

美拉德反应法制备腊肉香精的工艺优化

刘芝君, 黄业传*, 王艳蓉, 吴佳奕

(西南科技大学生命科学与工程学院, 四川绵阳 621010)

摘要:为制备具有抗氧化性的腊肉香精,以川味烟熏腊肉酶解液为基料,研究美拉德反应制备腊肉香精的工艺条件。采用 Friedman 排序检验法,对不同还原糖种类及配比、氨基酸种类、反应时间、反应温度和起始 pH 进行单因素试验。在单因素基础上,采用 $L_{18}(3^7)$ 正交表进行正交试验设计,以感官评价值和 DPPH 自由基清除能力为指标,得到制备抗氧化腊肉香精最佳工艺条件。结果表明:氨基酸为 L-半胱氨酸,还原糖配比为葡萄糖(G) + 木糖(X) (G + X 质量比为 3:1),原始 pH(5.8~5.9),G + X(3:1)、L-半胱氨酸、盐酸硫胺素添加量分别为腊肉酶解液质量的 4%、0.10%、0.30%,反应时间为 40 min,反应温度为 110 ℃。在此条件下得到的腊肉香精,具有饱满的腊肉香味,感官评分为 8.3 ± 0.5 ,DPPH 清除率达到 $86.37\% \pm 0.51\%$,有较强的抗氧化性。

关键词:腊肉,美拉德反应,腊肉香精,抗氧化性

Optimization of Maillard Reaction Method for Preparation of Bacon Flavor

LIU Zhi-jun, HUANG Ye-chuan*, WANG Yan-rong, WU Jia-yi

(College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: In order to prepare bacon flavor with oxidation activity, the enzymatic hydrolyzate of Sichuan smoked bacon was used as basis material to prepare the flavor by Maillard reaction, and the process conditions were determined. Using Friedman sorting test, single factor tests were carried out on the variety and proportion of different reducing sugars, amino acid types, reaction time, reaction temperature and initial pH. On the basis of single factor tests, the $L_{18}(3)^7$ orthogonal experimental design was carried out, using the sensory evaluation value and DPPH free radical scavenging capacity as indexes to obtain the best technological conditions for preparation of bacon flavor with resistance to oxidation. The results showed that the amino acid was L-cysteine, the ratio of reducing sugar was glucose (G) + xylose (X) (G + X mass ratio 3:1), original pH (5.8~5.9), G + X (3:1), L-cysteine and the addition of thiamine hydrochloride added amount was 4%, 0.10%, 0.30% of the mass of bacon enzymatic hydrolysate respectively, and the reaction time was 40 min, the reaction temperature was 110 ℃. Under these conditions, the obtained flavor had a full scent of bacon, had better oxidation activity sensory score was 8.3 ± 0.5 and DPPH scavenging rate was $86.37\% \pm 0.51\%$, which had strong antioxidant activity.

Key words: bacon; Maillard reaction; bacon flavor; oxidation activity

中图分类号: TS264.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)23-0227-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.23.040

引文格式: 刘芝君, 黄业传, 王艳蓉, 等. 美拉德反应法制备腊肉香精的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(23): 227-233.

美拉德反应能赋予食品愉快的香味和诱人的色泽,是生产肉味香精的主要反应^[1]。肉制品经酶解后,可得到具有一定功能的多肽和氨基酸的混合物。以酶解液为基料,通过美拉德反应得到的肉味香精肉香浓郁、香气逼真,并具有较好的热稳定性^[2]。美拉德反应制得的肉香味香精迎合了人们对食品肉香味的喜爱,满足了食品生产企业在增香调味方面的需求,因而成为了调味料领域发展极快的新型调味料^[3-4]。

肉味香精是国际上 70 年代发展起来的一类新型食用香精,人们对合成和天然肉味香精都进行了较广泛的研究^[5]。现在对于肉类香精的研制,肉味前体物质、复杂的反应机理及影响反应的因素等方面的研究已取得了许多成果^[6],美拉德反应制备香精产物与反应起始 pH、温度、时间等有重要关系,也与参与反应的糖(包括单糖、寡糖和多糖)、氨基酸等有很大关系^[2],张富县等^[7]比较了葡萄糖与木糖在猪肉香精美拉德反应中对香气的影响,结果表明,木糖对香

收稿日期: 2018-04-16

作者简介: 刘芝君(1995-),女,硕士研究生,研究方向:肉制品加工与酶工程, E-mail: 1360465882@qq.com。

* 通讯作者: 黄业传(1975-),男,博士,教授,研究方向:肉制品加工与酶工程, E-mail: 563248056@qq.com。

基金项目: 四川省科技厅应用基础研究计划项目(2016JY0110)。

气的肉味贡献大,葡萄糖对香气的焦香贡献大,若同时使用葡萄糖和木糖,香气更丰满;Karangwa 等^[8]研究了温度和半胱氨酸添加量对向日葵水解产物美拉德反应产物形成的影响。通过美拉德反应也制备出了鸭肉、牛肉、猪肉、鸡肉香精等肉味香精,安广杰等^[9]以鸡骨架酶解液为原料,通过美拉德反应制备鸡肉味香精,得到制备鸡肉味香精的各因素最佳水平组合,即当木糖添加量为 2.50%,反应 pH 为 8,反应温度为 120 ℃,反应时间为 25 min 时,美拉德反应产物具有优良的鸡肉香精风味。张颖^[10]以鸭肉为原料,研究了鸭肉香精工艺及其微胶囊化工艺,结果表明,鸭肉香精制备最佳工艺条件为热反应时间 79.80 min,热反应温度 118.5 ℃,pH5.2,木糖添加量 9.50%,L-半胱氨酸盐酸盐添加 2.50%。

目前,对于制备具有抗氧化活性的腊肉香精的相关研究还是空白,因此,本文以川味腊肉酶解液作为实验基料,以感官评价为指标进行单因素实验,考察不同还原糖种类及配比、不同氨基酸、反应时间、反应温度及起始 pH 对美拉德反应法制备腊肉香精的影响;以感官评价和 DPPH 自由基清除率为指标进行正交试验,得到美拉德反应法制备腊肉香精的最优工艺,制备具有肉香特征和抗氧化性的腊肉香精。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜猪背脊肉 绵阳八品农产品开发有限公司;磷酸二氢钠(AR)、D-木糖(BR)、无水葡萄糖(AR)、L-蛋氨酸(BR)、L-精氨酸(BR)、L-丝氨酸(BR)、L-丙氨酸(BR)、盐酸硫胺素(维生素 B₁, BR) 成都市科龙化工试剂厂;L-谷氨酸 BR,上海蓝季科技发展有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、无水乙醇 分析纯,成都市科龙化工试剂厂;中性蛋白酶(酶活力 200000 U/g)、风味蛋白酶(酶活力 15000 U/g) 江苏锐阳生物科技有限公司。

PHS-3CB 型 pH 计 上海越平科学仪器有限公司;BS223S 型电子天平 德国赛多利斯公司(北京);HH-4 型数显恒温水浴锅 常州澳华仪器有限公司;SZ-1 型快速混匀器 常州普天仪器制造有限公司;G20-PHOH 电磁炉 上海奔腾企业有限公司;DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(油浴锅) 河南省予华仪器有限公司;UV1000 紫外-可见分光光度计 上海天美科学仪器有限公司;美国布林克曼烟熏炉;真空腌味机 深圳市瑞丰电器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 腊肉制作流程与预处理 将猪背脊肉切成厚度为 4~6 cm 约重 250 g 的肉条,备用^[11];称取猪背脊肉重量 5% 的盐涂抹于备用肉条上,涂抹均匀后放入真空腌味机里,转动 25~30 min 以促进盐的吸收,之后将肉条在 4 ℃ 左右腌制 24 h^[11-12]。将上述腌制好的肉条悬挂进烟熏炉,用柏枝为柴火,利用其不完全燃烧释放出的植物油脂青烟对肉条进行熏烤,直至肉条表面微微起焦、呈金黄色时,取出挂于通风处自然风干 72 h,进行后熟^[13]。

取出腊肉条并用刀刮除肉表面焦黑部分,再用

蒸馏水冲洗干净后用刀削片,切成 3 mm × 3 mm 肉末备用^[13]。

1.2.2 腊肉酶解液的制备 前期通过腊肉酶解工艺优化实验^[13],得到最佳工艺,即称取 100.00 g 备用腊肉肉末,加入 1:2 g/mL 的蒸馏水,加酶量为 0.35% (腊肉质量比),中性蛋白酶与风味蛋白酶按 1:2 比例进行配比,在自然 pH,47 ℃ 水浴,酶解 5 h 后,在 100 ℃ 水浴灭酶 15 min 后离心过滤,取滤液备用。

1.2.3 腊肉香精的制备 将制备好的腊肉酶解液置于具塞试管中,准确称取并加入氨基酸、还原糖等原料,用磷酸缓冲液调节 pH,塞紧试管塞,放入油浴锅,在一定温度下反应,反应结束后迅速取出,冰水浴冷却备用。

1.2.4 单因素实验

1.2.4.1 不同还原糖种类及配比对腊肉香精制备的影响 取七份等量腊肉酶解液,加入 0.20% L-半胱氨酸,0.20% 盐酸硫胺素(维生素 B₁),再分别加入 4% 的葡萄糖、木糖、葡萄糖 + 木糖(G + X)(质量比 1:2、1:3、1:1、2:1、3:1),不调 pH,在 110 ℃ 油浴锅中反应 40 min,取样,备用待测。

1.2.4.2 不同氨基酸对腊肉香精制备的影响 取八份等量腊肉酶解液,加入 4% G + X(3:1),0.20% 盐酸硫胺素,再分别加入 0.20% L-半胱氨酸、L-丙氨酸、精氨酸、甘氨酸、L-蛋氨酸、L-丝氨酸、L-谷氨酸及不加氨基酸,不调 pH,在 110 ℃ 油浴锅中反应 40 min,取样,备用待测。

1.2.4.3 不同反应时间对腊肉香精制备的影响 取六份等量腊肉酶解液,加入 4% G + X(3:1),0.20% L-半胱氨酸,0.20% 盐酸硫胺素,不调 pH,在 110 ℃ 分别反应 20、40、60、80、100、120 min,取样,备用待测。

1.2.4.4 不同反应温度对腊肉香精制备的影响 取六份等量腊肉酶解液,加入 4% G + X(3:1),0.20% L-半胱氨酸,0.20% 盐酸硫胺素,分别在 100、105、110、115、120、125 ℃ 反应 40 min,取样,备用待测。

1.2.4.5 不同起始 pH 对腊肉香精制备的影响 取六份等量腊肉酶解液,加入 4% G + X(3:1),0.20% L-半胱氨酸,0.20% 盐酸硫胺素,分别调节 pH 为 5.0、6.0、7.0、8.0、9.0,原始 pH(5.8~5.9),在 110 ℃ 油浴锅中反应 40 min,取样,备用待测。

1.2.4.6 不同盐酸硫胺素添加量对腊肉香精制备的影响 取七份等量腊肉酶解液,盐酸硫胺素添加量分别为 0、0.05%、0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%,再加入 4% G + X(3:1)、0.20% L-半胱氨酸,在 110 ℃ 油浴锅中反应 40 min,取样,备用待测。

1.2.5 腊肉香精的正交试验 在单因素实验的基础上,以九点快速感官评分和 DPPH 自由基清除率为实验指标,采用 L₁₈(3⁷) 正交表进行正交试验设计,分别选取 G + X(3:1) 添加量、L-半胱氨酸添加量、盐酸硫胺素添加量、反应时间以及反应温度五个因素的三个水平,正交试验的因素水平如表 1。

1.2.6 感官评定方法

1.2.6.1 单因素实验感官评定方法 采用排序检验法,即比较数个样品,按指定的特性由强度或嗜好程度排序的方法。对样品按指定特性(色泽(黄-棕

表1 正交试验因素水平表
Table 1 Factors and levels table of orthogonal test

水平	因素				
	AG + X(3:1) 添加量(%)	B L-半胱氨酸添加量 (%)	C 盐酸硫胺素 添加量(%)	D 反应时间 (min)	E 反应温度 (℃)
1	2	0.10	0.20	20	105
2	4	0.20	0.30	40	110
3	6	0.30	0.40	60	115

色)、腊肉香气、澄清度)根据强度、嗜好程度或整个印象对样品排序,使用 Friedman 排序检验法^[14]对显著性差异进行判断。感官评定小组男女比例为 1:1 的 10 名食品相关专业人员组成。

1.2.6.2 正交试验感官评定方法 采用 9 点快感标度检验法,评定员对每个样品的总体接受性按照 9 点快感标度检验法评分,即 1-非常不喜欢、2-很不喜欢、3-不喜欢、4-有点不喜欢、5-既不喜欢也不讨厌、6-有点喜欢、7-喜欢、8-很喜欢、9-非常喜欢。感官评定小组由 10 名食品相关专业人员组成^[15]。

1.2.7 DPPH 自由基清除能力的测定 根据 Sun 等^[16]的方法略作修改。取 1.2.3 所得样液,用蒸馏水稀释 20 倍后,取 2.00 mL 于试管中,加入 0.20 mmol/L 的 DPPH 溶液 2.00 mL,混合均匀,置于暗处反应 30 min,在 517 nm 处测定其吸光值 A_1 ;同时测定 2.00 mL 样液加入 2.00 mL 无水乙醇暗处反应 30 min 的吸光值 A_2 ;以及 2.00 mL 无水乙醇加 2.00 mL DPPH 在暗处反应 30 min 后的吸光值 A_0 ;平行三次实验。

$$\text{DPPH 自由基清除率}(\%) = 100 \times \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right)$$

1.3 数据处理

采用 SPSS 13.0、Nonparametric Test 和 Excel 对各实验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 不同种类及配比还原糖对腊肉香精制备的影

响 美拉德反应主要是由氨基化合物和还原糖或其它羰基化合物发生的反应,还原糖的种类在反应中起着至关重要的作用,还原糖因种类和配比不同,对美拉德反应物的感官影响也不同^[17]。由表 2 可知, Friedman 检验得到 $F = 15.43, p = 0.017 < 0.05$,在 0.05 水平上,七个样品存在显著差异, G 样品的秩和高,风味最佳,即 G + X(3:1);其次是 E 样品和 F 样品,再次是 C、B、D 样品,最差的是 A 样品,即只有葡萄糖。吴爽^[18]以谷朊粉酶解物为原料,通过美拉德反应制备肉味香精,发现只有葡萄糖时,反应速率相对较慢,葡萄糖与木糖按比例混合加入后,反应速率变快,且肉香味强烈,最后按葡萄糖与木糖比例 3:1 的比例进行了后续实验,与本文结论相似。综合考虑,选用的还原糖为 G + X(3:1)。

2.1.2 不同种类氨基酸对腊肉香精制备的影响 氨基和羰基在一定条件下发生美拉德反应,氨基酸是美拉德反应重要氨基来源之一,不同氨基酸体系对美拉德反应物的感官影响也不同。在形成肉香的过程中,含硫氨基酸和一些脂肪族氨基酸都起了重要作用^[19]。选择几种可能有利于肉类风味形成和增加抗氧化性的氨基酸进行实验,结果如表 3 所示,由 Friedman 检验得到 $F = 35.32, p = 0.0001 < 0.05$,在 0.05 显著水平上,八个样品存在显著差异, A 样品的秩和高,风味最佳,即添加 L-半胱氨酸的感官评价效果最好;其次是 G 样品和 H 样品,再次是 C、F、B 样品,最差的是 D 和 E 样品。L-半胱氨酸是含硫氨基酸,含硫氨基酸形成的各种含硫杂环化合物对肉香的形成有极其重要的作用^[20]。综合考虑,选用的氨

表2 不同种类及配比还原糖的美拉德反应产物的感官评价秩和

Table 2 Sensory evaluation rank sum of Milliard reaction product with different reducing sugar types and proportions

评议人员	感官评价秩次							秩和
	A 葡萄糖 G	B 木糖 X	C G: X(1:2)	D G: X(1:3)	E G: X(1:1)	F G: X(2:1)	G G: X(3:1)	
1	1	2	6	7	4	3	5	28
2	1	2	3	4	5	6	7	28
3	1	2	4	3	7	6	5	28
4	6	4	5	2	1	3	7	28
5	2	4	3	1	7	5	6	28
6	2	4	1	3	5	6	7	28
7	2	1	5	3	7	6	4	28
8	4	7	2	1	6	5	3	28
9	2	7	3	6	1	4	5	28
10	4	1	5	2	6	3	7	28
秩和	25	34	37	32	49	47	56	280

注:秩次由大到小,表示样品从好至差;1-最差,7-最好。

表3 不同种类氨基酸的美拉德反应产物的感官评价秩和

Table 3 Sensory evaluation rank sum of Milliard reaction product with different amino acids types

评议人员	感官评价秩次								秩和
	A L-半胱氨酸	B L-丙氨酸	C 精氨酸	D 甘氨酸	E 蛋氨酸	F 丝氨酸	G 谷氨酸	H 不加氨基酸	
1	4	3	5	1	2	6	8	7	36
2	8	7	1	2.5	4.5	2.5	4.5	6	36
3	8	1	2	5	4	3	7	6	36
4	7	5	4	3	2	1	6	8	36
5	8	3	7	6	2	5	1	4	36
6	8	1.5	5	6	1.5	3.5	7	3.5	36
7	7	3	2	1	5	4	8	6	36
8	6	4	5	2	1	3	7	8	36
9	8	3	5	2	1	4	7	6	36
10	7	4	3	1	2	5	8	6	36
秩和	71	34.5	39	29.5	25	37	63.5	60.5	360

注:秩次由大到小,表示样品从好至差;1-最差,8-最好。

表4 不同反应时间的美拉德反应产物的感官评价秩和

Table 4 Sensory evaluation rank sum of Milliard reaction product with different reaction time

评议人员	感官评价秩次						秩和
	A 20 min	B 40 min	C 60 min	D 80 min	E 100 min	F 120 min	
1	2	6	4	3	1	5	21
2	5	6	4	2	3	1	21
3	5	6	4	3	2	1	21
4	2	6	5	1	4	3	21
5	5	6	1	2.5	2.5	4	21
6	5	6	2	3	1	4	21
7	2	5	3	1	4	6	21
8	6	3	5	2	4	1	21
9	6	2	5	4	3	1	21
10	5.5	2	5.5	4	3	1	21
秩和	43.5	48	38.5	25.5	27.5	27	210

注:秩次由大到小,表示样品从好至差;1-最差,6-最好。

基酸为 L-半胱氨酸。

2.1.3 不同反应时间对腊肉香精制备的影响 由表 4 可知,Friedman 检验得到 $F = 13.33, p = 0.02 < 0.05$, 在 0.05 显著水平上,六个样品存在显著差异,B 样品感官评价的秩和最大,即在 40 min 时,反应产物风味最佳。随着反应时间的延长,反应产物的色泽越趋于黑色,褐变程度加强,感官秩和值下降。邹利^[21]用猪骨粉酶解液制备肉味香精,发现随着时间的增加,反应产物的褐变程度逐渐加强,在 60~80 min,生成的中间体量逐渐下降,生成的香味中间体可能参与了类黑精的生成反应。与本文研究结果相似。综合考虑,选取反应时间 20、40、60 min 进行正交试验。

2.1.4 不同反应温度对腊肉香精制备的影响 在一定温度范围内,随着温度的增加,肉味香精的风味物质也随着增加,但在反应过程中温度过高,还原糖发生焦糖化反应生产黑褐色物质,影响反应产物的风味和色泽^[22]。由表 5 可知,Friedman 检验,得到 $F = 27.89, p = 0.0001 < 0.05$,在 0.05 显著水平上,六个样品存在显著差异,C 样品,即 110 ℃ 时样品风味最佳,

之后随着温度增加,反应产物褐变越快,感官值降低。研究表明^[18],在 100~120 ℃ 之间,产物主要为肉香味;刘红等^[23]用鲢鱼蛋白酶解液制备肉味香精,反应体系温度在 110 ℃ 时,产物风味最好,有卤汁味与肉香味,整体香气协调,与本文结果相似。综合考虑,选取反应温度为 105、110、115 ℃ 进行正交试验。

2.1.5 不同起始 pH 对腊肉香精制备的影响 在美拉德反应中,pH 是反应的重要影响因素之一,直接影响美拉德反应进程^[24-25]。由表 6 可知,Friedman 检验得到 $F = 28.58, p = 0.0001 < 0.05$,在 0.05 显著水平上,七个样品存在显著差异,随着 pH 的增加,样品感官评价的秩次和先增加后减小。C 样品,即 pH 为 6 时秩次和最高,同时 G 样品,即原始 pH (5.8~5.9) 与 C 样品 (pH 为 6) 的秩次和差别不大,都具有较好的风味。吴爽^[18]研究了起始 pH 对谷朊粉酶解物制备肉味香精的影响,结果表明,在 0.05 显著水平上,pH 为 5、6、7、8 的四个样品间存在显著差异,选择的反应初始 pH 为 6.0,与本文结果相似。综合考虑,pH 选取原始 pH (5.8~5.9),即不调 pH。

表5 不同反应温度的美拉德反应产物的感官评价秩和
Table 5 Sensory evaluation rank sum of Milliard reaction product at different reaction temperature

评议人员	感官评价秩次						秩和
	A 100 ℃	B 105 ℃	C 110 ℃	D 115 ℃	E 120 ℃	F 125 ℃	
1	1	5	6	4	2	3	21
2	6	3	1	5	4	2	21
3	4	5	6	3	2	1	21
4	5	6	3	4	2	1	21
5	3	5	6	4	2	1	21
6	4	6	5	1	2	3	21
7	3	4	6	5	2	1	21
8	4	5	6	3	2	1	21
9	3	5	6	4	2	1	21
10	2	5	6	4	1	3	21
秩和	35	49	51	37	21	17	210

注:秩次由大到小,表示样品从好至差;1-最差,6-最好。

表6 不同起始 pH 的美拉德反应产物的感官评价秩和
Table 6 Sensory evaluation rank sum of Milliard reaction product with different initial pH

评议人员	感官评价秩次							秩和
	A 4	B 5	C 6	D 7	E 8	F 9	G 原始	
1	7	3	4	6	2	1	5	28
2	4	7	3	6	2	1	5	28
3	2	3	4	5	6	1	7	28
4	1	3	5	7	4	2	6	28
5	4.5	6	7	4.5	2	1	3	28
6	6	7	5	4	2	1	3	28
7	7	6	4	5	2	1	3	28
8	6	5	7	4	2	1	3	28
9	5	3	6	2	4	1	7	28
10	4	5	6	3	2	1	7	28
秩和	46.5	48	51	46.5	28	11	49	280

注:秩次由大到小,表示样品从好至差;1-最差,7-最好。

表7 不同盐酸硫胺素添加量的美拉德反应产物的感官评价秩和
Table 7 Sensory evaluation rank sum of Milliard reaction product with different thiamine hydrochloride

评议人员	感官评价秩次							秩和
	A 0	B 0.05%	C 0.1%	D 0.20%	E 0.30%	F 0.40%	G 0.50%	
1	4	5	7	6	3	2	1	28
2	3	5	1	2	6	4	7	28
3	1	7	6	3	2	5	4	28
4	5	4	7	1	6	3	2	28
5	4	5	2	3	6	7	1	28
6	2	5	2	5	2	5	7	28
7	2	1	4	7	3	6	5	28
8	1	3	5	6	7	2	4	28
9	7	1	3	2	4	5	6	28
10	6	1	2	5	7	4	3	28
秩和	35	37	39	40	46	43	40	280

注:秩次由大到小,表示样品从好至差;1-最差,7-最好。

2.1.6 不同盐酸硫胺素添加量对腊肉香精制备的影响 盐酸硫胺素在美拉德反应制备香精过程中能形成许多重要的肉类风味贡献产物,因此常作为重要

的反应前体物质^[19]。由表7可知,随着盐酸硫胺素添加量的增加,感官评价的秩和呈先增加后减小的趋势,E样品感官风味最佳,其次是F样品,再者为D

表 8 正交试验结果
Table 8 Results of orthogonal experiment

实验号	A	B	C	D	E	空列	空列	九点快速 感官评分	DPPH 自由基 清除率(%)
1	1	1	1	1	1	1	1	3.70	83.88
2	1	2	2	2	2	2	2	6.30	86.37
3	1	3	3	3	3	3	3	2.90	90.55
4	2	1	1	2	2	3	3	8.10	85.46
5	2	2	2	3	3	1	1	6.50	87.56
6	2	3	3	1	1	2	2	2.90	85.74
7	3	1	2	1	3	2	3	7.50	85.46
8	3	2	3	2	1	3	1	5.10	86.33
9	3	3	1	3	2	1	2	5.50	87.24
10	1	1	3	3	2	2	1	4.50	86.17
11	1	2	1	1	3	3	2	2.70	84.17
12	1	3	2	2	1	1	3	3.10	84.68
13	2	1	2	3	1	3	2	6.50	85.68
14	2	2	3	1	2	1	3	4.50	85.72
15	2	3	1	2	3	2	1	6.10	87.35
16	3	1	3	2	3	1	2	6.80	88.90
17	3	2	1	3	1	2	3	3.10	87.16
18	3	3	2	1	2	3	1	3.90	86.42
K ₁	23.20	37.10	29.20	25.20	24.40	30.10	29.80		
K ₂	34.60	28.20	33.80	35.50	32.80	30.40	30.70		
K ₃	31.90	24.40	26.70	29.00	32.50	29.20	29.20		
k ₁	3.87	6.18	4.87	4.20	4.07	5.02	4.97		
k ₂	5.77	4.70	5.63	5.92	5.47	5.07	5.12		
k ₃	5.32	4.07	4.45	4.83	5.42	4.87	4.87		
R	1.90	2.12	1.18	1.72	1.40	0.20	0.25		
K' ₁	515.83	515.54	515.26	511.39	513.48	517.98	517.71		
K' ₂	517.51	517.32	516.17	519.09	517.38	518.26	518.10		
K' ₃	521.51	521.98	523.41	524.36	523.99	518.61	519.03		
k' ₁	85.97	85.92	85.88	85.23	85.58	86.33	86.29		
k' ₂	86.25	86.22	86.03	86.51	86.23	86.38	86.35		
k' ₃	86.92	87.00	87.24	87.39	87.33	86.43	86.51		
R	0.95	1.07	1.36	2.16	1.75	0.11	0.22		

和 G 样品。邹利^[21]在用猪骨粉酶解液制备肉味香精时,得出反应的最佳组合中盐酸硫胺素添加量为 0.20%。综合考虑,选择 0.20%、0.30%、0.40% 进行正交试验。

2.2 正交试验结果分析

由表 8 可知,根据极差分析法^[14]计算,F 空列和 G 空列的 R_e 值分别为 0.2、0.25,A、B、C、D、E 各因素极差 R 值分别为 1.90、2.12、1.18、1.72 和 1.40 均大于 R_e 值,说明试验具有可靠性。A、B、C、D、E 五个因素对感官评分的影响大小排序为 B>A>D>E>C,即 L-半胱氨酸添加量影响最大,其次是还原糖添加量,然后依次为反应时间、反应温度、盐酸硫胺素添加量。

同理,计算 DPPH 自由基清除率各列的极差 R,F 空列和 G 空列的 R_e 值分别为 0.11、0.22,A、B、C、D、E 各因素极差 R_j 值分别为 0.95、1.07、1.36、2.16 和

1.75 均大于 R_e 值,具有可靠性。各因素影响顺序为 D>E>C>B>A,即反应时间影响最大,其次是温度,然后依次是盐酸硫胺素(维生素 B₁)添加量、L-半胱氨酸添加量、还原糖添加量。与感官指标分析相比,反应温度与时间影响程度变大。说明在本研究中,对美拉德反应产物感官影响较大的是 G+X(3:1)添加量和 L-半胱氨酸添加量,而对抗氧化性有较大影响的是反应温度和时间,可能是在美拉德反应中,随着时间及温度的增加,具有抗氧化性的产物如类黑精等物质也在增多;当时间与温度变化范围较小时,对感官的影响程度可能略小于其他因素。

此外,分析表 8 中 k 值可知,对于指标感官评分,A₂B₁C₂D₂E₂ 为最佳实验组合;对于指标 DPPH 自由基清除率 A₃B₃C₃D₃E₃ 为最佳实验组合,但考虑到相同因素中 DPPH 自由基清除率的 k 值差异较小,因此综合考虑,按照各因素感官评分的最优水平选取组

合 $A_2B_1C_2D_2E_2$, 即还原糖 ($G + X$ 3:1) 添加量为 4%、L-半胱氨酸添加量为 0.10%、盐酸硫铵素添加量为 0.30%、反应时间为 40 min、反应温度为 110 °C。在此条件下进行验证实验, 得到的腊肉香精, 具有饱满的腊肉香味, 其感官评分为 8.3 ± 0.5 , DPPH 清除率达到 $86.37\% \pm 0.51\%$, 有较强的抗氧化性。

3 结论

为制备具有抗氧化性的腊肉香精, 通过感官评价中的排序检验法, 确定选用的氨基酸为 L-半胱氨酸, 还原糖为 $G + X$ (3:1) (葡萄糖和木糖质量比为 3:1), 原始 pH。采用 $L_{18}(3^7)$ 正交表进行正交试验设计, 用九点快感标度检验法和 DPPH 自由基清除能力检测, 得出腊肉香精制备的最优工艺为 $G + X$ (3:1) 添加量为 4%、L-半胱氨酸添加量为 0.10%、盐酸硫铵素添加量为 0.30%、反应时间为 40 min、反应温度为 110 °C。在此条件下得到的腊肉香精, 具有饱满的腊肉香味, 感官评分为 8.3 ± 0.5 , DPPH 自由基清除率达到 $86.37\% \pm 0.51\%$, 有较强的抗氧化性。

参考文献

- [1] Lan X, Liu P, Xlas, et al. Temperature effect on the nonvolatile compounds of Maillard reaction products derived from xylose- soybean peptide system; Further insights into thermal degradation and cross-linking[J]. Food Chemistry, 2010, 120(4): 967-972.
- [2] 蔡培钿, 白卫东, 钱敏. 美拉德反应在肉味香精中的研究进展[J]. 中国酿造, 2009(5): 7-10.
- [3] 李珺, 钟耀广, 刘长江. 肉味香精制备的研究进展[J]. 食品工业科技, 2010(1): 21-23.
- [4] Cerny C, Davidek T. Formation of aroma compounds from ribose and cysteine during the Maillard reaction[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003(51): 2714-2721.
- [5] 郭新颜, 宋煊禄, 孙宝国. Maillard 反应和肉味香精的研究[J]. 北京轻工业学院学报, 1999, 17(3): 40-43.
- [6] Martins I F S S, Martinus A J S, Van Boekel. A kinetic model for the glucose/glycine Maillard reaction pathways [J]. Food Chemistry, 2005, 90: 257-269.
- [7] 张富县, 李娜, 李妙清, 等. 葡萄糖与木糖在猪肉香精美拉德反应中对香气的影响[J]. 中国食品添加剂, 2016(5): 79-84.
- [8] Karangwa Eric, Linda Virginie Raymond, Shabbar Abbas, et al. Temperature and cysteine addition effect on formation of sunflower hydrolysate Maillard reaction products and corresponding influence on sensory characteristics assessed by partial least square regression[J]. Food Research International, 2014(57): 242-258.
- [9] 安广杰, 袁京, 李学红. 美拉德反应法制备鸡肉味香精[J]. 中国调味品, 2010, 35(10): 34-36.
- [10] 张颖. 鸭肉香精制备响应面优化及其微胶囊化研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(1): 14-17.
- [11] 芮露明. 传统烟熏腊肉绿色制造技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013: 27-32.
- [12] 李斌. 浅谈肉类加工的腌制工艺[J]. 肉类工业, 2016(3): 8-13.
- [13] 王艳蓉, 王卫, 黄业传, 等. 响应面法优化腊肉酶解工艺条件[J]. 食品工业科技, 2017, 21(38): 209-215.
- [14] 王钦德, 杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 12.
- [15] 黄晓钰, 刘邻渭. 食品化学综合实验 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 北京, 2002.
- [16] Weizheng Sun, Mouming Zhao, Chun Cui, et al. Effect of Maillard reaction products derived from the hydrolysate of mechanically deboned chicken residue on the antioxidant, textural and sensory properties of Cantonese sausages[J]. Meat Science, 2010, 86: 276-282.
- [17] Wijewickreme A N, Kitts D D. Influence of reaction conditions on the oxidative behavior of model Maillard reaction products[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1997, 45: 4571-4576.
- [18] 吴爽. 谷朊粉酶解物美拉德反应生产肉味香精的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 10-16.
- [19] 曾晓房. 鸡骨架酶解及其产物制备鸡肉香精研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2007.
- [20] Karangwa Eric, Linda Virginie Raymond, Meigui Huang. Sensory attributes and antioxidant capacity of Maillard reaction products derived from xylose, cysteine and sunflower protein hydrolysate model system [J]. Food Research International, 2013(15): 1437-1447.
- [21] 邹利. 猪骨粉酶解液制备 MPRs 的抗氧化性及肉味香精的工艺研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013, 26-32.
- [22] Zeng Y, Zhang X X, Guan Y P, et al. Characteristics and antioxidant activity of Maillard reaction products from psicose-lysine and fructose-lysine model systems [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(3): 398-403.
- [23] 刘红, 杨荣华, 戴志远, 等. 利用鲢鱼制备肉味香精及其香气成分的分析[J]. 中国食品学报, 2010, 10(2): 149-153.
- [24] 孙丽平, 汪东风, 徐莹, 等. 初探 pH 和加热时间对美拉德反应挥发性产物的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 122-125.
- [25] Ajandouz E H, Desseaux V, Tazi S, et al. Effects of temperature and pH on the kinetics of caramelisation, protein crosslinking and Maillard reactions in aqueous model systems [J]. Food Chemistry, 2008, 107(3): 1244-1252.

权威 · 核心 · 领先 · 实用 · 全面