



引用格式:傅宝尚,敖晓林,祁立波,等.“佛跳墙”高汤熬制过程中的营养与风味变化[J].轻工学报,2020,35(1):13-20.

中图分类号:TS254.9 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.01.002

文章编号:2096-1553(2020)01-0013-08

# “佛跳墙”高汤熬制过程中的营养与风味变化

## Nutritional and flavor changes during the boiling process of “Fotiaoqiang” soup-stock

傅宝尚,敖晓林,祁立波,王崇人,秦磊,胡琴

FU Baoshang, AO Xiaolin, QI Libo, WANG Chongren, QIN Lei, HU Qin

大连工业大学 国家海洋食品工程技术研究中心,辽宁 大连 116034

National Engineering Research Center of Seafood, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China

### 关键词:

佛跳墙;高汤;  
营养;风味

### Key words:

Fotiaoqiang;  
soup-stock;  
nutrition; flavor

**摘要:**对不同熬制时间的“佛跳墙”高汤进行感官评定,并测定高汤中的蛋白质、脂肪、游离氨基酸和游离核苷酸的含量,以考察高汤熬制过程中营养与风味成分的变化。结果表明:当熬制到第10 h时,高汤的感官评分最高,为92分,此时高汤中的蛋白质和脂肪的质量分数也最高,分别为39.2%和40.9%;从高汤中共检测出21种游离氨基酸和6种游离核苷酸,高汤中呈鲜味的游离氨基酸和游离核苷酸的质量浓度相对稳定。

收稿日期:2019-08-02

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0400404)

作者简介:傅宝尚(1989—),男,辽宁省大连市人,大连工业大学助理工程师,主要研究方向为农(水)产品加工。

通信作者:祁立波(1974—),女,辽宁省大连市人,大连工业大学高级工程师,主要研究方向为农(水)产品加工。

**Abstract:** The sensory evaluation of “Fotiaoqiang” soup-stock was investigated at different boiling time. The contents of protein, lipid, free amino acid and free nucleotide were determined to discover the nutritional and flavor changes during soup-stock slow boiling. The results showed that the highest sensory evaluation score was 92 when the soup-stock boiling time was the 10 th hour with the highest protein and lipid concentration of 39.2% and 40.9% respectively. 21 kinds of free amino acid and 6 kinds of free nucleotide were detected in the soup-stock and the concentration of free amino acid and free nucleotide representing umami taste was relatively stable.

## 0 引言

“佛跳墙”原名“福寿全”，是中餐中著名的汤品，已有百年以上的悠久历史。关于“佛跳墙”命名的传说是：古代文人秀才品尝过此汤品之后，立刻赋诗赞美“坛启荤香飘四邻，佛闻弃禅跳墙来”，因此取名“佛跳墙”。制作“佛跳墙”的用料和烹调技巧非常繁杂，其中海珍（如鲍鱼、鱼唇、鱼肚、干贝等）品类较多<sup>[1]</sup>。汤在烹调里通常被用作辅料，高汤也叫作鲜汤，可以细分为毛汤、奶汤和清汤，通常由厨师依据经验熬制，并将其使用于其他菜品的烹调中。其中，毛汤能够完善并柔和各种菜肴的味道，奶汤经常出现在高端宴会的奶汤类菜品里，清汤主要是用在汤菜类的烹调中。“佛跳墙”高汤熬制的材料与方法对其风味和营养起着决定性作用，其原材料主要挑选牛肉、猪肉、猪皮、猪蹄、鸡肉等，熬煮时原料的预处理、工具的筛选、火候和时间的把控等，都极为重要。高汤的熬制决定了最终产品的品质，是“佛跳墙”整个制作过程中最基本、最重要的部分，因而需要研究其加工工艺，以促进产品的工业化生产。

目前，高汤的生产受到广泛关注，其分支高汤类调味品业发展迅速，高汤类新型调味料受到人们的追捧，发展前景十分可观。现在，业界已有大量针对高汤成分和提取原料等方面的研究<sup>[2]</sup>。早些年，在国外就已经有人通过实验，计算出了蘑菇高汤料中总氮量对蛋白质的换算系数为4.8，而肉类和海鲜类等高汤料中总氮量对蛋白质的换算系数为6.25<sup>[3]</sup>。M. W. Taylor

等<sup>[4]</sup>提取并分析了高汤中的5'-核苷，并利用液相色谱测定了其在高汤中的含量为37.5 ng/mg。S. O. Ajlouni 等<sup>[5]</sup>从高汤中提取出3种可溶性糖（甘露醇、海藻糖和磷酸核糖），并利用高效液相色谱法测定了它们在高汤干物质中的占比分别为26.97%、3.14%和0.59%。

主成分分析法PCA（principal component analysis）是将多个变量通过线性变换筛选出具有代表性的少数几个变量，从而更加简单地反映不同物质之间差异的一种多元统计分析方法，被广泛运用于分子动力学模拟、数学建模和数理分析中。Y. Xu 等<sup>[6]</sup>利用主成分分析法对贮藏过程中影响大菱鲆新鲜度和腐败程度的潜在指标进行了评价，指出影响大菱鲆腐败程度的主要指标为挥发性盐基氮。S. Wang 等<sup>[7]</sup>利用主成分分析法对来自不同产地的3种中华绒螯蟹3个可食用部位的风味品质进行研究，肌肉呈味核苷酸物质在阳澄湖蟹中最高，其次是崇明螃蟹和野生螃蟹。

鉴于此，本文拟以“佛跳墙”高汤为研究对象，在对不同熬制时间的高汤进行感官评定的同时，测定高汤中的蛋白质和脂肪的含量，采用主成分分析法对高汤中的游离氨基酸和游离核苷酸进行主成分分析，考察、分析高汤熬制过程中的营养和风味成分的变化，以期“佛跳墙”高汤的熬制和加工提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料、试剂和仪器

#### 1.1.1 实验材料 猪筒骨、猪蹄、猪皮、猪腱

肉、金华火腿片、牛腱肉、鸡架、鸡爪、鸭肉、干贝、桂圆肉、陈皮、白胡椒粒、桂皮、黄酒,均采购于大连长兴市场,贮存于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱,备用。

**1.1.2 实验试剂**  $\text{CuSO}_4$ ,无水乙醇,硼酸,无水乙醚,天津市大茂化学试剂厂产; $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,天津市光复科技发展有限公司产;氯仿,上海国药集团产; $\text{CH}_3\text{OH}$ ,浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{NaOH}$ ,浓 $\text{HCl}$ ,天津市科密欧化学试剂有限公司产。以上试剂均为分析纯。

**1.1.3 实验仪器** PH-601型电热恒温干燥箱,上海跃进医疗器械厂产;C22-L86型电磁炉,九阳股份有限公司产;AB+5500+QTRAP型超高效液相色谱质谱联用仪,美国Sciex公司产;JJ200型电子天平,常熟市双杰测试仪器厂产;K9840型自动凯氏定氮仪,意大利VELP产;C100型真空包装机,莫迪维克包装设备(上海)有限公司产;SB-800DT型超生波清洗机,宁波新芝生物及科技股份有限公司产;LG1.5型真空冷冻干燥机,沈阳航天新阳速冻设备制造有限公司产。

## 1.2 实验方法

**1.2.1 高汤的熬制** 高汤的熬制工艺流程为:原料预处理→熬制→过滤。具体熬制步骤如下。

1)原料预处理:在锅中加入10 kg水,按照质量比为3:1,即物料总质量为3.3 kg(后述详细物料用量为该物料占物料总质量的百分比),称取猪筒骨34.2%,鸡架17.1%,鸭肉8.5%,鸡爪3.5%,猪蹄10.2%,猪皮3.5%,猪腱肉8.5%,牛腱肉8.5%,金华火腿片0.6%,干贝1.1%,黄酒3.5%,桂圆肉0.3%,陈皮0.1%,白胡椒粒0.2%,桂皮0.2%。其中,新鲜原料须洗净、切块后焯水。

2)熬制:将所有原料放入锅中,电磁炉功率调至120 W后开始熬制。

3)过滤:将熬制后的高汤晾凉,使用200目的筛子进行过滤。

**1.2.2 最优熬制时间的确定** 评分法是把样品的品质以数字的形式标度,通过感官参评人员打分,实现实验的目的。如果打分过程中出现评分粗糙的现象,需增加参评人员的数量<sup>[8]</sup>。本实验感官评定小组由固定成员组成,参评人员6人,包括食品专业研究生、本科生。分别对熬制2 h,4 h,6 h,8 h,10 h,12 h,14 h的高汤取样,并进行感官评定,以确定最优的熬制时间。高汤感官评分标准见表1。

**1.2.3 高汤的理化检测方法** 蛋白质质量分数的测定:参照GB/T 5009.5—2010,采用凯氏定氮法<sup>[9]</sup>。

表1 高汤感官评分标准

Table 1 The sensory rating criteria for soup-stock

项目	特征	得分/分
颜色外观	颜色纯正均匀,乳白色正常,无沉淀和悬浮物,浮油少	16~20
	颜色较好,轻微偏浅,较均匀,沉淀、悬浮物和浮油较少	11~15
	颜色一般,偏离正常色泽较多,可见沉淀,悬浮物和浮油较多	6~10
	颜色不好,不均匀,偏透明,沉淀、悬浮物和浮油较多	0~5
香气	食用前,可闻到良好的肉香味	16~20
	具有较好的肉香味,少有不良气味	11~15
	愉悦风味较少,肉香味和主料特征味较淡,被某些不良风味所掩盖	6~10
	愉悦风味较少,具有较多的不良或不受欢迎的气味	0~5
滋味	味道鲜美,回味良好	16~20
	味道较鲜美,腥味较重,回味较好	11~15
	味道一般,腥味偏重,有不良风味、回味较差	6~10
	味道不好,回味不良的感觉强烈	0~5
质地	汤汁醇厚、顺滑、均匀,黏稠感较好	16~20
	汤汁较醇厚、顺滑,略微有颗粒感,黏稠度较好	11~15
	汤汁较稀,感觉不够醇厚,颗粒感较强,黏稠度一般	6~10
	汤汁不醇厚,颗粒感强烈,黏稠度差	0~5
整体	好,没有其他不悦的感官体验	16~20
	整体感觉较好,感官有轻微的不悦感	11~15
	整体感觉一般,感官存在一定的不悦感	6~10
	整体感觉较差,感官有较多并且明显的不悦感	0~5

脂肪质量分数的测定:参照 GB/T 5009.6—2003,采用索氏提取法<sup>[10]</sup>。

游离氨基酸和游离核苷酸的测定:采用高效液相色谱法。量取 200  $\mu\text{L}$  高汤,加入 800  $\mu\text{L}$  去离子水中,于 80  $^{\circ}\text{C}$  条件下震荡 1 min 后超声处理 5 min,于 14 000 r/min 条件下离心 10 min;将上清液稀释 5 倍,取 100  $\mu\text{L}$  稀释后的上清液,添加 100  $\mu\text{L}$  内标液,再加入 800  $\mu\text{L}$  氯仿甲醇混合溶液( $V(\text{氯仿}):V(\text{甲醇})=2:1$ ),于 4  $^{\circ}\text{C}$  条件下静置 10 min,再于 14 000 r/min 条件下离心 10 min;取 200  $\mu\text{L}$  上清液蒸干,再用 200  $\mu\text{L}$  上述氯仿甲醇混合溶液复溶,于 14 000 r/min 条件下离心 10 min,利用高效液相色谱进行游离氨基酸和游离核苷酸的检测。

#### 1.2.4 高汤风味物质的主成分分析(PCA)法

利用 MetaboAnalyst 网站提供的主成分分析法,对“佛跳墙”高汤中的游离氨基酸和游离核苷酸进行主成分分析。

### 1.3 数据处理与分析

实验数据均采用 Microsoft Excel 2010 软件进行统计处理,采用 SPSS 16.0 软件进行分析处理,采用 Origin 8.5 软件进行图片处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 最优熬制时间的选择结果

图 1 为不同熬制时间的高汤的感官评分结果。从图 1 可以看出,不同熬制时间的高汤的感官评分呈先增加后减少的趋势,且变化显著。熬制 2~10 h 内,高汤的感官评分不断升高,最高为 92 分,而熬制 10 h 后,高汤的感官评分略有下降,主要体现在高汤的颜色加深、有哈喇气味。这可能是因为,在 2~10 h 熬制过程中,原材料肉类等中的有用物质不断渗出浸入高汤中,随着有用物质(如蛋白质、脂肪等)逐渐降解,使得高汤熬制体系中发生美拉德反应、焦糖化反应等,从而生成高汤的风味物质<sup>[11]</sup>。但过

长时间的熬制则可能会导致上述反应生成的副产物含量增加,如次黄嘌呤核苷酸长期加热水解生成次黄嘌呤,产生苦味<sup>[12]</sup>。同时,有效的风味物质在过长时间的高温环境下,不断累积至过量或分解,可导致高汤的颜色加深<sup>[13]</sup>,高汤逐渐发黑、发苦,不愉悦气味逐渐增多,感官品质降低,导致感官参评人员对其接受度不高,从而使得感官评分变低。综上所述,选择 10 h 作为高汤最佳熬制时间较为合适。

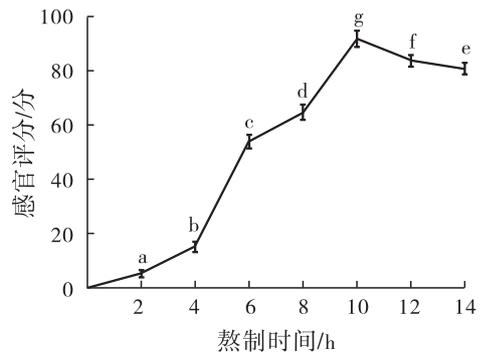


图 1 不同熬制时间的高汤的感官评分结果

Fig. 1 Sensory score results of soup-stock at different boiling time

### 2.2 高汤熬制过程中蛋白质质量分数的变化

高汤熬制过程中蛋白质质量分数的变化如图 2 所示。从图 2 可以看出,在高汤熬制的 2~10 h 内,随着熬制时间的增长,高汤中可溶性蛋白质的质量分数不断增加,最高为 39.2%,但 10 h 后高汤中可溶性蛋白质的质量分数呈现降低并趋于平稳的趋势。在熬制的 10 h 内,高汤中蛋白质质量分数的增加,可能是因为在高汤熬制过程中,原料中的鸭肉、猪腱肉、牛腱肉等富含蛋白质的肉类不断受热,肌纤维收缩并溶解,使得蛋白质不断溶出,从而导致高汤中蛋白质的质量分数不断增加<sup>[14]</sup>。在 10 h 后,高汤中蛋白质的质量分数出现降低的趋势,这可能是部分蛋白质不断受热、分解、变性形成氨基酸所致<sup>[15]</sup>。

### 2.3 高汤熬制过程中脂肪质量分数的变化

高汤熬制过程中脂肪质量分数的变化如图

3 所示. 由图 3 可以看出, 在高汤熬制的 2 ~ 10 h 内, 随着熬制时间的延长, 高汤中脂肪的质量分数不断增加, 最高为 40.9%, 但 10 h 后高汤中脂肪的质量分数呈现降低的趋势. 这可能是因为: 高汤熬制时使用了大量含脂肪的肉类做为原材料, 这些肉类在持续受热过程中, 其脂肪不断溶出到高汤中, 从而导致脂肪的质量分数不断增加; 后期由于长时间的高温作用和一定的外界条件, 漂浮在高汤最上层的脂肪发生氧化, 进而导致脂肪的质量分数稍有下降<sup>[16]</sup>.

### 2.4 高汤熬制过程中游离氨基酸质量浓度的主成分分析结果

图 4 和图 5 分别为高汤熬制过程中游离氨

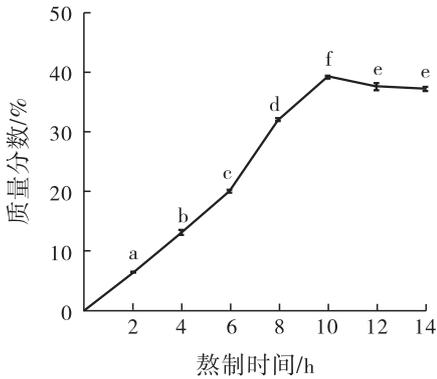


图 2 高汤熬制过程中蛋白质质量分数的变化

Fig. 2 Changes of protein mass fraction in soup-stock boiling process

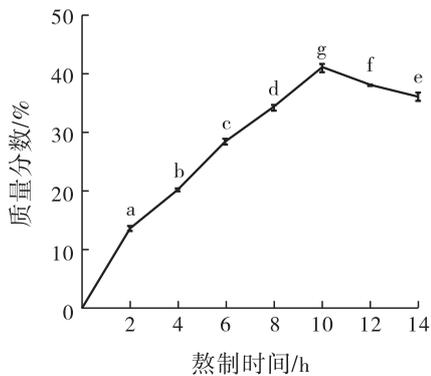


图 3 高汤熬制过程中脂肪质量分数的变化

Fig. 3 Changes of fat mass fraction in soup-stock boiling process

基酸质量浓度的得分图和载荷图, 从图 4 和图 5 可以看出, 随着高汤熬制时间的延长, 高汤中游离氨基酸的质量浓度存在明显变化. 表 2 为高汤熬制过程中游离氨基酸质量浓度的变化. 由

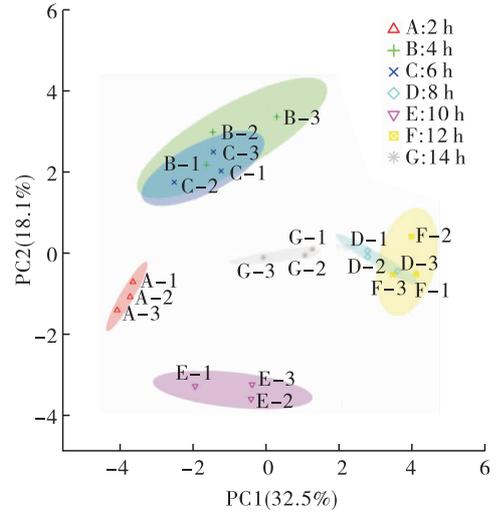


图 4 高汤熬制过程中游离氨基酸质量浓度的得分图

Fig. 4 Score chart of free amino acid concentration in soup-stock boiling process

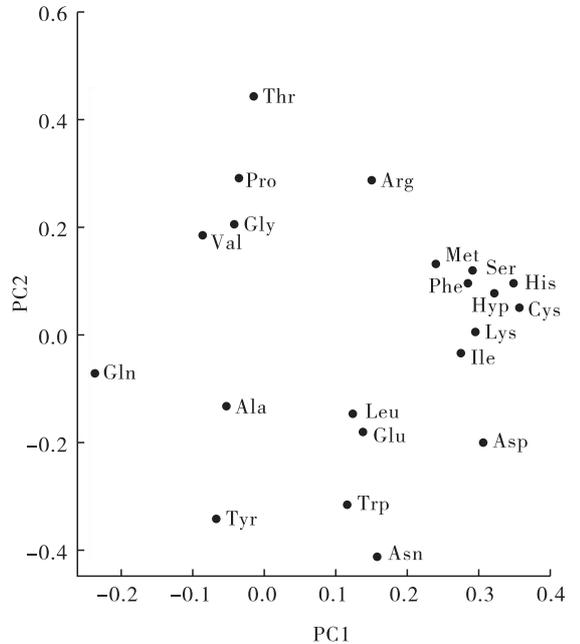


图 5 高汤熬制过程中

游离氨基酸质量浓度的载荷图

Fig. 5 Loading plot of free amino acids concentration in soup-stock boiling process

表2可知,从高汤中共检测到21种游离氨基酸,其中呈鲜味的游离氨基酸主要有谷氨酸和天冬氨酸<sup>[17]</sup>,在不同的熬制时间段,这两种游离氨基酸的总质量浓度分别占游离氨基酸总质量浓度的23%,22%,20%,23%,21%,23%和21%;呈甜味的游离氨基酸主要有甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸<sup>[18]</sup>,在不同的熬制时间段,这5种游离氨基酸的总质量浓度分别占游离氨基酸总质量浓度的28%,29%,27%,28%,23%,24%和25%。呈鲜味的游离氨基酸和呈甜味的游离氨基酸的质量浓度在高汤中占有相对稳定的比例,这赋予高汤良好的风味。

## 2.5 高汤熬制过程中游离核苷酸质量浓度的主成分分析结果

图6和图7分别为高汤熬制过程中游离核苷酸质量浓度的得分图和载荷图。从图6和图

7可以看出,随着高汤熬制时间的延长,高汤中游离核苷酸的质量浓度存在明显变化。表3为高汤熬制过程中游离核苷酸质量浓度的变化。由表3可知,从高汤中共检测到6种游离核苷酸,其中呈鲜味的游离核苷酸主要有鸟嘌呤核苷酸和次黄嘌呤核苷酸<sup>[19]</sup>。在不同的熬制时间段,这两种游离核苷酸的总质量浓度分别占游离核苷酸总质量浓度的18%,18%,13%,14%,10%,13%和16%。熬制“佛跳墙”高汤使用的原材料含有畜骨和禽骨,这些骨类物质中含有较多的鸟嘌呤核苷酸和次黄嘌呤核苷酸。在高汤熬制过程中,随着熬制时间的延长,鸟嘌呤核苷酸和次黄嘌呤核苷酸不断地溶入到高汤中,形成肌苷酸钠和鸟苷酸钠,这两种物质被称为“呈味核苷酸二钠”,赋予“佛跳墙”高汤特定的鲜味<sup>[20]</sup>。

表2 高汤熬制过程中游离氨基酸质量浓度变化

Table 2 Changes of free amino acids concentration in soup-stock boiling process

ng · mL<sup>-1</sup>

游离氨基酸名称	熬制时间/h						
	2	4	6	8	10	12	14
赖氨酸	281.63 ± 22.37 <sup>ab</sup>	318.43 ± 18.69 <sup>b</sup>	291.97 ± 13.73 <sup>ab</sup>	319.83 ± 9.68 <sup>c</sup>	304.37 ± 0.31 <sup>bc</sup>	266.53 ± 15.42 <sup>a</sup>	300.13 ± 11.42 <sup>ab</sup>
精氨酸	849.87 ± 29.25 <sup>b</sup>	1 011.33 ± 13.05 <sup>d</sup>	936.87 ± 15.44 <sup>c</sup>	733.70 ± 52.06 <sup>a</sup>	784.50 ± 30.44 <sup>a</sup>	857.20 ± 39.71 <sup>b</sup>	765.13 ± 36.22 <sup>a</sup>
组氨酸	162.50 ± 11.11 <sup>b</sup>	173.13 ± 8.51 <sup>b</sup>	171.17 ± 1.29 <sup>b</sup>	224.33 ± 19.35 <sup>d</sup>	133.70 ± 4.64 <sup>a</sup>	210.50 ± 0.70 <sup>d</sup>	191.63 ± 2.56 <sup>c</sup>
谷氨酸	186.17 ± 4.35 <sup>f</sup>	51.21 ± 1.64 <sup>e</sup>	25.48 ± 1.33 <sup>bc</sup>	29.94 ± 2.65 <sup>d</sup>	27.79 ± 2.79 <sup>cd</sup>	22.15 ± 1.08 <sup>b</sup>	15.47 ± 1.05 <sup>a</sup>
苯丙氨酸	117.13 ± 3.40 <sup>abc</sup>	109.10 ± 7.05 <sup>ab</sup>	139.43 ± 4.80 <sup>d</sup>	121.30 ± 14.63 <sup>bc</sup>	106.47 ± 5.05 <sup>a</sup>	120.30 ± 4.10 <sup>bc</sup>	123.70 ± 1.99 <sup>c</sup>
色氨酸	20.98 ± 1.84 <sup>d</sup>	15.26 ± 2.18 <sup>bc</sup>	9.76 ± 1.64 <sup>a</sup>	12.15 ± 1.82 <sup>ab</sup>	22.87 ± 2.22 <sup>d</sup>	23.80 ± 3.71 <sup>d</sup>	16.84 ± 1.07 <sup>c</sup>
异亮氨酸	18.13 ± 6.00 <sup>a</sup>	30.12 ± 3.52 <sup>bc</sup>	33.62 ± 0.78 <sup>bc</sup>	52.60 ± 2.23 <sup>e</sup>	35.58 ± 4.45 <sup>cd</sup>	28.98 ± 1.79 <sup>b</sup>	41.33 ± 1.23 <sup>d</sup>
亮氨酸	186.63 ± 17.37 <sup>c</sup>	143.30 ± 11.03 <sup>b</sup>	127.57 ± 7.81 <sup>a</sup>	187.97 ± 6.23 <sup>c</sup>	146.27 ± 7.57 <sup>b</sup>	119.07 ± 5.05 <sup>a</sup>	143.57 ± 16.92 <sup>b</sup>
酪氨酸	66.12 ± 4.31 <sup>c</sup>	62.05 ± 3.24 <sup>bc</sup>	26.58 ± 7.24 <sup>a</sup>	57.24 ± 4.26 <sup>b</sup>	125.60 ± 0.26 <sup>d</sup>	23.67 ± 3.60 <sup>a</sup>	63.92 ± 4.79 <sup>bc</sup>
甲硫氨酸	21.09 ± 1.18 <sup>a</sup>	43.56 ± 6.08 <sup>c</sup>	58.92 ± 7.38 <sup>d</sup>	58.82 ± 5.28 <sup>d</sup>	42.20 ± 2.09 <sup>c</sup>	42.17 ± 1.15 <sup>c</sup>	31.48 ± 4.97 <sup>b</sup>
缬氨酸	40.04 ± 5.95 <sup>b</sup>	25.63 ± 7.87 <sup>a</sup>	38.02 ± 2.99 <sup>b</sup>	25.32 ± 9.88 <sup>a</sup>	19.39 ± 5.34 <sup>a</sup>	23.65 ± 4.71 <sup>a</sup>	28.78 ± 4.36 <sup>ab</sup>
脯氨酸	46.69 ± 10.03 <sup>b</sup>	98.58 ± 19.08 <sup>d</sup>	40.28 ± 7.69 <sup>b</sup>	67.53 ± 10.58 <sup>c</sup>	22.62 ± 2.54 <sup>a</sup>	10.65 ± 5.35 <sup>a</sup>	41.92 ± 2.18 <sup>b</sup>
苏氨酸	124.23 ± 4.75 <sup>d</sup>	151.40 ± 6.98 <sup>e</sup>	121.47 ± 1.76 <sup>d</sup>	100.83 ± 0.95 <sup>c</sup>	83.64 ± 2.07 <sup>a</sup>	92.92 ± 2.44 <sup>b</sup>	102.83 ± 2.84 <sup>c</sup>
半胱氨酸	8.48 ± 0.06 <sup>ab</sup>	8.73 ± 0.04 <sup>c</sup>	9.03 ± 0.03 <sup>d</sup>	8.53 ± 0.03 <sup>abc</sup>	8.37 ± 0.02 <sup>a</sup>	8.62 ± 0.08 <sup>bc</sup>	8.67 ± 0.27 <sup>bc</sup>
天冬酰胺	82.79 ± 3.79 <sup>d</sup>	60.86 ± 3.77 <sup>b</sup>	53.85 ± 1.20 <sup>a</sup>	69.06 ± 2.64 <sup>c</sup>	83.43 ± 2.02 <sup>d</sup>	69.38 ± 4.01 <sup>c</sup>	66.46 ± 0.44 <sup>c</sup>
天冬氨酸	144.33 ± 2.11 <sup>b</sup>	112.83 ± 9.99 <sup>a</sup>	118.07 ± 8.43 <sup>a</sup>	164.63 ± 3.10 <sup>c</sup>	143.87 ± 1.97 <sup>b</sup>	174.94 ± 5.06 <sup>d</sup>	119.30 ± 4.44 <sup>a</sup>
甘氨酸	774.00 ± 40.05 <sup>c</sup>	618.53 ± 22.24 <sup>d</sup>	580.77 ± 6.23 <sup>c</sup>	566.93 ± 8.03 <sup>c</sup>	436.33 ± 20.94 <sup>a</sup>	484.20 ± 15.94 <sup>b</sup>	497.47 ± 11.14 <sup>b</sup>
谷氨酰胺	953.03 ± 25.63 <sup>e</sup>	564.87 ± 18.86 <sup>a</sup>	687.77 ± 37.88 <sup>bc</sup>	782.77 ± 4.25 <sup>d</sup>	630.80 ± 37.24 <sup>b</sup>	695.80 ± 21.13 <sup>c</sup>	650.40 ± 19.49 <sup>b</sup>
丙氨酸	264.20 ± 5.86 <sup>d</sup>	192.40 ± 15.42 <sup>b</sup>	211.67 ± 4.28 <sup>bc</sup>	235.27 ± 14.00 <sup>c</sup>	207.97 ± 1.50 <sup>b</sup>	143.10 ± 32.19 <sup>a</sup>	165.30 ± 4.23 <sup>a</sup>
丝氨酸	195.10 ± 3.70 <sup>c</sup>	215.20 ± 19.47 <sup>d</sup>	154.67 ± 4.28 <sup>ab</sup>	236.27 ± 9.75 <sup>c</sup>	140.63 ± 9.83 <sup>a</sup>	214.67 ± 6.76 <sup>d</sup>	160.83 ± 7.69 <sup>b</sup>
羟脯氨酸	51.79 ± 1.23 <sup>b</sup>	57.71 ± 0.73 <sup>c</sup>	46.54 ± 0.72 <sup>a</sup>	57.16 ± 1.61 <sup>c</sup>	43.67 ± 3.20 <sup>a</sup>	63.50 ± 2.33 <sup>d</sup>	64.33 ± 1.83 <sup>d</sup>
鲜味氨基酸	1 097.37 ± 27.74 <sup>c</sup>	677.70 ± 28.85 <sup>a</sup>	805.83 ± 46.31 <sup>b</sup>	947.40 ± 7.35 <sup>d</sup>	774.67 ± 39.21 <sup>b</sup>	870.77 ± 26.19 <sup>c</sup>	769.70 ± 23.93 <sup>b</sup>
甜味氨基酸	1 331.79 ± 60.88 <sup>c</sup>	1 182.42 ± 76.93 <sup>d</sup>	1 033.93 ± 23.20 <sup>c</sup>	1 163.15 ± 43.97 <sup>d</sup>	851.22 ± 38.01 <sup>a</sup>	916.12 ± 62.56 <sup>b</sup>	929.85 ± 27.07 <sup>b</sup>
苦味氨基酸	1 743.04 ± 101.50 <sup>b</sup>	1 888.35 ± 75.15 <sup>c</sup>	1 774.99 ± 55.71 <sup>b</sup>	1 734.45 ± 120.10 <sup>b</sup>	1 678.47 ± 60.28 <sup>a</sup>	1 673.70 ± 78.80 <sup>a</sup>	1 675.03 ± 80.56 <sup>a</sup>

注:肩标小写字母不同表示数值之间具有显著性差异( $P < 0.05$ ),下同

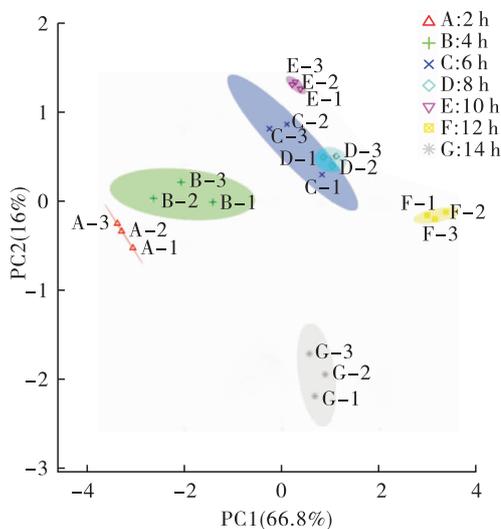


图6 高汤熬制过程中游离核苷酸质量浓度的得分图

Fig. 6 Score plot of free nucleotides concentration in soup-stock boiling process

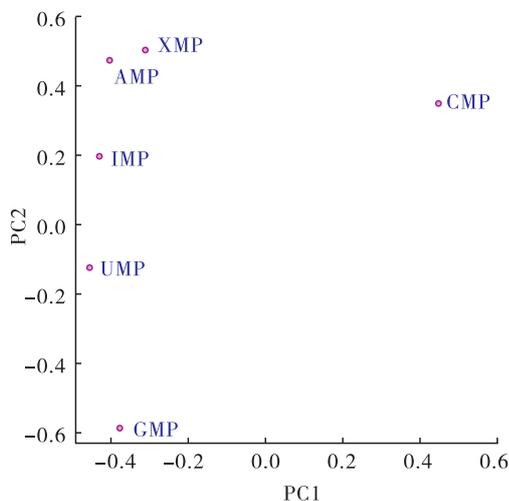


图7 高汤熬制过程中游离核苷酸质量浓度的载荷图

Fig. 7 Loading plot of free nucleotides concentration in soup-stock boiling process

### 3 结论

本文以“佛跳墙”高汤为研究对象,通过感官评定及对高汤中的蛋白质、脂肪、游离氨基酸和游离核苷酸含量的测定,考察了“佛跳墙”高汤熬制过程中的营养与风味成分变化.结果表明:当熬制到第10 h时,高汤的感官评分最高,为92分,此时高汤中的蛋白质和脂肪的质量分数也最高,分别为39.2%和40.9%;从高汤中共检测出21种游离氨基酸,包括2种呈鲜味氨

基酸(谷氨酸和天冬氨酸)和5种呈甜味氨基酸(甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸),以及6种游离核苷酸(其中鸟嘌呤核苷酸和次黄嘌呤核苷酸为呈鲜味核苷酸),且高汤中呈鲜味的游离氨基酸和游离核苷酸的质量浓度相对稳定.

“佛跳墙”是中华传统菜中的著名汤品,本研究对其高汤熬制过程中的营养物质和风味物质进行了数据化分析,将有助于该类菜品的产业化及其生产的规模化、标准化.

表3 高汤熬制过程中游离核苷酸质量浓度的变化

Table 3 Changes of free nucleotides concentration in soup-stock boiling process  $\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$

游离核苷酸名称	熬制时间/h						
	2	4	6	8	10	12	14
鸟嘌呤核苷酸	24.87 ± 1.35 <sup>c</sup>	31.05 ± 0.77 <sup>d</sup>	21.38 ± 0.89 <sup>b</sup>	21.43 ± 1.64 <sup>b</sup>	18.53 ± 0.21 <sup>a</sup>	19.78 ± 0.62 <sup>ab</sup>	41.35 ± 1.29 <sup>c</sup>
次黄嘌呤核苷酸	125.77 ± 13.34 <sup>de</sup>	156.03 ± 11.78 <sup>f</sup>	136.97 ± 11.75 <sup>e</sup>	94.90 ± 14.66 <sup>bc</sup>	84.50 ± 3.69 <sup>b</sup>	109.47 ± 5.82 <sup>cd</sup>	48.75 ± 0.96 <sup>a</sup>
黄嘌呤核苷酸	18.78 ± 0.86 <sup>a</sup>	20.18 ± 0.11 <sup>a</sup>	22.65 ± 0.34 <sup>b</sup>	33.34 ± 1.41 <sup>d</sup>	31.94 ± 0.60 <sup>d</sup>	29.57 ± 0.51 <sup>c</sup>	21.81 ± 1.06 <sup>b</sup>
腺嘌呤核苷酸	615.57 ± 59.95 <sup>bc</sup>	760.30 ± 53.62 <sup>d</sup>	904.10 ± 50.65 <sup>e</sup>	551.47 ± 14.02 <sup>b</sup>	823.77 ± 12.39 <sup>d</sup>	641.00 ± 29.19 <sup>c</sup>	381.00 ± 28.61 <sup>a</sup>
尿嘧啶核苷酸	23.30 ± 1.26 <sup>c</sup>	18.62 ± 0.51 <sup>a</sup>	24.48 ± 0.55 <sup>c</sup>	23.87 ± 2.31 <sup>c</sup>	19.37 ± 0.37 <sup>ab</sup>	23.99 ± 3.25 <sup>c</sup>	22.01 ± 1.90 <sup>bc</sup>
胞嘧啶核苷酸	10.61 ± 0.41 <sup>a</sup>	25.03 ± 3.70 <sup>b</sup>	51.60 ± 5.02 <sup>e</sup>	53.65 ± 3.14 <sup>e</sup>	43.55 ± 1.23 <sup>d</sup>	103.77 ± 1.56 <sup>f</sup>	35.68 ± 3.00 <sup>c</sup>
鸟嘌呤核苷酸 + 次黄嘌呤核苷酸	150.64 ± 14.69 <sup>d</sup>	187.08 ± 12.55 <sup>e</sup>	158.35 ± 12.64 <sup>d</sup>	116.33 ± 16.30 <sup>bc</sup>	106.08 ± 3.90 <sup>ab</sup>	129.24 ± 6.44 <sup>c</sup>	90.10 ± 2.25 <sup>a</sup>

## 参考文献:

- [1] 茅伯铭. 福建名菜佛跳墙[J]. 四川烹饪, 2002(6):35.
- [2] 杨铭铎, 沈春燕, 张根生. 高汤的研发现状及其发展趋势[J]. 扬州大学烹饪学报, 2006, 23(4):23.
- [3] CHANG E B T, HAYES W A, CHANG S T, et al. The biology and cultivation of edible mushrooms [M]. Pittsburgh: Academic Press, 1978:137.
- [4] TAYLOR M W, HERSHEY H V, LEVINE R A, et al. Improved method of resolving nucleotides by reversed-phase high-performance liquid chromatography [J]. J Chromatogr, 1981, 219(1): 133.
- [5] AJLOUNI S O, BEELMAN R B, THOMPSON D B, et al. Changes in soluble sugars in various tissues of cultivated mushrooms, *Agaricus bisporus*, during postharvest storage [J]. Developments in Food Science, 1995, 37(6):1865.
- [6] XU Y X, LIU Y, JIANG C C, et al. Determination of volatile compounds in turbot (*Psetta maxima*) during refrigerated storage by head-space solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014, 94(12):2464.
- [7] WANG S, HE Y, WANG Y, et al. Comparison of flavour qualities of three sourced *Eriocheir sinensis* [J]. Food Chemistry, 2015, 200:24.
- [8] 马永强. 食品感官检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 108 - 183.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB/5009. 5—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. 食品中脂肪的测定方法: GB/T5009. 6—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [11] 李向高, 郑毅男. 红参加工中梅拉德反应及其产物的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1997, 24(4):274.
- [12] 瞿明勇. 排骨汤和鸡汤的烹制工艺及营养特性[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [13] 项雷文, 汪惠勤, 陆华珍, 等. 板蓝根热加工过程中氨基酸组分分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2007, 29(3):57.
- [14] 孙承锋, 周楠, 朱亮, 等. 卤猪肉加工过程中游离脂肪酸、游离氨基酸及核苷酸变化分析[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6):200.
- [15] 赵双娟. 卤鸭滋味物质在加工和储藏过程中的变化研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [16] 张静妍. 牛骨汤与排骨藕汤常压及高压炖制工艺研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [17] 李学鹏, 谢晓霞, 朱文慧, 等. 食品中鲜味物质及鲜味肽的研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22):319.
- [18] 黄梅桂, 余龙霞, 赵静雯, 等. 甜面酱中氨基酸营养价值及甜味分析[J]. 中国调味品, 2017, 42(7):11.
- [19] 刘源, 王文利, 张丹妮. 食品鲜味研究进展[J]. 中国食品学报, 2017, 17(9):1.
- [20] 魏卓. I+G 结晶过程在线浓度检测及工艺改进探讨[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.