50±0.03 <sup>bc</sup> | 1.53±0.06 <sup>ad</sup> | 0.59±0.03 <sup>b</sup>  | 1.81±0.03 <sup>cd</sup> |
| 9  | 0.59±0.05 <sup>f</sup>  | 0.98±0.03 <sup>bc</sup> | 0.89±0.01 <sup>b</sup>  | 0.54±0.03 <sup>ab</sup> | 0.51±0.04 <sup>a</sup>  |
| 10 | 1.43±0.01 <sup>bc</sup> | 0.98±0.02 <sup>bc</sup> | 1.84±0.05 <sup>e</sup>  | 0.54±0.04 <sup>ab</sup> | 2.51±0.19 <sup>d</sup>  |

<sup>†</sup> 同列中字母不同者表示有显著性差异(P<0.05)。

表 4 鱼糕感官评定结果的成分特征根与方差贡献率

Table 4 The component and cumulative contribution for sensory evaluation of komobokos

| 主成分 | 特征值     | 贡献率/%    | 累计贡献率/%   |
|-----|---------|----------|-----------|
| 1   | 2.061 3 | 41.225 2 | 41.225 2  |
| 2   | 1.255 3 | 25.105 2 | 66.330 3  |
| 3   | 0.690 6 | 13.812 5 | 80.142 8  |
| 4   | 0.548 7 | 10.974 4 | 91.117 2  |
| 5   | 0.444 1 | 8.882 8  | 100.000 0 |

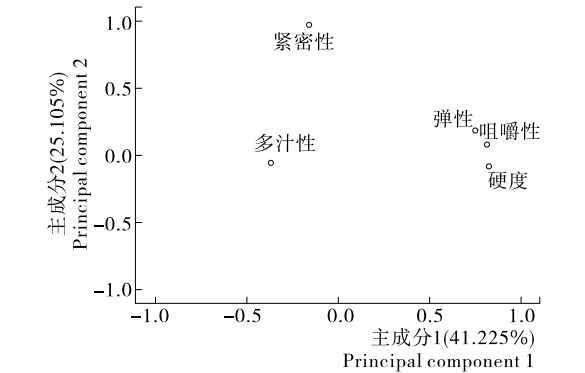


图 1 鱼糕感官评定结果的主成分载荷图

Figure 1 PCA biplot of the results of kamabokos' sensory evaluation

将 10 种样品感官评定的主成分分析结果绘制 PCA 得分图,见图 2。由图 2 可知,样品较为均匀的分布于各象限,表明样品间差异显著(P<0.05),且样品 1、2、6 偏移量较大,也与仪器测试结果比较一致。

将 PCA 结果与感官评定结果对比可知,感官评定中评分较高接受性较高的样品均位于第一象限,而样品 1、6 较偏向于成分 2 的负方向,可见硬度过高或过低均不易被接受,样品 3、5、7、9 偏向成分 1 的负方向,可见弹性较低产品也不易被接受。因此,要想获得较高的接受度,应保持适中的硬度与良好的弹性。

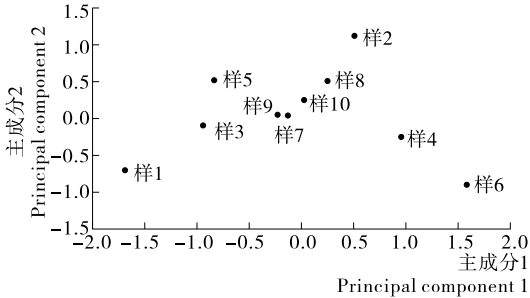


图 2 鱼糕样品的 PCA 得分图

Figure 2 PCA score plot of the results of kamabokos' sensory evaluation

2.3 鱼糕感官评定指标间的相关性分析

对鱼糕的感官评定指标间进行皮尔逊相关分析,结果见表 5。由表 5 可知,鱼糕感官评定的各指标间具有一定的相关性,硬度与弹性( $r=0.479$ , $P<0.01$ )及咀嚼性( $r=0.537$ , $P<0.01$ )之间有极显著的正相关性。这可能是当产品硬度较大时,其受到挤压恢复形变的速度较快,弹性得分就高。同时,产品越硬,咀嚼时就越费力,所做的功就越高<sup>[16]</sup>。另外,弹性与咀嚼性( $r=0.442$ , $P<0.01$ )之间也达到了极显著正相关。同上可知,样品弹性越好,抗拒形变的力就越大,咀嚼所需耗费的功也越高。而多汁性与咀嚼性( $r=0.224$ , $P<0.05$ )呈显著负相关。可能是汁液越多的样品越松软,孔隙越多,咀嚼所需的力越小,做功越少。

表 5 鱼糕感官评定结果间的相关性<sup>†</sup>

Table 5 Correlation analysis among the results of sensory evaluation

| 指标  | 硬度      | 弹性      | 紧密性    | 多汁性     | 咀嚼性     |
|-----|---------|---------|--------|---------|---------|
| 硬度  | 1.000   | 0.479** | -0.142 | -0.153  | 0.537** |
| 弹性  | 0.479** | 1.000   | -0.002 | -0.106  | 0.442** |
| 紧密性 | -0.142  | -0.002  | 1.000  | 0.025   | -0.052  |
| 多汁性 | -0.153  | -0.106  | 0.025  | 1.000   | -0.224* |
| 咀嚼性 | 0.537** | 0.442** | -0.052 | -0.224* | 1.000   |

<sup>†</sup> \*\* . 极显著; \* . 显著。

2.4 鱼糕感官评定与仪器分析间的相关性

对鱼糕的感官评定与仪器分析的指标之间进行皮尔逊相关分析,结果见表6。由表6可知,鱼糕的感官评定结果与其仪器分析结果二者之间具有一定的相关性。其中,仪器分析的硬度与感官评定的硬度( $r=0.503, P<0.01$ )、弹性( $r=0.438, P<0.01$ )之间有极显著的正相关性,与感官咀嚼性( $r=0.380, P<0.05$ )之间有显著正相关性。Rahman M S等<sup>[17]</sup>对鱼肉肠进行感官评定及质构压缩测试,结果表明仪器测试硬度与感官指标之间具有显著的相关性,这与本研究结果一致。同时仪器分析的咀嚼性与感官硬度( $r=0.358, P<0.05$ )、弹性( $r=0.323, P<0.05$ )、咀嚼性( $r=0.336, P<0.05$ )达到了显著正相关。内聚性与回复性的结果间相关性较差,可能是在感官评定时易受硬度与弹性、等指标的干扰。综上可见,感官评定与仪器分析结果存在一定差异。

表6 鱼糕感官评定与仪器分析结果间的相关性<sup>†</sup>  
Table 6 Correlation analysis between the sensory evaluation and TPA analysis

| 感官评定指标 | 仪器分析指标  |        |        |        |        |
|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
|        | 硬度      | 弹性     | 内聚性    | 回复性    | 咀嚼性    |
| 硬度     | 0.503** | -0.063 | -0.031 | -0.263 | 0.358* |
| 弹性     | 0.438** | -0.040 | -0.011 | -0.189 | 0.323* |
| 紧密性    | 0.283   | 0.159  | -0.166 | -0.223 | 0.078  |
| 多汁性    | -0.203  | -0.192 | -0.103 | -0.085 | -0.302 |
| 咀嚼性    | 0.380*  | -0.083 | -0.012 | -0.134 | 0.336* |

† \*\* . 极显著; \* . 显著。

2.5 逐步回归分析

以仪器分析指标硬度( $X_1$ )、弹性( $X_2$ )、内聚性( $X_3$ )、回复性( $X_4$ )及咀嚼性( $X_5$ )作为自变量,以主成分分析中的感官评定指标硬度、弹性、紧密性、多汁性及咀嚼性作为因变量 $Y_1\sim Y_5$ ,进行逐步回归分析,结果见表7。通过筛选及显著性验证,可得到感官硬度、紧密性、多汁性的最优回归模型,剔除弹性与咀嚼性的回归模型而弹性与咀嚼性的回归模型经显著性检验不显著( $P>0.05$ ),故剔除。Meullenet等<sup>[18]</sup>研究表明,感官硬度可以用预测模型进行预测,而弹性与咀嚼性则较难预测,这与该研究结果一致。

2.6 感官评定预测模型的验证

为验证预测模型的准确性,对3种市售鱼糕及1种自制

表7 感官评定与仪器分析间的逐步回归分析<sup>†</sup>  
Table 7 Stepwise regressions for sensory evaluation as functions of TPA analysis

| 感官评定指标    | 负相关系数 $R$ | 决定系数 $R^2$ | 显著性   | 预测模型                  |
|-----------|-----------|------------|-------|-----------------------|
| 硬度 $Y_1$  | 0.726     | 0.527      | 0.025 | $Y_1=1.118X_1+3.782$  |
| 紧密性 $Y_2$ | 0.894     | 0.799      | 0.010 | $Y_2=4.843X_3+2.514$  |
| 多汁性 $Y_3$ | 0.856     | 0.733      | 0.002 | $Y_3=-0.813X_1+7.306$ |

†  $X_1$ . 硬度; $X_3$ . 内聚性。

鱼糕进行感官评定及仪器检测,比较感官评定结果与预测方程之间的误差,对比结果见表8。由表8可知,平均误差最大为多汁性(7.43%),最小为硬度(5.04%),感官评定预测的准确程度依次为硬度>紧密性>多汁性,说明预测方程能准确预测鱼糕的质构特性。

表8 感官评定实际值与预测值的误差  
Table 8 Deviation between actual and predicted sensory characteristics

| 评定项 | 样品数 | 平均相对误差/% |
|-----|-----|----------|
| 硬度  | 12  | 5.04     |
| 紧密性 | 12  | 5.75     |
| 多汁性 | 12  | 7.43     |

3 结论

本试验采用质地剖面法与感官评价法对市场上不同品牌鱼糕的质构特性进行了研究。对其测定结果进行了主成分分析与相关性分析,主成分分析结果得到的前两个主成分可代表66.33%的数据,相关性分析结果表明,鱼糕的感官评价结果与仪器分析结果间存在一定的相关性。为进一步确定二者间的相关性关系,对其进行了以仪器分析指标作为自变量,主成分分析中的感官评定指标作为因变量,进行逐步回归分析,得到了感官硬度、紧密性与多汁性的3个预测方程,分别为感官硬度 $Y_1=1.118X_1+3.782(R^2=0.527)$ 、紧密性 $Y_2=4.843X_2+2.514(R^2=0.799)$ 、多汁性 $Y_3=-0.813X_3+7.306(R^2=0.733)$ 。预测方程可为评价鱼糕制品质地提供参考,但对于鱼糕弹性与咀嚼性等更为精确的感官预测模型,还需进行进一步研究。

参考文献

[1] 农业部渔业渔政管理局. 2015 中国渔业统计年鉴[Z]. 北京: 中国农业出版社, 2015.

[2] Liu Da-song, Li Liang, Xia Wen-shui, et al. Biochemical and physical changes of grass carp (Ctenopharyngodon idella) fillets stored at  $-3$  and  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  [J]. Food Chemistry, 2013, 140(1): 105-114.

[3] 李红霞, 黄艳春, 熊善柏, 等. 鱼糜制品品质的评价指标研究 [EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线, [2005-04-04]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/200504-8>.

[4] 张崑, 王卫, 张佳敏. 鱼糜及鱼糜制品质构的评价方法[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2010, 29(3): 205-207.

[5] Brady P L, Hunecke M E. Correlations of sensory and instrumental evaluations of roast beef texture [J]. Journal of Food Science, 1985, 50(2): 300-303

[6] 赵清霞, 郑环宇, 丁阳月, 等. 湿豆渣面包仪器质构与感官质构相关性分析[J/OL]. 食品工业科技, [2015-10-16]. <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20151016.1317.002.html>.

[7] 赵延伟, 吕振磊, 王坤, 等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 25-28.

(下转第 210 页)

缩率与高度收缩率、剪切力、蒸煮损失呈显著正相关( $P<0.05$ ),相关系数分别为 0.953,0.975,0.937;高度收缩率与剪切力、蒸煮损失呈显著正相关( $P<0.05$ ),相关系数分别为 0.892,0.901;剪切力与蒸煮损失呈显著正相关( $r=0.954$ )。

由以上分析可知,除感官评价外, $L^*$  值、 $a^*$  值、长度收缩率、宽度收缩率、高度收缩率、剪切力、蒸煮损失各指标均显著相关。 $L^*$  值和  $a^*$  值随热处理温度的增加呈现劣变趋势,表现为数值减小;而长度收缩率、宽度收缩率、高度收缩率、剪切力、蒸煮损失各指标评价数值随热处理温度的增加而增加;故表现为  $L^*$  值和  $a^*$  值与其他指标呈负相关,而长度收缩率、宽度收缩率、高度收缩率、剪切力、蒸煮损失各指标间呈正相关。

### 3 结论

在热处理中,随着温度的增加,牦牛肉的亮度值  $L^*$  和 red 度值  $a^*$  显著下降;牦牛肉的剪切力、蒸煮损失和长度、宽度、高度方向的收缩率显著上升;牦牛肉的感官品质先下降后上升,在 80℃ 时感官评分最高。相关性分析结果表明除感官评价外,各指标间存在显著相关性, $L^*$  值和  $a^*$  值与其他指标呈显著负相关,而长度收缩率、宽度收缩率、高度收缩率、剪切力、蒸煮损失与其他指标间呈显著正相关。综合分析得出,热处理使牦牛肉的品质下降,但根据不同的产品定位和消费者需求选择适宜的加工温度可使牦牛肉具有较好的品质。本试验研究了牦牛肉品质随热处理温度增加的变化规律,但没有深入探讨温度变化对牦牛肉蛋白质变性和风味形成的影响,这将是下一步研究的重点。

### 参考文献

[1] 马志杰. 牦牛 Y 染色体分子遗传学研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(2): 93-99.

[2] Wang Qiang, Zhao Xin, Ren Yan-rong, et al. Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak (poephagus grunniens) body fat[J]. Meat science, 2013, 94(4): 489-494.

[3] 余群力, 蒋玉梅, 王存堂, 等. 白牦牛肉成分分析及评价[J]. 中国食品学报, 2005, 5(4): 124-127.

(上接第 27 页)

[8] 乔明武, 张莹, 杨月, 等. 感官评定与仪器分析在北豆腐品质评价中的应用[J]. 大豆科学, 2011, 30(4): 648-651.

[9] 李丹丹, 李汴生, 阮征. 凝胶软糖质构特性的感官评定与仪器分析研究[J]. 食品工业, 2011(7): 47-49.

[10] 朱川, 刘雅, 钟芳, 等. 冰淇淋感官评定方法的建立[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 127-131.

[11] 刘兴余, 金邦荃, 詹巍, 等. 猪肉质构的仪器测定与感官评定之间的相关性分析[J]. 食品科学, 2007(4): 245-248.

[12] 殷俊, 梅灿辉, 陈斌, 等. 肉丸品质的质构与感官分析[J]. 现代食品科技, 2011, 27(1): 50-55.

[13] 赵改名, 郝红涛, 柳艳霞, 等. 肉糜类制品质地的感官评定方法[J]. 中国农业大学学报, 2010(2): 100-105.

[4] 田甲春, 余群力, 保善科, 等. 不同地方类群牦牛肉营养成分分析[J]. 营养学报, 2011, 33(5): 531-533.

[5] 潘和平, 杨具田, 臧荣鑫, 等. 白牦牛肉感的研制[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(2): 148-149.

[6] 李升升, 靳义超, 谢鹏. 热鲜牦牛肉贮存期间品质变化研究[J]. 食品工业, 2015, 36(9): 76-78.

[7] Jeremiah L E, Gibson L L, Aalhus J L, et al. Assessment of palatability attributes of the major beef muscles[J]. Meat science, 2003, 65(3): 949-958.

[8] Dubost A, Micol D, Picard B, et al. Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality[J]. Meat science, 2013, 95(3): 555-561.

[9] 罗章, 马美湖, 孙术国, 等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成和质构特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 148-154.

[10] 黄明, 黄峰, 张首玉, 等. 热处理对猪肉食用品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 189-192.

[11] 李向红, 王建辉, 靳娜, 等. 海藻酸钠复合膜对带壳鲜莲贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 169-173.

[12] 李升升, 李全, 靳义超, 等. 犏牛排加工技术研究[J]. 食品工业, 2014, 35(6): 37-40.

[13] 杨立新, 赵亚许, 王建中. 高密度二氧化碳技术对预包装红烧肉菜肴储藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 174-176.

[14] Lorenzen C L, Taylor J F, Neely T R, et al. Beef customer satisfaction: Trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force values[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81(1): 143-149.

[15] Bayraktaroglu A G, Kahraman T. Effect of muscle stretching on meat quality of biceps femoris from beef[J]. Meat science, 2011, 88(3): 580-583.

[16] Laakkonen E, Sherbon J W, Wellington G H. Low temperature, long-time heating of bovine muscle[J]. Journal of Food Science, 1970, 35(2): 175-181.

[17] Underwood K R, Means W J, Du M. Caspase3 is not likely involved in the postmortem tenderization of beef muscle[J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(4): 960-966.

[18] 王春青, 李侠, 张春晖, 等. 不同品种鸡蒸煮加工适宜性评价技术研究[J]. 中国农业科学, 2015, 48(15): 3 090-3 100.

[14] 马永强, 韩春然, 刘静波. 食品感官检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 31-32.

[15] Cardoso C M L, Mendes R, Nunes M L. Instrumental texture and sensory characteristics of cod frankfurter sausages [J]. International Journal of Food Properties, 2009, 12(3): 625-643.

[16] 张根生, 魏冬珊, 王月, 等. 猪肉丸主要原料对其凝胶性质和感官品质的影响[J]. 肉类研究, 2013(4): 28-31.

[17] Rahman M S, Al-waili H, Guizani N. Instrumental-sensory evaluation of texture for fish sausage and its storage stability[J]. Fisheries Science, 2007, 73(5): 1 166-1 176.

[18] Meullenet J-F C, Gross J, BP Marks, et al. Sensory descriptive texture analyses of cooked rice and its correlation to instrumental parameters using an extrusion cell [J]. Cereal Chemistry, 1998, 75(5): 714-720.