

120 °C条件下模型体系烤牛肉风味的形成

刘森轩, 彭增起*, 吕慧超, 李君珂, 王复龙, 崔保威, 刘世欣
(食品安全与营养协同创新中心, 南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 以牛肉酶解液为底物, 通过添加糖、氨基酸和硫胺素进行美拉德反应, 研究烤牛肉风味形成的最佳酶解条件和添加物配比。通过正交试验确定牛肉最优酶解条件为: 酶解温度50 °C、酶解pH 6.5、 m (风味蛋白酶): m (复合蛋白酶)=1:1、加酶量质量分数8%、酶解时间50 min; 析因试验确定美拉德反应模型体系最优配比为牛肉酶解液20 g、葡萄糖1.0 g、甘氨酸0.8 g、硫胺素0.3 g, 120 °C、pH 7.5条件下反应90 min。气相色谱-质谱法分析结果表明, 该模型体系烤牛肉特征风味物质(2-甲基-3-呋喃硫醇、2-甲基四氢噻吩-3-酮、双(2-甲基-3-呋喃基)二硫)相对含量较高。感官评定表明, 该模型体系褐变程度高, 吸光度最高为0.263, 且肉香纯正, 烤牛肉风味浓郁。

关键词: 牛肉酶解; 美拉德反应; 烤牛肉风味; 气相色谱-质谱法

Formation of Roast Beef Flavor in Model System at 120 °C

LIU Senxuan, PENG Zengqi*, LÜ Huichao, LI Junke, WANG Fulong, CUI Baowei, LIU Shixin
(Synergetic Innovation Center of Food Safety and Nutrition, College of Food Science and Technology,
Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In this study, the enzymatic hydrolysis conditions of beef and the proportions of added sugar, amino acids and thiamine were optimized to build a Maillard reaction model system for generating roast beef flavor. By using orthogonal array design, the optimum enzymatic hydrolysis conditions were determined to be hydrolysis at 50 °C for 50 min with 8% of a mixture of flavourzyme (F) and protamex (P) at a mass ratio of 1:1 with an initial pH of 6.5. The optimal Maillard reaction system developed using a factorial design consisted of 20 g of beef hydrolysate, 1.0 g of glucose, 0.8 g of glycine, 0.3 g of thiamine, and the reaction was proceeded at 120 °C for 90 min with an initial pH of 7.5. The gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) results demonstrated that the contents of 2-methyl-3-furanthiol, 2-methyl tetrahydrothiophen-3-ketone and 3,3'-disthiobis[2-methyl-furan] were relatively high, which featured the roast beef flavor. Overall, this model system was characterized by high degree of browning, the highest absorbance (0.263), inviting meat flavor and strong roast flavor as indicated by sensory evaluation.

Key words: enzymatic hydrolysis of beef; Maillard reaction; roast beef flavor; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

中图分类号: TS251.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 10-0119-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201510024

牛肉含有重要的营养物质, 对人体健康具有很大的益处^[1], 而传统烤牛肉制品因其独特的颜色、香气和口感也受到广大消费者的青睐。虽然烤牛肉味道鲜美, 但通常烧烤温度在190~260 °C条件下易产生杂环胺^[2]、3,4-苯并芘^[3]等具有致癌、致畸、致突变作用的物质。因此开展关于烧烤风味形成的研究, 对保持烧烤肉制品独特诱人的同时降低其带来的危害具有重大意义。

熟肉风味物质不是单一化合物作用的结果, 而是多种不同组成物质在数量上微妙平衡的产物, 其显著特征是以含硫化合物为主^[4-5]。有研究表明, 美拉德反应、脂

质氧化和硫胺素的降解在烤肉风味形成过程中起到重要作用^[6], 而美拉德反应在牛肉烤制过程中对色泽和风味变化起到了非常重要的作用^[7-8], Mottram^[9]研究发现美拉德反应的Strecker降解阶段会产生多种醛类化合物, 随后产生的呋喃类、吡嗪类、噻吩类物质也是重要的香味物质成分。

本研究以牛背最长肌为原料, 利用复合蛋白酶和风味蛋白酶2种酶^[10-11]对其进行水解, 通过考虑酶解温度、酶解时间、酶解pH值、酶配比及加酶量5个因素, 找出最佳牛肉酶解工艺; 再以牛肉酶解液为底物, 设计美拉

收稿日期: 2014-09-26

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(NYCYTX-38)

作者简介: 刘森轩(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: lsenxuan@163.com

*通信作者: 彭增起(1956—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: zqpeng@njau.edu.cn

德反应析因试验,通过研究葡萄糖、甘氨酸和硫胺素的添加量对反应产物褐变程度和感官品质的影响,确定形成烧烤风味的最佳物质配比,探索温和条件下(120℃)烤牛肉风味的形成。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜牛背最长肌(江苏黄牛)购于南京市玄武区卫岗农贸市场。

氢氧化钠、甲醛、盐酸(均为分析纯) 南京化学试剂有限公司;复合蛋白酶、风味蛋白酶、葡萄糖、甘氨酸、硫胺素(均为食品级) 河南金润食品添加剂有限公司。

1.2 仪器与设备

1Litre组织捣碎机 德国Waring Commerical公司;HH-600三用恒温水箱 金坛市杰瑞尔电器有限公司;Allegra 64R型高速冷冻台式离心机、DU 730型紫外-可见分光光度计 美国Beckman Coulter有限公司;DGG-9240A型电热恒温鼓风干燥箱 上海森信实验仪器有限公司;HJ-3型数显恒温磁力搅拌器 金坛市宏凯仪器厂;AL 104电子分析天平 上海梅特勒-托利多仪器有限公司;8400全自动凯氏定氮仪 上海展仪仪器设备有限公司;SCION SQ 456-GC气相色谱-质谱联用仪 美国Brüker公司。

1.3 方法

1.3.1 牛肉中总氮含量的测定

采用全自动凯氏定氮仪进行测定^[12]。将解冻的牛肉样品剔除可见脂肪、肌内膜和肌间膜并绞碎,称取0.2 g上述样品以及1块消化片(硫酸钾和硫酸铜混合物)和12 mL浓硫酸于消化管中,消化1.5 h(420℃),用凯氏定氮仪测定样品中氮的含量。

1.3.2 牛肉酶解正交试验设计

根据前期试验结果^[13],选定酶解温度(A)、酶解时间(B)、酶解pH值(C)、酶配比(D)、加酶量(E),5个因素为正交试验研究对象,每个因素设4个水平,如表1所示,根据因素水平个数选择相应的正交试验表,进行试验,每组试验2次重复,3个平行。

表1 牛肉酶解正交试验因素水平表

Table 1 Factors and their coded levels used in orthogonal array design for the optimization of enzymatic hydrolysis of beef

水平	因素				
	A酶解温度/℃	B酶解时间/h	C酶解pH	D酶配比	E加酶量/%
1	45	2	5.5	3:1	2
2	50	3	6.0	2:1	4
3	55	4	6.5	1:1	6
4	60	5	7.0	1:2	8

1.3.2.1 牛肉酶解液的制备

取适量牛肉,剔除可见脂肪,置于高速组织捣碎机10 000 r/min处理1 min。称取肉糜10 g,移入三角瓶中,加入一定量蒸馏水,底物质量分数30%左右,升温至90℃热变性处理10 min,冷却后用0.1 mol/L氢氧化钠溶液和盐酸溶液调节pH值,加入适量复合蛋白酶和风味蛋白酶,搅拌均匀,在一定温度条件下酶解一段时间后升温至95℃灭酶10 min。在4 000 r/min条件下离心15 min,收集上清液待分析测定^[14]。

1.3.2.2 牛肉酶解液水解度的测定

采用甲醛滴定法测定水解度^[15-16]。吸取5 mL样品溶液稀释至100 mL,再吸取20 mL稀释液置于200 mL烧杯中,加60 mL去离子水,用标准NaOH(0.05 mol/L)溶液滴定至pH 8.20,加入10 mL体积分数36%甲醛溶液,混匀后继续滴定至pH 9.20,记录加入甲醛后消耗的NaOH溶液体积,重复3次。

空白实验,除不加酶解液外,所有步骤同酶解实验。

按公式(1)、(2)计算氨基酸态氮含量和水解度。

$$\text{氨基酸态氮含量}/(\text{g}/100\text{ mL}) = \frac{(V_1 - V_0) \times C \times 0.014}{m \times \frac{20}{100}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{水解度}/\% = \frac{N_2 - N_1}{N_0 - N_1} \times 100 \quad (2)$$

式中: V_0 为空白实验消耗的标准NaOH溶液体积/mL; V_1 为样品消耗的标准NaOH溶液体积/mL; C 为标准NaOH溶液浓度/(mol/L); m 为测定用样品溶液相当于样品的质量/g; 0.014为氮的毫摩尔质量/(g/mmol); N_0 为样品总氮含量/(g/100 mL); N_1 为酶解前游离氨基酸态氮含量/(g/100 mL); N_2 为酶解后游离氨基酸态氮含量/(g/100 mL)。

1.3.3 美拉德反应析因试验设计

在前期试验基础上,发生美拉德反应的葡萄糖、甘氨酸、硫胺素分别设定一个高水平和一个低水平,以褐变程度和感官品质作为评定指标。析因试验是一种对所有因素的所有水平组合进行全面试验和分析的方法,其在试验因素较少、水平数较少的情况下能十分有效地得出最优试验方案^[17]。本研究采用三因素二水平进行8次试验,如表2所示,每组试验2次重复,3个平行。

表2 析因试验因素水平表

Table 2 Factors and their coded levels used in factorial design

水平	因素		
	葡萄糖/g	甘氨酸/g	硫胺素/g
-1	0.5	0.4	0.3
1	1.0	0.8	0.6

1.3.3.1 美拉德反应产物褐变程度的测定

以20 g牛肉酶解液为底物,加入葡萄糖、甘氨酸、

硫酸素,用NaOH溶液调节反应体系pH 7.5,常压条件下,放入恒温干燥箱中120℃条件下反应90 min。反应产物冷却至室温后稀释10倍,在波长420 nm处测其吸光度^[18]。

1.3.3.2 美拉德反应产物感官品质的评定

将反应后的每组样品稀释至同一体积分数,按顺序进行编号,采用10分评分制。对各组样品的气味强度评分,由经过培训的10名评价员对各样品评分,结果取平均值^[19]。感官评分标准见表3。

表3 美拉德反应产物综合感官评分表

类别	感官表述	评分
1	肉香味较强,烧烤味浓郁,香气纯正	9~10
2	肉香味较弱,烧烤味较浓郁,香气较纯正	7~8
3	少许肉香味,烧烤味较淡,香气一般	4~6
4	肉香味较淡,几乎无烧烤味,无香气	0~3

1.3.4 美拉德反应液烧烤风味GC-MS测定

参考Matthias等^[20]的方法,并稍作改动。固相微萃取:取3 g左右样品置于15 mL顶空瓶中,将老化后的50/30 μm DVB/CAR/PDMS萃取头插入样品瓶顶空部分,于50℃吸附40 min,吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口,于250℃解吸3 min,同时启动仪器采集数据。

气相色谱条件:采用DB-Wax色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);载气为氦气;气体流速为0.9 mL/min;进样口温度为250℃;柱箱采用程序升温:初始温度为40℃,然后以5℃/min升温至90℃,再以10℃/min升温至230℃,保持7 min。

质谱检测条件:采用电子电离源正离子模式;电子能量70 eV;发射电流80 μA;检测器电压1 000 V。

1.4 数据分析

试验数据通过SPSS 19.0在显著性水平 $P=0.05$ 条件下进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 牛肉总氮含量

根据国家标准的方法采用全自动凯氏定氮仪测得牛背最长肌(江苏黄牛)的总氮含量为 (4.28 ± 0.21) g N/100 g。

2.2 牛肉酶解条件的优化

由表4可以看出,根据极差分析各因素影响牛肉酶解液水解度的主次顺序为: $E>A>D>C>B$ 。由于试验结果要求较大的水解度,所以应挑选每个因素 K 值中最大值对应的水平组合作为牛肉酶解的最优工艺条件,由试验结果可知最优工艺条件组合为 $A_2B_4C_3D_3E_4$ 。但该组合在上

述正交试验中并没有出现,故需进行验证实验。结果表明, $A_2B_4C_3D_3E_4$ 条件下测得水解度为17.24%,高于正交试验中的最好结果15.15%,所以确定牛肉酶解液的最优工艺条件为:酶解温度50℃、酶解时间50 min、酶解pH值为6.5、 m (风味蛋白酶): m (复合蛋白酶)=1:1、加酶质量分数8%。

从正交试验的结果中还可以发现5个试验因素中加酶量对牛肉水解度的影响最大(R 值最大),说明在实际生产中要着重考虑加酶量对牛肉酶解的影响。

表4 牛肉酶解正交试验结果及极差分析表

Table 4 Orthogonal array design and range analysis of experimental results

试验号	A酶解温度/℃	B酶解时间/h	C酶解pH	D酶配比	E加酶量/%	水解度/%
1	45	2	5.5	3:1	2	6.42±0.21
2	45	3	6.0	2:1	4	10.71±0.18
3	45	4	6.5	1:1	6	12.03±0.13
4	45	5	7.0	1:2	8	15.15±0.25
5	50	2	6.0	1:1	8	14.12±0.30
6	50	3	5.5	1:2	6	11.35±0.16
7	50	4	7.0	3:1	4	9.81±0.40
8	50	5	6.5	2:1	2	12.66±0.14
9	55	2	6.5	1:2	4	9.42±0.10
10	55	3	7.0	1:1	2	8.89±0.27
11	55	4	5.5	2:1	8	11.62±0.20
12	55	5	6.0	3:1	6	7.08±0.16
13	60	2	7.0	2:1	6	8.95±0.11
14	60	3	6.5	3:1	8	10.88±0.20
15	60	4	6.0	1:2	2	5.36±0.24
16	60	5	5.5	1:1	4	9.85±0.18
K_1	44.31	38.91	39.24	34.19	33.33	
K_2	47.94	41.83	37.27	43.94	39.79	
K_3	37.01	38.82	44.99	44.89	39.41	
K_4	35.04	44.74	42.80	41.28	51.77	
R	12.90	5.92	7.72	10.70	18.44	

2.3 美拉德反应产物析因试验结果

由美拉德反应模型体系试验结果(表5)可以看出,吸光度大小代表褐变程度的强弱,当葡萄糖、甘氨酸为高水平,硫酸素为低水平时,吸光度最大为0.263。当葡萄糖含量一定时,随着甘氨酸含量的增加,褐变程度及感官品质显著增加($P<0.05$),随着硫酸素含量的增加,褐变程度下降,感官品质增加,但均不显著($P>0.05$);当甘氨酸和硫酸素含量一定时,随着葡萄糖含量的增加褐变程度及感官品质显著增加($P<0.05$)。

分别对试验结果进行方差分析,如表6、7所示,3个因素葡萄糖、甘氨酸、硫酸素对褐变程度都有显著影响($P<0.05$);葡萄糖与甘氨酸、甘氨酸与硫酸素之间存在交互作用且对褐变程度影响显著($P<0.05$);葡萄糖、硫酸素之间,葡萄糖、甘氨酸、硫酸素三者之间不存在交互作用或交互作用不显著($P>0.05$)。将3个

因素按照对褐变程度影响的重要程度分类,由 F 值大小可知,甘氨酸是最主要因素,葡萄糖为主要因素,硫胺素为次要因素。同时,葡萄糖、甘氨酸的含量变化对感官品质的影响较为显著($P<0.05$),而硫胺素对其影响不显著($P>0.05$);葡萄糖、甘氨酸之间存在交互作用且对感官品质影响显著($P<0.05$);葡萄糖与硫胺素、甘氨酸与硫胺素之间,葡萄糖、甘氨酸、硫胺素三者之间对反应液感官品质的影响不存在交互作用或交互作用不显著($P>0.05$)。将3个因素按照对感官品质影响的重要程度分类,由 F 值大小可知,甘氨酸是最主要因素,葡萄糖为主要因素,硫胺素为非主要因素。

表 5 美拉德反应模型体系试验结果
Table 5 Browning degree and sensory evaluation scores of Maillard reaction products

试验号	因素			指标	
	葡萄糖	甘氨酸	硫胺素	褐变程度	感官评分
1	-1	-1	-1	0.046 ± 0.001^f	4.28 ± 0.396^c
2	1	-1	-1	0.086 ± 0.006^e	5.66 ± 0.085^b
3	-1	1	-1	0.155 ± 0.007^e	6.53 ± 0.325^a
4	1	1	-1	0.263 ± 0.003^a	6.67 ± 0.269^a
5	-1	-1	1	0.042 ± 0.005^f	4.20 ± 0.141^c
6	1	-1	1	0.077 ± 0.006^e	6.03 ± 0.580^{ab}
7	-1	1	1	0.120 ± 0.001^d	6.58 ± 0.509^a
8	1	1	1	0.216 ± 0.012^b	6.78 ± 0.396^a

注: 同列肩标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 6 析因试验褐变程度方差分析结果
Table 6 Analysis of variance of browning degree in factorial design

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
葡萄糖	0.019	1	0.019	527.736	0.000
甘氨酸	0.063	1	0.063	1 715.315	0.000
硫胺素	0.002	1	0.002	62.481	0.000
葡萄糖×甘氨酸	0.004	1	0.004	111.078	0.000
葡萄糖×硫胺素	7.225×10^{-5}	1	7.225×10^{-5}	1.959	0.199
甘氨酸×硫胺素	0.001	1	0.001	32.278	0.000
葡萄糖×甘氨酸×硫胺素	1.600×10^{-5}	1	1.600×10^{-5}	0.434	0.529
误差	3.000×10^{-4}	8	3.688×10^{-5}		
总和	0.091	15			

表 7 析因试验感官评分方差分析结果
Table 7 Analysis of variance of sensory evaluation score in factorial design

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
葡萄糖	3.151	1	3.151	22.622	0.001
甘氨酸	10.208	1	10.208	73.294	0.000
硫胺素	0.051	1	0.051	0.363	0.563
葡萄糖×甘氨酸	2.059	1	2.059	14.785	0.005
葡萄糖×硫胺素	0.065	1	0.065	0.467	0.514
甘氨酸×硫胺素	0.004	1	0.004	0.030	0.866
葡萄糖×甘氨酸×硫胺素	0.038	1	0.038	0.273	0.615
误差	1.114	8	0.139		
总和	16.690	15			

综上所述,甘氨酸是影响反应液褐变程度和感官品质最主要的因素,由试验结果可以看出高水平的甘氨酸能显

著提高反应液的品质,即甘氨酸0.8 g;葡萄糖对反应液的褐变程度和感官品质也有着重要影响,高水平的葡萄糖对反应液的品质影响较大,故葡萄糖1.0 g;硫胺素对结果影响不大,从生产成本的角度考虑,低水平的硫胺素较好,即硫胺素0.3 g。所以通过析因试验确定3个因素的最佳配比为葡萄糖1.0 g、甘氨酸0.8 g、硫胺素0.3 g。

2.4 挥发性风味物质气相色谱-质谱法分析

通过气相色谱-质谱法对最优配比条件下的美拉德反应液经顶空固相微萃取后的挥发性成分进行定性分析。根据计算机标准质谱图库检索、各组分的质谱图及数据分析,并通过峰面积归一化相对含量,结果如图1、表8所示。

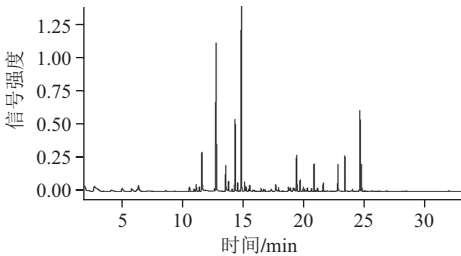


图 1 气相色谱-质谱联用图谱
Fig.1 GC-MS pattern of volatile compounds

表 8 美拉德反应液挥发性成分气相色谱-质谱分析结果
Table 8 GC-MS results of volatile compounds generated from Maillard reaction model system

序号	出峰时间/min	物质名称	相对含量/%
1	2.212	2-己酮	0.134
2	2.685	2-甲基呋喃	3.502
3	4.104	2-戊酮	0.795
4	5.772	2,3-戊二酮	0.893
5	6.185	己醛	0.512
6	6.327	3-甲基噻吩	1.320
7	7.301	3-戊烯-2-酮	0.024
8	8.548	庚醛	0.122
9	10.536	2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.825
10	10.768	1,2,4-三甲苯	0.036
11	10.911	4-甲基噻唑	0.412
12	11.095	辛醛	0.891
13	11.362	丙酮醇	0.638
14	11.458	4-氨基苯酚	0.011
15	11.569	2-甲基-3-呋喃硫醇	6.008
16	12.742	3-巯基-2-戊酮	17.64
17	13.537	壬醛	3.088
18	13.772	1,2-双氧(4-氨基-3-呋喃基)乙烷	1.092
19	14.314	糠(基)硫醇	7.185
20	14.521	乙酸	0.861
21	14.695	反-2-十一烯醇	0.085
22	14.830	糠醛	18.64
23	15.237	1,2,3,4-四甲基苯	0.447
24	15.439	2,4-二甲基苯乙烯	0.277
25	15.525	癸醛	0.671
26	15.886	2-甲基四氢噻吩-3-酮	0.164

续表8

序号	出峰时间/min	物质名称	相对含量/%
27	16.465	辛醇	0.315
28	17.174	十一醛	0.037
29	17.286	4-羟基丁酸内酯	0.335
30	17.669	二甲基-硅烷二醇	1.120
31	17.822	糠醇	0.117
32	17.910	壬醇	0.392
33	18.244	2-噻吩甲醛	0.092
34	18.615	月桂醛	0.066
35	18.802	2-甲基-5-(1-甲基乙烯基)-2-环己烯-1-酮	0.248
36	18.868	甘菊蓝	0.529
37	19.126	甲氧基-苯基-脲	0.752
38	19.388	4-异丙基苯甲醛	4.313
39	19.688	3-甲基-2-噻吩甲醛	1.134
40	19.952	茴香烯	0.452
41	20.062	己酸	0.209
42	20.216	1-亚乙基-1H-茚	0.117
43	20.284	3-乙基-2-甲酰基噻吩	0.334
44	20.831	二甲基甲酰噻吩	2.239
45	20.961	5-(2-氯乙基)-4-甲基噻唑	0.111
46	21.051	α -甲基肉桂醛	0.111
47	21.126	四氢化-3 α -1,3-呋喃	0.290
48	21.595	吡喃	0.713
49	21.834	1,4-二甲基苯	0.046
50	22.345	辛酸	0.052
51	23.384	双(2-甲基-3-呋喃基)二硫	2.668
52	24.005	2-甲基-3-呋喃基-2-氧-3-戊基二硫	0.165
53	24.630	4-甲基-5-羟乙基噻唑	6.871
54	24.766	2,4-二叔丁基苯酚	1.875
55	26.814	邻苯二甲酸二异丁酯	0.088
56	31.970	棕榈酸	0.147

挥发性成分中共检测出56种化合物,主要是羧酸类(1.269%)、醛类(28.451%)、酮类(20.723%)、杂环类(45.342%,包括呋喃类、噻唑类、噻吩类等)、含硫化合物(33.666%)。从检测结果来看,反应液中含有较丰富的2-甲基-3-呋喃硫醇(6.008%),是肉香香气的主要原料,具有明显的肉香气味^[21],因此反应液肉香十分浓郁。检测出的风味物质中杂环类物质的相对含量最多(45.342%),噻吩及噻唑类化合物中的烷基或乙酰基取代物多具有坚果香、烤香、肉香,一些还具有水果的香气,对牛肉香气的形成起到非常重要的作用。这与早期Guy等^[22]的研究是一致的。反应液中检测出2-甲基四氢噻吩-3-酮、双(2-甲基-3-呋喃基)二硫等烤牛肉的特征风味物质。此外,硫醇类物质作为烤肉类挥发性物质中主要的成分之一^[23],在反应液中也检测到,且相对含量(13.193%)较为丰富。反应液通过气相色谱-质谱法检测出的多种化合物,尤其是烤牛肉的特征风味物质,使得反应液具有明显的烤牛肉风味,这与之之前感官评定的结果是一致的。

3 结 论

在酶解温度50℃、酶解pH值为6.5、 m (风味蛋白酶): m (复合蛋白酶)=1:1、加酶量质量分数8%的条件下,反应50 min后可得水解度为17.24%的牛肉酶解液。常压条件下,20 g牛肉酶解液中添加葡萄糖1.0 g、甘氨酸0.8 g、硫胺素0.3 g,反应体系在pH值为7.5,120℃条件下反应90 min,反应体系产物吸光度为0.263,褐变程度较高,且肉香纯正,烤牛肉风味浓郁。气相色谱-质谱分析表明,美拉德反应模型体系反应液中含有多种烤牛肉特征挥发性风味物质如2-甲基-3-呋喃硫醇、2-甲基四氢噻吩-3-酮、双(2-甲基-3-呋喃基)二硫,与感官评定结果一致。

参考文献:

- [1] MCAFEE A J, MCSORLEY E M, CUSKELLY G J, et al. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits[J]. Meat Science, 2010, 84(1): 1-13.
- [2] QUELHAS I, PETISCA C, VIEGAS O, et al. Effect of green tea marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of pan-fried beef[J]. Food Chemistry, 2010, 122(1): 98-104.
- [3] 刘兴勇, 朱仁俊. 熏烤肉制品风味和有害物质的形成及其防止方法[J]. 食品工业科技, 2010, 31(5): 405-410.
- [4] 周洁, 王立, 周惠明. 肉品风味研究综述[J]. 肉类研究, 2003, 17(2): 16-18.
- [5] 向智勇, 宁正祥. 肉品风味的形成与美拉德反应[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(2): 143-147.
- [6] 张恬静, 李洪军. 烤肉加工与香气分析研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 330-332.
- [7] 陈华. 影响食品中美拉德反应的因素[J]. 四川食品与发酵, 1998(3): 20-23.
- [8] MARTINS S I, BOEKEL M A. Kinetics of the glucose/glycine Maillard reaction pathways: influences of pH and reactant initial concentrations[J]. Food Chemistry, 2005, 92(3): 437-448.
- [9] MOTTRAM D S. Flavors formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [10] 李宏梁, 马雅鸽. 酶法制备肉味香精及其风味调配的研究[J]. 中国调味品, 2006, 31(10): 45-48.
- [11] 武彦文, 张燕, 阎晶辰. 酶法水解植物蛋白制备肉味香精的研究[J]. 食品工业科技, 2003, 24(3): 53-55.
- [12] 卫生部食品卫生建筑检验所. GB 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 苏畅, 黄家冀. 牛肉酶解工艺的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(6): 94-96.
- [14] 赵中胜, 谭雪莹, 查思辉, 等. 牛肉香精制备工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(9): 54-56.
- [15] 夏玲君. 反应型牛肉香精的研制及其香味活性化合物的分析[D]. 北京: 北京工商大学, 2007: 22-23.
- [16] 张水华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 174-175.
- [17] 汪仁官, 陈荣昭. 实验设计与分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998: 396-481.
- [18] 黄文, 胡慰望, 谢笔均. 脱脂花生蛋白酶解产物的焙烤香味研究[J]. 食品科学, 1997, 18(4): 40-44.
- [19] 朱红, 黄一贞, 张弘. 食品感官分析入门[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1993: 76-85.
- [20] MATTHIAS G, JURGEN B, ROLAND E, et al. Identification and formation of some selected sulfur-containing flavor compounds in various meat model systems[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990, 38(11): 2027-2041.
- [21] ROCHAT S, CHAINTREAU A. Carbonyl odorants contributing to the in-oven roast beef top note[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(24): 9578-9585.
- [22] GUY J H, JAMES T C, JIJIRGEN D S, et al. Volatile products formed from the thermal degradation of thiamin at high and low moisture levels[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1984, 32(5): 1015-1018.
- [23] SABINE R, JEAN-YVES S L, ALAIN C. Analysis of sulfur compounds from the in-oven roast beef aroma by comprehensive two-dimensional gas chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1147(1): 85-94.