

酶解工艺对炖煮风味鸡肉香精特征香味的的影响

张永生^{1,2}, 靳慧慧¹, 江方¹, 刘媛³, 王艳萍^{1,*}

(1. 天津科技大学 食品工程与生物技术学院, 天津 300457; 2. 河南科技学院 食品学院, 河南 新乡 453003;
3. 天津春发生物技术集团 研发中心, 天津 300300)

摘要: 以鸡胸肉为原料, 以鸡肉酶解物水解度、固形物含量和热反应鸡肉香精感官评价为综合考察指标, 考察不同酶解条件对炖煮风味热反应鸡肉香精呈味的影响。通过试验用酶筛选、单因素试验和正交试验, 确定最优的酶解条件。结果表明: 复合蛋白酶和胰蛋白酶双酶同步酶解时呈味效果最好, 两者添加量均为 1 500 U/g 蛋白质。酶解条件为肉水比为 1:1 (g/mL), pH 6.5, 温度 55 °C, 酶解 4 h。以此酶解物制备的热反应鸡肉香精炖煮鸡汤风味明显, 醇厚感和持续性好。

关键词: 鸡肉香精; 水解度; 酶解; 炖煮风味

Effects of Enzymatic Hydrolysis on the Taste Characteristic of Boiled Chicken Flavor

ZHANG Yong-sheng^{1,2}, JIN Hui-hui¹, JIANG Fang¹, LIU Yuan³, WANG Yan-ping^{1,*}

(1. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. Department of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, Henan, China; 3. Food R&D Center, Tianjin Chunfa Bio-Technology Group Co., Ltd., Tianjin 300300, China)

Abstract: The objective of this experiment was to investigate the effects of enzymolysis conditions on the taste characteristic of thermal reaction boiled chicken flavors. Chicken breast was used as a raw material, solid content and degree of hydrolysis of chicken hydrolysate were determined. The optimal conditions of enzymatic hydrolysis chicken protein was obtained by enzyme screening, single factor and orthogonal experiment. The results showed that the optimum conditions as follows: Protamex (FH-G-NA-XII) and trypsin (YDB-CF) were employed as the hydrolysis enzymes. The amount of FH-G-NA-XII and YDB-CF were 1 500 U/g protein respectively. The mass ratio of chicken to water was 1:1 (g/mL), initial pH was 6.5, temperature was 55 °C, and hydrolysis time was 4 h. At this condition, the thermal reaction products had a best taste, especially in the respect of mouthfulness, continuity and boiled chicken flavor.

Key words: chicken flavor; degree of hydrolysis; solid content; enzymolysis; boiled chicken flavor

基金项目: “十二五”科技部 863 项目(2013AA102204)

作者简介: 张永生(1980—), 男(汉), 讲师, 博士, 研究方向: 食品生物技术。

* 通信作者: 王艳萍(1962—), 女(汉), 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向: 食品生物技术。

[10] 袁亚男, 陈承瑜, 杨滨. 31 种黄酮、酚酸类化合物和 10 种中药清除 DPPH 能力考察[J]. 中国中药杂志, 2009, 32(13): 1695-1700
[11] 严赞开. 紫外分光光度法测定植物黄酮含量的方法[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(9): 164-167
[12] 于村, 俞莎, 沈向红. 中草药总黄酮的提取和含量测定[J]. 浙江预防医学, 2002, 4(7): 31-32
[13] 熊双丽, 卢飞, 史敏娟. DPPH 自由基清除活性评价方法在抗氧化剂筛选中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 8(12): 380-383

[14] 李秀霞, 孙协军, 冯彦博. 凌枣黄酮提取及自由基清除能力研究[J]. 食品工业科技, 2013, 12(19): 234-242
[15] 王玉梅, 谭萍, 王毅红. 金针菇黄酮类化合物清除 DPPH 自由基活性[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(7): 8-10
[16] 朱德艳, 陈晗. 超声波辅助提取葛根中总黄酮及其体外抗氧化性的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 33(2): 62-65

肉味香精是 20 世纪 70 年代兴起的一类新型食品香精,它包括天然肉味香精和合成肉味香精两大类^[1]。以肉类蛋白酶解物为原料生产的天然肉味香精具有香气浓郁、逼真度好、口感纯正等特点,同时迎合了消费者追求天然的消费潮流,越来越受到消费者的青睐。目前,对于天然热反应鸡肉香精的研究报道,大多数均侧重于对香气物质的研究,而对呈味方面的研究报道很少^[2-6]。这些可能是目前热反应鸡肉香精整体上滋味的饱满度和醇厚感不足的原因,近年来,国外研究机构开展了大量的关于食物中鲜味和醇厚感物质的研究,发现了一些具有醇厚感或鲜味特征的滋味活性化合物,为新型鸡肉风味香精的开发提供了思路^[7-9]。炖煮鸡汤因为滋味鲜香醇厚而深受消费者喜爱^[10],开发具有炖煮鸡汤风味的热反应鸡肉香精市场前景广阔,但酶解过程中,由于蛋白酶的不同和酶解工艺的差异,会造成酶解物中氨基酸数量和多肽种类有很大差异性^[11-12],从而导致热反应香精风味的不同。因此,研究鸡肉蛋白的酶解工艺条件,对生产滋味饱满醇厚的炖煮鸡肉风味热反应香精至关重要。

本试验以分割肉鸡为原料,选用不同的商品蛋白酶对其进行酶解,研究了不同蛋白酶及酶解工艺对热反应鸡肉香精特征香味的影响。确定了最佳的酶解工艺条件,试验结果可以为炖煮鸡肉风味的热反应香精的生产提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

分割肉鸡鸡胸肉(品种为 AA 白羽肉鸡):天津金元宝农贸批发市场;葡萄糖、亮氨酸、木糖、硫酸素、半胱氨酸(食品级):天津春发生物科技集团有限公司。

复合蛋白酶(Protamex,酶活力 1.6×10^5 U/g)、风味蛋白酶(Flavourzyme,酶活力 0.4×10^5 U/g):诺维信(中国)生物技术有限公司;复合蛋白酶(FH-G-NA-I,酶活力 2.1×10^5 U/g、FH-G-NA-XII,酶活力 2.7×10^5 U/g)、木瓜蛋白酶(MG-G-80,酶活力 0.7×10^5 U/g)、胰蛋白酶(YDB-G-035,酶活力 4.5×10^5 U/g):天津市诺奥科技发展有限公司;胰蛋白酶(YDB-CF,酶活力 3.1×10^5 U/g):南宁庞博生物工程有限公司;其它试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

DZKW-C 型恒温水浴锅:河北省黄骅仪器厂;ZB-10L 型斩拌机:诸城市嘉信食品机械有限公司;SXXW 数显控温电热套、JJ-1 增力电动搅拌器计:北京市永光明医疗仪器有限公司;DL-5B 低速大容量离心机:上海安亭科学仪器厂;UV9600 型紫外可见分光光度

计:北分瑞利分析仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 蛋白酶活力的测定

采用 GB/T 23527-2009《蛋白酶制剂》福林酚法测定蛋白酶的活力^[13]。

1.3.2 鸡肉酶解工艺

新鲜鸡胸肉,经斩拌机处理成鸡肉泥,然后将一定量的鸡肉泥和去离子水按 1:1(g/mL)的比例进行混合均匀,调节至各酶合适 pH 值后,按加酶量 3 000 U/g 蛋白质加酶,酶解 3 h。然后沸水浴中灭酶 10 min。然后 4 000 r/min,离心 20 min,收集上清液,准备进行热反应。

1.3.3 蛋白酶的选择试验

1.3.3.1 单一蛋白酶的选择

按照各酶说明书作用条件范围,适当选取酶解温度和 pH 值,进行酶解。然后分别进行酶解液水解度测定,热反应香精制备及感官评定。确定最佳单一用酶。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.3.2 复配蛋白酶的选择

根据单一蛋白酶选择试验结果,选择呈味效果好的酶作为主酶,与其它蛋白酶进行复配。在肉水比为 1:1(g/mL),复配蛋白酶添加量均为 1 500 U/g 蛋白质的条件下进行酶解。然后分别进行水解度测定,热反应香精制备及感官评定,确定最佳复配用酶。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.3.3 酶的复配比例的选择

选择两种复配蛋白酶的比分别为 1:4、1:2、1:1、2:1、4:1,总加酶量为 3 000 U/g 蛋白质,其他条件保持不变,分别进行酶解及水解度测定,热反应香精制备及感官评定。确定酶的复配比例。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.3.4 加酶量的确定

在其他试验条件不变的情况下,选择加酶量分别为 1 000 U/g 蛋白质~4 000 U/g 蛋白质,进行酶解以及酶解液水解度、可溶性固形物含量测定,热反应香精制备及感官评定。确定合适的加酶量。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.4 酶解条件的优化试验

1.3.4.1 肉水比例的确定

在其他试验条件不变的情况下,选择肉水比例为 100 mL 去离子水中分别加入 50、75、100、125、150 g 肉糜,进行酶解以及酶解液水解度、可溶性固形物含量测定,热反应香精制备及感官评定。确定合适的肉水比例。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.4.2 酶解温度的确定

在其它试验条件不变的情况下,分别在 50、55、60 °C 进行酶解。进行酶解以及酶解液水解度、可溶性固形物含量测定,热反应香精制备及感官评定。确定合适的酶解温度。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.4.3 酶解 pH 值的确定

在其它试验条件固定的情况下,分别在 pH6.0、6.5、7.0、7.5 条件下进行酶解。然后进行酶解液水解度、可溶性固形物含量测定,热反应香精制备及感官评定。确定合适的酶解 pH 值。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.4.4 酶解时间的确定

在其它试验条件不变的情况下,分别酶解 1、2、3、4、5 h。然后进行酶解液水解度测定,热反应香精制备及感官评定。确定合适的酶解时间。每个试验重复 3 次,每次 3 平行。

1.3.5 正交试验设计

根据单因素试验中感官评价和水解度测定的综合结果,选取肉水比,酶解温度,酶解时间 3 个因素,采用 $L_9(3^4)$ 正交表,按表 1 因素水平表进行正交试验。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of the orthogonal experiment design

水平	因素			D 空列
	A 肉水比例/(g/mL)	B 酶解时间/h	C 酶解温度/°C	
1	75:100	3	50	
2	100:100	4	55	
3	125:100	5	60	

1.3.6 水解度的测定

水解度(Degree of hydrolysis, DH)的测定根据赵新淮等^[14]的报道,采用甲醛滴定法测定。

1.3.7 热反应香精的制备

取 100 mL 酶解上清液,5 % 葡萄糖、0.5 % 木糖、0.5 % 甘氨酸、1 % 半胱氨酸、1 % 亮氨酸、1 % 硫酸素,在带搅拌的热反应装置中,100 °C 反应 2 h。然后迅速冷却,进行感官评定。

1.3.8 感官评定方法

选取 7 名经过培训的评价员(4 女/3 男)对热反应鸡肉香精进行感官评价。评价时将 Maillard 反应产物(Maillard reaction products, MRPs)样品用 60 °C 鲜味溶液稀释至 1.0 %,盛入大小相同的品评杯中,每次入口量大约 10 mL~15 mL。不同的样品中间使用温开水漱口。

鲜味对照溶液:参考 Ogasawara^[7]关于 Maillard 肽呈味试验的感官评定方法,对浓度稍作调整。即 100 mL

含 1 % MSG 和 0.5 % NaCl 的水溶液,作为鲜味对照溶液。

样品溶液:100 mL 鲜味对照溶液中加入 1 g 样品反应液,配制成 1 % 的样品溶液。

1.3.8.1 简单描述法

评价小组根据事先讨论并确定的评价词汇对每个样品的风味特性进行定性描述,主要包括 MPRs 的入口味觉特征、基本味、后味和整体滋味特征等感官因素^[15]。

1.3.8.2 加权评分法

由评价小组对 MRPs 反映出的炖煮鸡肉味、鲜味、醇厚感、可持续性和整体可接受性 5 个方面的风味强度进行打分。采用 9 分制。按照制定的评分标准进行打分,鲜味对照溶液各指标设为 3 分。评价结束后,把每个指标的得分填入表中。然后按照各指标的权重计算样品的总得分。各指标权重见表 2。

表 2 感官评定权重评分表

Table 2 Weighing coefficient of taste evaluation

指标	权重
炖煮鸡肉香味	0.15
鲜味	0.15
醇厚感	0.3
持续性	0.2
整体可接受性	0.2

1.3.8.3 排序检验法

以评价员对热反应鸡肉香精总体的喜好度为评价指标,由评价员从最好到最坏排序。试验结果采用 Friedman 秩和检验分析样品间差异的显著性,并通过多重比较进行分组。统计量 F 的计算公式见公式(1)。根据 F 值,查 Friedman 秩和检验临界值表对试验结果的显著性进行判定^[16]。

$$F = \frac{12}{JP(P+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_p^2) - 3J(P+1) \quad \text{式(1)}$$

式中: J 表示品评员数量; P 表示样品数量; R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_p 表示每种样品的秩和。

1.3.9 数据分析

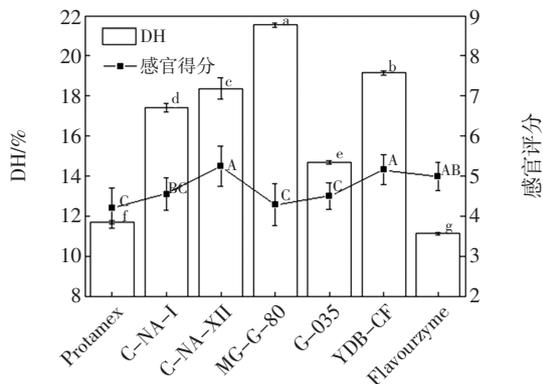
采用 SPSS 对试验数据进行统计分析。采用 Origin 作图。

2 结果与分析

2.1 单一蛋白酶的选择

不同的蛋白酶由于其作用位点不同,酶解鸡肉蛋白后产生的肽段组成和游离氨基酸含量会有差异,这些对鸡肉香精的风味有较大影响。

本试验选用了7种商品蛋白酶进行试验,单一蛋白酶酶解对热反应鸡肉香精香味和水解度的影响结果见图1。



图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异($p < 0.05$),小写字母代表水解度,大写字母代表感官评分。

图1 不同蛋白酶对水解度和热反应鸡肉香精呈味的影响

Fig.1 Effects of the enzymes on taste properties of MRPs and degree of hydrolysis

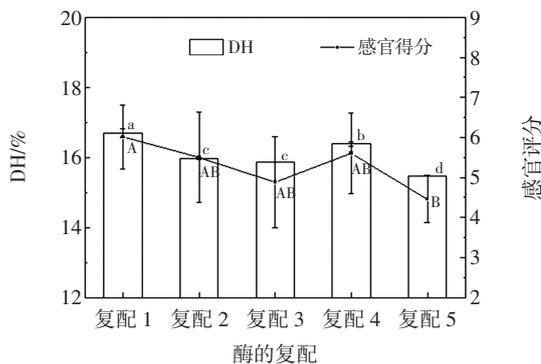
由图1可知,在选定的7种常用的蛋白酶中,MG-G-80水解度最高,达到21.54%;YDB-CF次之;Protamex和Flavourzyme最小,分别为11.71%和11.14%。分析发现,不同蛋白酶之间水解度有显著差异($p < 0.05$)。其他研究者在使用不同商品蛋白酶对小麦面筋蛋白^[17]和大豆蛋白^[18-19]酶解的试验中得到的结果和本试验结果一致。

呈味评价结果表明,经G-NA-XII和YDB-CF酶解后的MRPs在醇厚感、持续性、炖煮鸡肉特征味以及和谐性方面表现最佳,整体呈味效果好于其它5种酶的热反应产物($p < 0.05$)。YDB-CF酶解物MRPs鸡肉味更浓。Flavourzyme酶解反应产物鲜味较好,但厚味和持续性稍差,和前两种酶相比,味道稍淡。Protamex、MG-G-80、YDB-G-035以及FH-G-NA-I这4种酶之间并无显著性差异。综合考虑呈味特性和水解能力,选择G-NA-XII以及YDB-CF与其它酶进行复配试验,考察酶的复配对MRPs呈味影响。

2.2 复配蛋白酶的选择

不同蛋白酶复配对水解度和热反应产物呈味的影响结果见图2。

通过对数据的多重比较检验发现,在不同的复配组合中,其感官评分根据样品间差异的显著程度,可以分为3组。复配组合1的MRPs鸡香味浓郁,炖煮鸡汤的特征味明显,醇厚感较强,风味整体和谐。复配组合5的热反应产物在持续性方面稍差,稍有腥味。其他3种复配组合评分接近,相互间差异不显著。陈海涛等^[3]在对热反应鸡肉香精香气的研究中也发现了相



图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异,小写字母代表水解度($p < 0.05$),大写字母代表感官评分($p < 0.1$)。复配1为FH-G-NA-XII+YDB-CF;复配2为FH-G-NA-XII+Flavourzyme;复配3为FH-G-NA-XII+YDB-G-035;复配4为YDB-CF+Flavourzyme;复配5为YDB-G-035+Flavourzyme。

图2 不同蛋白酶复配对水解度和热反应产物呈味的影响

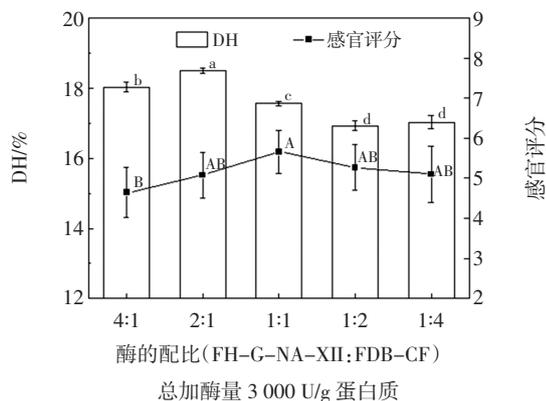
Fig.2 Effects of different enzymes on taste properties of MRPs and degree of hydrolysis

似的结论,其采用多种酶复配,发现动物蛋白酶和复合蛋白酶复配时得到的肉味和鸡肉特征香气较浓。水解度测定结果显示,复配组合1和复配组合4较高,分别达到16.69%和16.39%,复配组合5水解度最小,为15.48%。不同种类和来源的酶,其酶切位点的差异,造成其酶解产物氨基酸含量、肽链长度和序列的不同,导致其水解度、酶解液的风味形成差异。而通过不同酶的组合来进行酶解,一种酶的酶解产物可以作为另一种酶的底物,从而相互之间可以起到互补的作用,这样可以使酶解物和热反应产物的滋味更加丰富饱满。综合试验结果,选择复配组合1进行后续试验。

2.3 酶的复配比例的选择

不同复配比例对水解度和热反应鸡肉香精风味的影响结果见图3。

由图3可知,在FH-G-NA-XII比例较高时,水解度较高。在酶配比为2:1时达到最大值18.49%,之后,随着YDB-CF比例的加大,水解度有所降低,不同酶配比的水解度有显著差异($p < 0.05$)。呈味试验结果表明,MRPs的呈味在酶配比为1:1时表现最好,此时的反应产物在炖煮鸡肉的汤汁感、和谐性方面均表现最好($p < 0.1$)。酶配比为4:1时,热反应产物后味稍有异腥味,和谐性稍差。其他3种配比整体风味接近,相互之间无显著差异。综合考虑,最终选择1:1的配比进行后续试验。在蛋白酶种类和配比确定的情况下,酶解物和热反应产物的风味特征也随之确定。因此,在后面的试验中,采用排序检验法进行感官分析,采用Friedman检验对试验结果进行显著性分析。



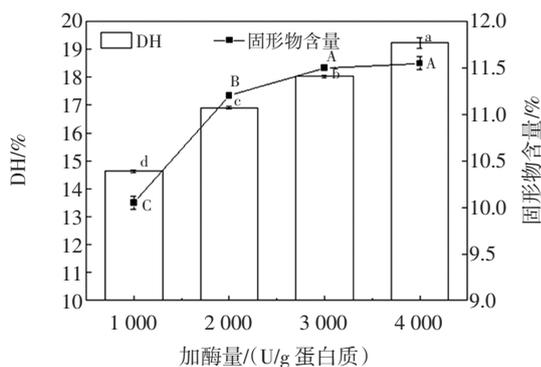
图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异,小写字母表示水解度($p < 0.05$),大写字母表示感官评分($p < 0.1$)。

图3 酶的配比对水解度和热反应鸡肉香精呈味的影响

Fig.3 Effects of mixing ratio of enzymes on taste properties of MRPs and degree of hydrolysis

2.4 加酶量的选择

加酶量对水解度和固形物含量的影响见图4。



图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异($p < 0.05$),小写字母表示水解度,大写字母表示固形物含量。

图4 加酶量对鸡肉酶解液水解度和固形物含量的影响

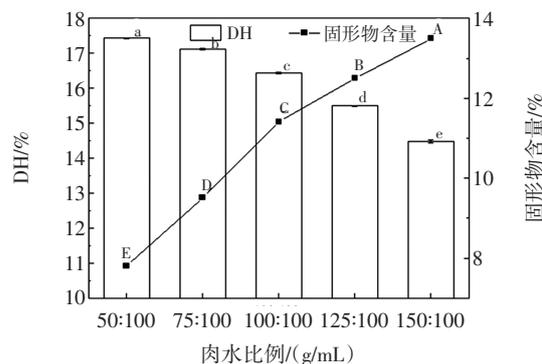
Fig.4 The results of total enzyme amount on degree of hydrolysis and content of soluble solids

水解度随着加酶量的增加而增加,从初始的14.63%增加到19.22%。这可能是由于选取的加酶量范围相对于底物浓度来说并未饱和。不同的加酶量下,各酶解物的水解度均有显著差异($p < 0.05$)。肖作兵的研究结果和此一致^[19]。而可溶性固形物含量在加酶量为1 000 U/g 蛋白质时为10.05%。在加酶量为1 000 U/g 蛋白质~3 000 U/g 蛋白质之间时,随加酶量的加大而增大。但加酶量达到3 000 U/g 蛋白质时,固形物含量不再增加。加酶量在1 000 U/g 蛋白质~3 000 U/g 蛋白质时,固形物含量之间有显著差异($p < 0.05$)。对各MRPs进行感官评价,通过对排序检验结果进行分析,计算得 $F=18.26$ 。查表^[16]得, $P=4, J=9$ 时, $F_{0.01}=11.34$ 。所以可以判定,在1%的显著水平下,样品

间有显著差异。通过多重比较和分组,选择3 000 U/g 蛋白质的加酶量进行后续试验。

2.5 肉水比例的选择

肉水比例对水解度和固形物含量的影响见图5。



图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异($p < 0.05$),小写字母表示水解度,大写字母表示固形物含量。

图5 肉水比例对鸡肉酶解液水解度和可溶性固形物含量的影响
Fig.5 Effects of substrate concentration on degree of hydrolysis and content of soluble solids

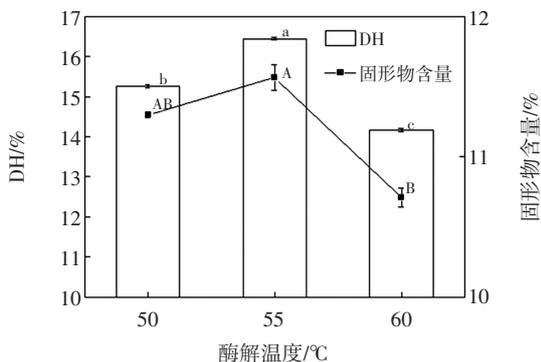
由图5可知,在选取的肉水比例下,水解度随着肉水比例的增加而依次降低。从肉水比为50:100(g/mL)时的17.43%逐步下降至肉水比为150:100(g/mL)时的14.48%,固形物含量测定结果与此趋势相反。其随着肉水比例的增加一直增加,从肉水比为50:100(g/mL)时的7.8%增加到肉水比为150:100(g/mL)时的13.49%。数据分析表明,不同肉水比例下的酶解液水解度和可溶性固形物含量均有显著差异($p < 0.05$)。这一结果与Liu^[21]用碱性蛋白酶酶解大豆蛋白的试验结果相一致。

对各MRPs进行感官评价,通过对排序检验结果进行分析,计算得 $F=29.51$ 。查表得, $P=5, J=9$ 时, $F_{0.01}=13.28$ 。 $F > F_{0.01}$,所以在1%的显著水平下,样品间有显著差异。肉水比例显著影响酶解物MRPs风味,不同的肉水比例,其MRPs的风味差别较大。肉水比为150:100(g/mL)时,MRPs的风味最好。当肉水比小于75:100(g/mL)时,风味较差。综合分析发现,当肉水比例较低时,虽然水解度最高,但其固形物含量低,相应的其MRPs的风味比较淡,入口时鲜味的直冲感较弱,持续性也较差。如果要增加味道的强度,就需要对酶解液进行浓缩,这对生产十分不利。随着肉水比例的增加,水解度虽然降低,但其固形物含量一直在增高。其MRPs的风味也变得浓郁。炖煮鸡汤味道特征显著,鲜味和醇厚味的强度也随之加强。在肉水比为150:100(g/mL)时达到最强。但是,试验中也发现,当肉水比超过100:100(g/mL)时,整个酶解体系的黏度变得很大,

给后续的处理带来很大的麻烦。另外,通过计算发现,肉水比超过 125:100 时,其蛋白回收率仅有 73 % 左右,浪费极大。因此,综合考虑,选择 100:100 的肉水比例进行后续试验。

2.6 酶解温度的选择

酶解温度对水解度和固形物含量的影响见图 6。



图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异($p < 0.05$),小写字母表示水解度,大写字母表示固形物含量。

图 6 不同酶解温度对鸡肉酶解液水解度和可溶性固形物含量的影响

Fig.6 Effects of temperature on degree of hydrolysis and content of soluble solids

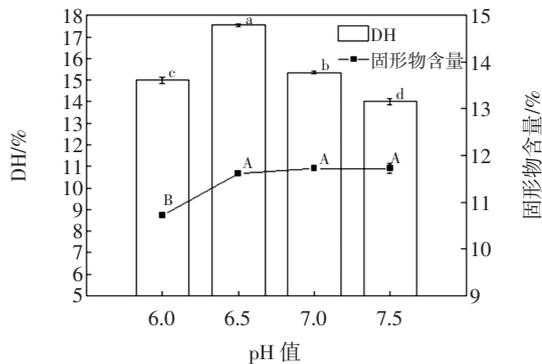
由图 6 可知,在选取的试验温度下,水解度在 55 °C 时达到最高为 16.45 %,之后水解度逐步降低,60 °C 时水解度为 14.17 %。不同温度下的水解度之间有显著差异($p < 0.05$)。固形物含量的趋势与水解度完全一致,在 55 °C 时达到最高为 11.57 %。60 °C 时最低为 10.71 %。这与陈海涛等^[9]的研究结果一致。

对各 MRP_s 进行感官评价,通过对秩和检验结果进行计算分析,得 $F=10.89$ 。查表得, $P=3, J=9$ 时, $F_{0.01}=8.66$ 。所以,在 1 % 的显著水平下,不同样品间呈味有显著差异。在 55 °C 时,MRP_s 的风味较为浓郁,整体和谐性好,有炖煮鸡汤特有的味道特征。因此,选择 55 °C 进行酶解试验。

2.7 酶解 pH 值的确定

pH 值对鸡肉酶解液水解度和固形物含量的影响见图 7。

水解度在初始 pH 值为 6.5 时最好,此时水解度可达到 17.55 %。偏离此 pH 值,水解度均有一定程度的下降。数据分析发现,不同 pH 值下,水解度有显著差异($p < 0.05$)。在酶解 pH 值从 6.0 增大到 6.5 时,固形物含量稍有增高,随后,固形物含量基本保持不变。其中,酶解 pH 值为 6.0 的固形物含量和 pH 值为 6.5、7.0、7.5 三种条件下的固形物含量有显著性差异($p < 0.05$),而 pH 值为 6.5、7.0、7.5 三者之间差异不显著。



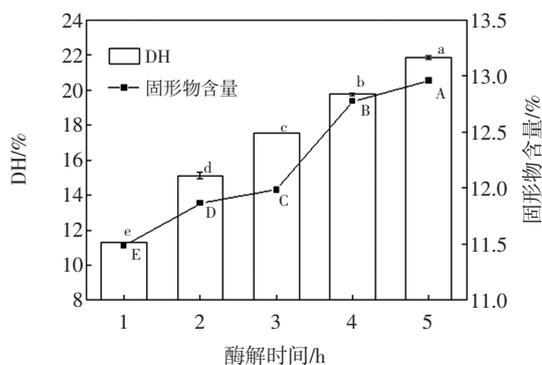
图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异($p < 0.05$),小写字母表示水解度,大写字母表示固形物含量。

图 7 不同 pH 值对鸡肉酶解液水解度和可溶性固形物含量的影响
Fig.7 Effects of pH on degree of hydrolysis and content of soluble solids

对各 MRP_s 进行感官评价,通过对秩和检验结果进行分析,计算得 $F=18.33$ 。查表得, $P=4, J=9$ 时, $F_{0.01}=11.34$ 。所以,在 1 % 的显著水平下,样品间有显著差异。酶解初始 pH 值为 6.5 时整体可接受性最好。当酶解初始 pH 值为 7.5 时,MRP_s 后味稍微有苦味和异味。初始 pH 6.0 时,炖煮鸡汤味较其它组差,持续性和鲜味也较差。因此,综合考虑,选择酶解初始 pH 6.5 进行后续试验。

2.8 酶解时间的确定

酶解时间对水解度和热反应产物呈味的影响试验结果见图 8。



图中同一指标的不同字母表示相互之间有显著性差异($p < 0.05$),小写字母表示水解度,大写字母表示固形物含量。

图 8 不同酶解时间对鸡肉酶解液水解度和可溶性固形物含量的影响

Fig.8 Effects of hydrolysis time on degree of hydrolysis and content of soluble solids

由图 8 可知,在设定的酶解时间内,水解度和固形物含量随酶解时间的延长而增加,从酶解 1 h 时的 11.27 % 增加到 5 h 时的 21.86 %,固形物含量从 11.48 % 增加到 12.96 %。不同时间的水解度和固形物含量有

显著差异($p < 0.05$)。杨铭铎^[22]对鸡骨泥的酶解的试验结果和此一致。

对各 MRP_s 进行感官评价,对秩和检验结果进行分析,计算得 $F=25.87$ 。查表得, $P=4, J=9$ 时, $F_{0.01}=13.28$ 。所以可以判定,在 1% 的显著水平下,样品间有显著差异。酶解 4 h 对 MRP_s 呈味最好,整体风味和谐,炖煮鸡汤味明显,入口鲜味浓,吞咽后持续性也较强。这一结果也说明水解度并非决定特征风味的唯一因素。通过查阅文献,发现 Wu 等^[23]在研究中也发现了同样的问题,并非水解度越高越好。推测原因可能是酶解是一个动态的过程,初始酶解时,由于酶的作用,蛋白质迅速分解,小分子量的物质迅速增多。随着酶解时间的延长,酶解过程可能达到了一个动态的平衡,一些大分子的物质在分解的同时,一些小分子物质可能重新交联、聚合,从而使得不同水解度的酶解产物 MRP_s 风味表现出复杂性。综合考虑,选择酶解时间为 4 h。

2.9 正交试验结果与分析

正交试验结果见表 3。

表 3 酶解工艺正交试验结果

Table 3 Orthogonal test results of enzymatic hydrolysis

试验号	A	B	C	D	水解度/%	感官评分
1	1	1	1	1	17.13	5.1
2	1	2	2	2	20.04	5.22
3	1	3	3	3	18.89	4.93
4	2	1	2	3	16.45	5.53
5	2	2	3	1	15.62	5.45
6	2	3	1	2	18.14	5.52
7	3	1	3	2	13.82	5.45
8	3	2	1	3	16.22	6.15
9	3	3	2	1	18.52	6.12
水解度	k ₁	18.69	15.8	17.16	17.09	
	k ₂	16.74	17.29	18.34	17.33	
	k ₃	16.19	18.52	16.11	17.19	
	R	2.5	2.72	2.23	0.24	
感官评价	k ₁	5.08	5.36	5.59	5.56	
	k ₂	5.56	5.61	5.62	5.4	
	k ₃	5.91	5.52	5.28	5.54	
	R	0.83	0.25	0.34	0.16	

由表 3 的极差分析结果可知,对于水解度和感官评价,各极差 R 值均大于空列的试验误差 Re,说明各因素对水解度和感官评价的影响结果可靠,水解度和感官评价结果的方差分析分别见表 4 和表 5。

由表 4 可知,肉水比例,酶解时间和酶解温度均对水解度有显著影响($p < 0.05$),其中酶解时间和肉水比例的影响为极显著($p < 0.01$),对水解度的影响大小为:酶解时间>肉水比例>酶解温度。最优水平组合为酶解

表 4 水解度试验结果方差分析

Table 4 Variance analysis result of degree of hydrolysis

变异原因	方差	自由度	均方差	F	p
肉水比例	10.355	2	5.178	114.970	0.009
酶解时间	11.107	2	5.553	123.318	0.008
酶解温度	7.444	2	3.722	82.653	0.012
误差	0.090	2	0.045		
总计	28.996	8			

表 5 感官评价试验结果方差分析

Table 5 Variance analysis result of taste evaluation

变异原因	方差	自由度	均方	F	p
肉水比例	1.017	2	0.508	22.300	0.043
酶解时间	0.094	2	0.047	2.072	0.326
酶解温度	0.219	2	0.110	4.813	0.172
误差	0.046	2	0.023		
总计	1.376	8			

时间 5 h,肉水比例 75:100(g/mL),酶解温度 55 ℃。

由表 5 可知,肉水比例对感官评价指标有显著影响($p < 0.05$),而酶解时间和温度的影响不显著,各因素对评价指标的影响大小为:肉水比例>酶解温度>酶解时间。最优水平组合为肉水比例 125:100(g/mL),酶解温度 55 ℃,酶解时间 4 h。多重比较分析结果表明,肉水比例 125:100(g/mL)和 100:100(g/mL)两个水平差异不显著,考虑到肉水比例过高时鸡肉蛋白利用率较低。综合水解度和感官试验的方差分析结果,选择肉水比例 100:100(g/mL),酶解温度 55 ℃,酶解时间 4 h 为最终组合。通过验证试验,在此条件下,水解度为 17.83%,感官评分为 6.35。和以上组合比,其感官评分最高。因此,选择此酶解条件为最终条件。

3 结论

确定选用复合蛋白酶(FH-G-NA-X II)和胰蛋白酶(YDB-CF)对鸡肉蛋白进行双酶同步酶解。此时,所得酶解液苦味柔和,有鸡肉的香味和鲜味,入口有收敛性,回味悠长,持续性强。其 1%浓度的 MRP_s 溶液,炖煮鸡汤特征味明显,入口鲜味足,醇厚感和持续性较好。通过酶解条件单因素试验和正交试验,确定较优酶解条件为:复合蛋白酶(FH-G-NA-X II)和胰蛋白酶(YDB-CF)添加量均为 1500 U/g 蛋白质,肉水比 100:100(g/mL),pH6.5,温度 55 ℃,酶解 4 h。在此条件下,酶解液水解度适中,其 MRP_s 呈味效果最好。

参考文献:

[1] 朱国斌,鲁红军.食品风味原理与技术[M].北京:北京大学出版社,

- 1996
- [2] 黄师荣,张妙玲.新型反应型鸡肉香精的制备及其挥发物的分析[J].广州食品工业科技,2004,20(1):54-58
- [3] 陈海涛,徐晓兰,张宁,等.鸡肉酶解工艺对热反应鸡肉香精香气的影响[J].食品科学,2013,34(9):150-155
- [4] 孙敬,杨二刚.热反应制备天然鸡肉香精配方的改进及其风味成分的研究[J].肉类研究,2009(1):40-47
- [5] 刘娜,郝学才,邢海鹏,等.中空纤维膜液相微萃取-气相色谱质谱-气相闻香法测定鸡肉香精风味成分[C].中国食品科学技术学会第七届年会论文摘要集,2010:1
- [6] 岑泳延,曾庆孝.葡萄糖和木糖对热反应鸡肉香精风味影响的研究[J].广州食品工业科技,2003,19(3):7-9
- [7] Ogasawara M,Katsumata T,Egi M.Taste properties of Maillard-reaction products prepared from 1 000 to 5 000 Da peptide[J].Food Chemistry,2006,99(3): 600-604
- [8] Liu P,Huang M,Song S,et al.Sensory Characteristics and Antioxidant Activities of Maillard Reaction Products from Soy Protein Hydrolysates with Different Molecular Weight Distribution[J].Food and Bioprocess Technology,2010,5(5):1775-1789
- [9] Eric K,Raymond LV, Huang M,et al.Sensory attributes and antioxidant capacity of Maillard reaction products derived from xylose, cysteine and sunflower protein hydrolysate model system[J]. Food Research International, 2013,54(2),1437-1447
- [10] 纪韦韦,刘扬,洪文龙.鸡汤类产品研究现状及其发展趋势[J].食品工业科技,2012(1):430-432
- [11] 陈怡颖,丁奇,赵静,等.鸡汤及鸡肉酶解液中游离氨基酸及呈味特性的对比分析[J].食品科学,2015,36(16):107-111
- [12] 林萌莉,王洁,廖永红,等.炖煮鸡汤中多肽与鲜味构效关系[J].食品科学,2016,37(3):12-16
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 23527-2009 蛋白酶制剂[S].北京:中国标准出版社,2009:6-9
- [14] 赵新淮,冯志彪.蛋白质水解物水解度的测定[J].食品科学,1994(11):65-67
- [15] 周家春.食品感官分析基础[M].北京:中国计量出版社,2006:8
- [16] 张水华,徐树来,王永华.食品感官分析与实验[M].北京:化学工业出版社,2006:87-92
- [17] Kong X, Zhou H, Qian H. Enzymatic hydrolysis of wheat gluten by proteases and properties of the resulting hydrolysates[J]. Food Chemistry, 2007, 102(3):759-763
- [18] 刘平,张晓鸣,黄湛.美拉德反应风味料制备中底物肽的酶解工艺研究[J].食品与发酵科技,2014(2):20-26
- [19] 张晓鸣,高梅娟,颜袅,等.酶解大豆蛋白制备风味增强肽[J].食品与生物技术学报,2009,28(1):8-13
- [20] 肖作兵,吴旻玲,牛云蔚.双指标响应面优化鸡肉酶解工艺[J].中国食品学报,2016,16(11):121-128
- [21] 刘平.美拉德肽的形成机理及功能特性研究[D].无锡:江南大学,2012:21-22
- [22] 杨铭铎,龙志芳,赵岩,等.鸡骨泥的酶解工艺及其酶解液中游离氨基酸和脂肪酸分析的研究[J].食品科学,2008,29(5):162-166
- [23] Wu YF,Baek HH,Gerard PD,et al.Development of a Meat like Process Flavoring from Soybean-Based Enzyme Hydrolyzed Vegetable Protein (E-HVP)[J].Journal of Food Science,2000,65(7):1220-1227

收稿日期:2017-05-12

欢迎订阅 2018 年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,1980年创刊,半月刊,采用国际流行开本大16开。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”、《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录,并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE中国核心学术期刊(A)。主要栏目有:基础研究、分离提取、研发与工艺、标准与检测、生物工程、营养保健、贮藏保鲜、质量安全、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS;国际刊号 ISSN 1005-6521;邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2018年定价:30元/册,全年720元。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1)邮局汇款。地址:天津市静海县静海经济开发区南区科技路9号;收款人:《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:301600。

(2)银行汇款。开户银行:工商银行静海支行

账号:0302095119300204171;单位:天津市食品研究所有限公司。

《食品研究与开发》编辑部

E-mail:tjfood@vip.163.com

电话(传真):022-59525671