

NHDC 乳化稳定体系 改良玉米肽苦味工艺的优化

董庆亮, 黄敏, 郑建仙*

(华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 本文采用 NHDC(新橙皮苷二氢查尔酮)、酪蛋白和魔芋精粉对玉米肽的苦味进行掩盖去除。通过考察 NHDC、酪蛋白、魔芋精粉的不同添加量对玉米肽感官品质的影响, 采用响应面优化法, 确定最优的苦味改良条件。将苦味改良最佳的配方工艺玉米肽溶液采取冷冻干燥、喷雾干燥、真空干燥、热风干燥等四种不同干燥方式对其进行干燥。通过对玉米肽干粉的吸湿率、堆积密度、水分含量、溶解度、溶解速率和感官品质等指标进行测定, 评价其品质。实验结果表明玉米肽改良的最优配方条件为: 在 10% 的玉米肽溶液中, NHDC 的添加量 4.33%、酪蛋白的添加量 21.6%、魔芋精粉的添加量 0.8%, 最优条件下的感官评价得分为 27.1667。综合考察不同干燥工艺制备的玉米肽粉的各项指标, 以喷雾干燥方式制得的玉米肽粉质量最优。

关键词: 新橙皮苷二氢查尔酮, 玉米肽, 脱除苦味, 响应面分析

Optimization of NHDC emulsion stabilization system modified corn peptide bitter process

DONG Qing-liang, HUANG Min, ZHENG Jian-xian*

(College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: NHDC(neohesperidin dihydrochalcone), casein, konjac powder was used to debitter corn peptide. The sensory quality of corn peptide as the index, the addition amount of NHDC, casein, and konjac powder were investigated by response surface method in order to find the best formulation conditions for masking bitter taste. The corn peptides bitterness suppressor optimal formulation solution was dried by four different drying methods, such as freeze drying, spray drying, vacuum drying, drying oven. The quality of corn peptide powder was evaluated by detecting hygroscopicity, bulk density, moisture, solubility, dissolution rate and sensory quality. The results showed that the optimal conditions for corn peptides debitterness formulation was amount of 4.33% NHDC, amount of 21.6% casein, amount of 0.8% konjac powder, and sensory evaluation score was 27.1667 under 10% corn peptide solution. The indexes of corn peptide powder made by different drying methods, the optimum sensory quality of corn peptide powder were spray drying method.

Key words: NHDC; corn peptide; masking bitter; response surface methodology

中图分类号: TS202.3

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2017)05-0185-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.05.026

玉米肽是以玉米蛋白为底物, 用相应蛋白酶水解后得到的小分子量且具有一定活性的短肽链分子^[1-3]。玉米肽分子量大多在 1000 以下; 且分子中富含丙氨酸和亮氨酸等疏水性氨基酸, 以及谷氨酸和脯氨酸^[4], 这些氨基酸具有特殊的组成和连接方式, 这些特性赋予玉米肽多种生物活性, 如醒酒^[5]、降血压^[6]、抗疲劳^[7]、抗氧化^[8]、抗癌^[9]等。

玉米肽具有很多的应用价值, 但是活性较高的玉米肽存在很高的吸潮性, 并具有较苦的口味, 这影响了它在食品工业上的应用。这可能由于玉米肽富含疏水性氨基酸, 在其制备过程中, 疏水性基团暴露

出来, 导致玉米肽苦味的产生, 这极大的限制了玉米肽在食品中的应用^[10]。目前对玉米肽苦味的脱除出现了许多方法的报道, 如: 掩盖法、选择分离法、酶法等^[11]。

新橙皮苷二氢查尔酮(NHDC)是一种很好的高倍甜味剂, 它具有口感清爽、余味持久、低热量、无毒、稳定性好等特点, 它也是一种很好的苦味掩盖剂, 并且它属于食品添加剂 2760 允许添加的品种^[12-13]。酪蛋白是一种具有良好的乳化性能的蛋白质^[14], 易于促进其他分子相互作用, 而魔芋精粉是一种天然的稳定剂, 具有较好的成膜性^[15], 它们两者结

收稿日期: 2016-10-28

作者简介: 董庆亮(1980-), 男, 博士研究生, 研究方向: 食品风味的改良, E-mail: dq180@163.com。

* 通讯作者: 郑建仙(1966-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: feixzhen@scut.edu.cn。

合能够促进对玉米肽苦味末端的屏蔽。

本文首次通过考察以 NHDC、酪蛋白和魔芋精粉混合的复合乳化体系对玉米肽的苦味进行矫正,并对 NHDC、酪蛋白、魔芋精粉、玉米肽的添加量进行优化,找到玉米肽口感最佳的各成分配比。同时对玉米肽混合溶液在不同干燥方式下得到的干粉的各种特性进行考察,得到最佳的生产工艺。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

玉米肽(>95%) 购于河南兴之和生物科技有限公司;新橙皮苷二氢查尔酮(>98%) 湖南康麓生物科技有限公司;酪蛋白、魔芋精粉均为食品级 河南兴源化工产品有限公司。

集热式恒温加热磁力搅拌水浴器(DF-101S 型) 巩义市予华仪器有限公司;旋转蒸发仪(RE-52 型) 上海青浦沪西仪器厂;循环水式真空泵(SHZ-D III 型) 巩义市予华仪器有限公司;喷雾干燥机(LPG-5 型) 上海顾信科技有限公司;烘箱(DHG102) 山东潍坊医疗器械厂;真空干燥烘箱(YZF-6020) 上海姚氏设备仪器厂;冷冻干燥机(FD-1A 80) 上海鑫翁科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 脱苦玉米肽制备的单因素实验

1.2.1.1 脱苦玉米肽的制备 取一定量的 NHDC、酪蛋白和魔芋精粉溶解在一定水溶液里,混合均匀后,加入 10% (为玉米肽在混和溶液中的质量分数,经过预实验确定的浓度,文中其他含量均为质量分数) 的玉米肽干粉,搅拌均匀即得到脱苦玉米肽。

1.2.1.2 NHDC 添加量的单因素实验 按 1.2.1.1 的实验操作方法,确定酪蛋白添加量为 20%、魔芋精粉的添加量为 0.8%,考察 NHDC 在不同添加量 1%、2%、3%、4%、5%、6% 的条件下对脱苦玉米肽感官品质的影响。

1.2.1.3 酪蛋白添加量的单因素实验 按 1.2.1.1 的实验操作方法,确定 NHDC 的添加量为 4%、魔芋精粉的添加量为 0.8%,考察酪蛋白在不同添加量 10%、15%、20%、25%、30%、35% 的条件下对脱苦玉米肽感官品质的影响。

1.2.1.4 魔芋精粉添加量的单因素实验 按 1.2.1.1 的实验操作方法,确定 NHDC 的添加量为 4%、酪蛋白的添加量为 20%,考察魔芋精粉在不同添加量 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2% 的条件下对脱苦玉米肽感官品质的影响。

1.2.2 脱苦玉米肽混合液制备工艺的响应面法优化 在研究了 NHDC 添加量、酪蛋白添加量、魔芋精粉添加量等三个因素对脱苦玉米肽口感影响的基础上,选取合适的三个水平,根据 Box-Behnken 实验设计原理,选择 NHDC 添加量(A)、酪蛋白添加量(B)、魔芋精粉添加量(C) 为自变量,以脱苦玉米肽混合液的感官评价指标为响应值,设计了三因素三水平共 17 个实验点的响应面分析实验,各因素设计 3 个水平,以-1、0、1 编码,其因素水平设计如表 1 所示。

1.2.3 玉米肽干燥方式的选择 对优化后的脱苦玉

表 1 响应面的因素水平

Table 1 Factors and levels of RSM

因素	水平		
	-1	0	1
A NHDC 的添加量(%)	3	4	5
B 酪蛋白的添加量(%)	15	20	25
C 魔芋精粉的添加量(%)	0.6	0.8	1.0

米肽混合溶液进行干燥,选取普通烘箱干燥、真空干燥、喷雾干燥、冷冻干燥等四种方式进行干燥。根据预实验采用如下干燥条件: 普通烘箱: 100 ℃, 12 h; 真空干燥: 真空度 0.1 MPa, 80 ℃, 10 h; 喷雾干燥: 进风温度 175 ℃, 出风温度 85 ℃, 进料速度 300 mL/h; 冷冻干燥: -80 ℃, 24 h。

1.2.4 玉米肽干粉特性的检测

1.2.4.1 水分含量 测定方法参照国标 GB 5009.3-2010。

1.2.4.2 吸湿率 计算样品的吸湿率 [5], 吸湿率按公式(1) 计算。

$$H(\%) = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中: H —吸湿率, %; M_0 —吸湿前粉末重量, g; M_1 —吸湿后粉末重量, g。

1.2.4.3 溶解速率 参照文献 [5], 把溶解速率的方法修正如下: 取 2 g 玉米肽粉末, 室温下溶解在 50 mL 水中, 在 600 r/min 转速的磁力搅拌水浴器中进行搅拌, 观察玉米肽粉末完全溶解(溶液澄清) 耗费的时间并记录。

1.2.4.4 堆积密度 根据文献 [5], 堆积密度按公式(2) 计算。

$$\rho = (m / 10) \times 1000 \quad \text{式(2)}$$

式中: ρ —堆积密度, mg/mL; m —粉末质量, g。

1.2.5 感官评定方法 根据 GB/T 16291.1-2012、GB/T 10220-2012、GB/T 12312-2012 和 GB/T 29605-2013 的要求, 筛选和培训感官评价人员 10 名, 并对全部小组成员进行苦味的敏感性针对训练。要求评价小组成员分别对脱苦玉米肽溶液和玉米肽干粉复水液进行色泽、气味和口感等指标进行相应的感官评价, 结合玉米肽特有的产品特性, 对脱苦玉米肽溶液和脱苦玉米肽干粉复水液进行感官描述和评分。玉米肽的感官评分标准见表 2。

表 2 脱苦玉米肽溶液和玉米肽干粉复水液的感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standard of corn peptide solution and dried corn peptide solution

评分	感官评价		
	色泽	气味	口感
0~2	深褐色	很强的刺激性气味	苦味很重
2~4	黄褐色	刺激性味重	苦味重
4~6	暗黄色	刺激性味一般	苦味一般
6~8	黄色	刺激性味轻	苦味小
8~10	浅黄色	无刺激性味	无苦味

1.3 数据处理

采用 SPSS 22.0 软件对实验数据进行分析, 每组

实验数据重复 3 次, $p < 0.05$ 表示实验数据显著性差异。

2 结果与分析

2.1 对脱苦玉米肽感官品质影响的单因素实验

2.1.1 NHDC 的添加量对脱苦玉米肽感官品质的影响 由图 1 可知, 脱苦玉米肽的感官品质随 NHDC 的添加量呈现先增加后减少的变化趋势, 在 NHDC 添加量为 4% 时达到最大, 脱苦玉米肽混合液的感官评价得分为 27。这可能是由于 NHDC 是一种高倍甜味剂, 它的添加量高于一定范围后, 脱苦玉米肽混合溶液由于过甜而导致对苦味抑制的下降。另一方面, 可能是由于 NHDC 的溶解度不高造成的。

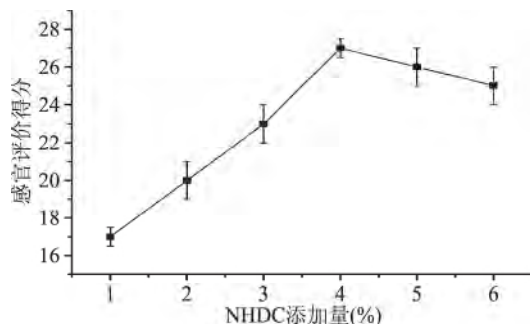


图1 NHDC 的添加量对玉米肽感官品质的影响

Fig.1 Effect of addition amount of NHDC on sensory quality of corn peptide

2.1.2 酪蛋白的添加量对脱苦玉米肽感官品质的影响 由图 2 可知, 脱苦玉米肽的感官品质随酪蛋白添加量的增加呈现先大幅增加, 而后增幅逐渐减少至趋于平稳的趋势。从图中数据显示, 在酪蛋白添加量为 20% 时, 脱苦玉米肽混合液的感官品质最优, 感官评价得分为 26。这可能是由于酪蛋白与 NHDC、魔芋精粉之间形成较好的成膜结构, 这种结构能够较好的抑制玉米肽的苦味, 当酪蛋白的添加量达到或超过 NHDC 和魔芋精粉它们三者之间的最佳配比比例时, 玉米肽混合溶液的感官品质不再随着酪蛋白添加量而发生变化。

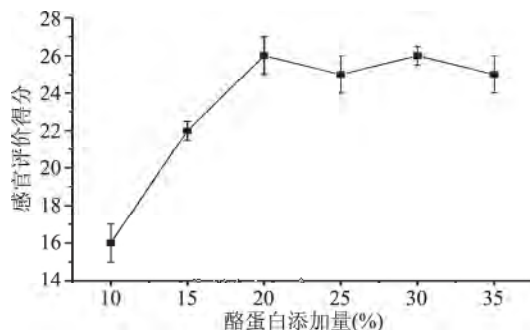


图2 酪蛋白的添加量对脱苦玉米肽混合溶液感官品质的影响

Fig.2 Effect of addition amount of casein on sensory quality of corn peptide

2.1.3 魔芋精粉的添加量对玉米肽苦味的影响 实验结果如图 3 所示, 魔芋精粉的添加量只是考察了水平 0.2%~1.2% 区间, 原因是由于魔芋精粉的添加量高于 1.2% 时, 溶液的粘稠度变大, 流动性差, 导致

后面的干燥等工序很难完成, 所以考虑到实验可行性, 对魔芋精粉添加量高于 1.2% 的水平不再进行实验。

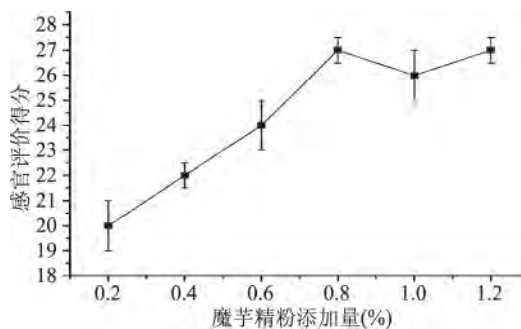


图3 魔芋精粉的添加量对玉米肽感官品质的影响

Fig.3 Effect of addition amount of konjac powder on sensory quality of corn peptide

由图 3 可知, 脱苦玉米肽的感官品质随魔芋精粉的添加量呈现先增加, 随后变化趋于平稳, 在魔芋精粉添加量为 0.8% 时达到最大, 脱苦玉米肽混合液的感官评价得分为 27。这可能是由于魔芋精粉在初始添加时, 由于量少, 与 NHDC、酪蛋白形成较好壁膜分子结构对玉米肽的呈味基团进行遮盖, 从而使玉米肽混合液的感官品质随着形成壁膜结构的增多而感官品质越好。当魔芋精粉的添加量与 NHDC、酪蛋白形成较好壁膜分子达到平衡后, 随着魔芋精粉添加量的增多, 玉米肽混合液的感官品质不再变化。

2.2 脱苦玉米肽制备工艺的响应面优化

2.2.1 回归模型的建立 按 1.2.2 节所述, 用响应面法对脱苦玉米肽生产工艺进行优化, 确定脱苦玉米肽生产的最佳工艺方案。响应面实验方案及结果见表 3, 实验号 1~17 为析因实验, 其中 3、5、7、13、17 为中心实验, 用以估计实验误差。

2.2.2 回归方程的方差分析 通过 Design-Expert 8.0.7 软件在表 3 实验设计所得数据的基础上, 进行多元回归拟合, 获得了玉米肽混合液的感官质量得分的二元多项回归模型方程:

$$Y = 26.6 + 2.125A + 1.25B + 0.125C + 1.0AB + 0.25AC - 0.5BC - 3.675A^2 - 2.425B^2 - 1.675C^2$$

Y-玉米肽混合液的感官评价得分, A-NHDC 的添加量, B-酪蛋白的添加量, C-魔芋精粉的添加量。

对表 3 的 17 组实验的感官评价得分进行回归分析, 得到回归方程的方差分析结果, 见表 4。由回归模型方差分析表 4 可见, 选用的模型极度显著 (p 值 < 0.0001), 且失拟项不显著 ($p = 0.5413 > 0.05$), 说明该模型选择合适; 模型的拟合度良好 (相关系数 $R^2 = 0.9877$), 即对真实实验值的反应较好; 模型的校正决定系数 $R_{Adj}^2 = 0.9720$, 说明此模型能用来解释 97.20% 响应值的变化; 信噪比的值很高 (20.936), 说明该模型能用于预测。所以, 该模型适合用来分析和预测脱苦玉米肽制备工艺的结果。

2.2.3 响应面图 图 4 是由多元回归方程式 (1) 拟合出的脱苦玉米肽感官品质响应面图, 由此可对任意两个因素对脱苦玉米肽的感官品质的交互影响进行分析, 以确定最佳因素水平。

图 4(a) 表明, 当魔芋精粉的添加量为 0.8% 时,

表4 回归模型的方差分析

Table 4 Analysis variance for the fitted regression model

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	Prob > F	显著性
模型	156.99	9	17.44	62.62	<0.0001	***
A	36.13	1	36.13	129.68	<0.0001	***
B	12.50	1	12.50	44.87	0.0003	**
C	0.13	1	0.13	0.45	0.5244	
AB	4.00	1	4.00	14.36	0.0068	*
AC	0.25	1	0.25	0.90	0.3750	
BC	1.00	1	1.00	3.59	0.1000	
A ²	56.87	1	56.87	204.13	<0.0001	***
B ²	24.76	1	24.76	88.88	0.0001	**
C ²	11.81	1	11.81	42.41	0.0003	**
残差	1.95	7	0.51			
失拟项	0.75	3	0.25	0.83	0.5413	
纯误差	1.20	4	0.30			
R ²	0.9877	R ² _{Adj}	0.9720	信噪比	20.936	

注: 差异极度显著($p < 0.0001$, ***), 差异高度显著($p < 0.01$, **), 差异显著($p < 0.05$, *)。

表3 响应面实验设计和结果

Table 3 Design and results of RSM

实验号	A	B	C	感官评价得分
1	-1	0	1	19
2	0	-1	-1	21
3	0	0	0	26
4	0	1	1	23
5	0	0	0	27
6	1	-1	0	20
7	0	0	0	26
8	-1	1	0	19
9	0	-1	1	22
10	0	1	-1	24
11	-1	0	-1	19
12	1	1	0	25
13	0	0	0	27
14	-1	-1	0	18
15	1	0	1	24
16	1	0	-1	23
17	0	0	0	27

NHDC 的添加量与酪蛋白的添加量没有明显的交互作用。当酪蛋白的添加量一定时,脱苦玉米肽的感官质量随着 NHDC 的添加量在 3%~4% 的区间内增加而提高,而脱苦玉米肽的感官质量随着 NHDC 的添加量在 4%~5% 的区间内增加而降低。当 NHDC 的添加量一定时,脱苦玉米肽的感官质量随着酪蛋白的添加量在 15%~20% 的区间内增加而提高,而脱苦玉米肽的感官质量随着酪蛋白的添加量 20%~25% 的区间内增加而降低。图 4(b) 表明,当酪蛋白的添加量为 20% 时,NHDC 的添加量与魔芋精粉的添加量没有明显的交互作用。当魔芋精粉的添加量一定时,脱苦玉米肽的感官质量随着 NHDC 的添加量在 3%~4% 的区间内增加而提高,而脱苦玉米肽的感官质量随着 NHDC 的添加量在 4%~5% 的区间内

增加而降低。当 NHDC 的添加量一定时,脱苦玉米肽的感官质量随着魔芋精粉的添加量在 0.6%~0.8% 的区间内增加而提高,而脱苦玉米肽的感官质量随着魔芋精粉的添加量在 0.8%~1.0% 的区间内增加而降低。图 4(c) 表明,当 NHDC 的添加量为 4% 时,酪蛋白的添加量与魔芋精粉的添加量没有明显的交互作用。当魔芋精粉的添加量一定时,脱苦玉米肽的感官质量随着酪蛋白的添加量在 15%~20% 的区间内增加而提高,而脱苦玉米肽的感官质量随着酪蛋白的添加量在 20%~25% 的区间内增加而降低。当酪蛋白的添加量一定时,脱苦玉米肽的感官质量随着魔芋精粉的添加量在 0.6%~0.8% 的区间内增加而提高,而脱苦玉米肽的感官质量随着魔芋精粉的添加量在 0.8%~1.0% 的区间内增加而降低。

综合图 4 各图的分析结果,在实验范围内,脱苦玉米肽均随 NHDC 的添加量、酪蛋白的添加量、魔芋精粉的添加量用量的增加呈现先增加后减缓的趋势,感官质量评价得分不升反降,该趋势符合预实验和方差分析结果。根据图形的形状和等高线,结合方差分析结果,可以得出 3 个因素对脱苦玉米肽的感官品质影响的顺序如下: NHDC 的添加量 > 酪蛋白的添加量 > 魔芋精粉的添加量。

利用 Design-Expert 软件对脱苦玉米肽配方工艺进一步优化,在 NHDC 添加量 4.33%、酪蛋白添加量 21.6%、魔芋精粉添加量 0.8%,得到脱苦玉米肽的感官评价最优值是 27.1588。

2.2.4 模型验证 为验证模型的可靠性,采用前述优化条件进行脱苦玉米肽的制备,做 6 次重复实验,得到脱苦玉米肽的感官品质评分分别为 27、27、26、28、28、27,平均值为 27.1667,而模型预测值为 27.1588,预测值与实验值较为接近。因此,通过响应面优化法制得脱苦玉米肽的配方工艺可以用来指导生产实践。

2.3 不同干燥方式对玉米肽粉产品特性的影响

脱苦玉米肽粉作为一种推广的粉末状食品辅料

表 5 不同干燥方式制得玉米肽固体粉末的特性

Table 5 Properties of corn peptide powder by difference drying methods

指标	水分含量(%)	吸湿率(g 水/100 g)	溶解速率(s)	堆积密度(mg/mL)
对照样	4.67 ± 0.07 ^c	55.40 ± 5.25 ^a	42 ± 3 ^b	246 ± 8 ^b
普通干燥	5.76 ± 0.21 ^a	26.31 ± 2.63 ^b	51 ± 6 ^a	287 ± 9 ^a
真空干燥	5.34 ± 0.26 ^b	27.53 ± 1.81 ^b	53 ± 5 ^a	275 ± 8 ^a
喷雾干燥	4.76 ± 0.18 ^c	27.62 ± 3.17 ^b	48 ± 5 ^{ab}	258 ± 10 ^b
冷冻干燥	5.47 ± 0.11 ^{ab}	28.73 ± 2.36 ^b	55 ± 3 ^a	253 ± 11 ^b

注: 同一列中, 数据间的显著性差异标用不同小写字母表示($p < 0.05$), 表 6 同。

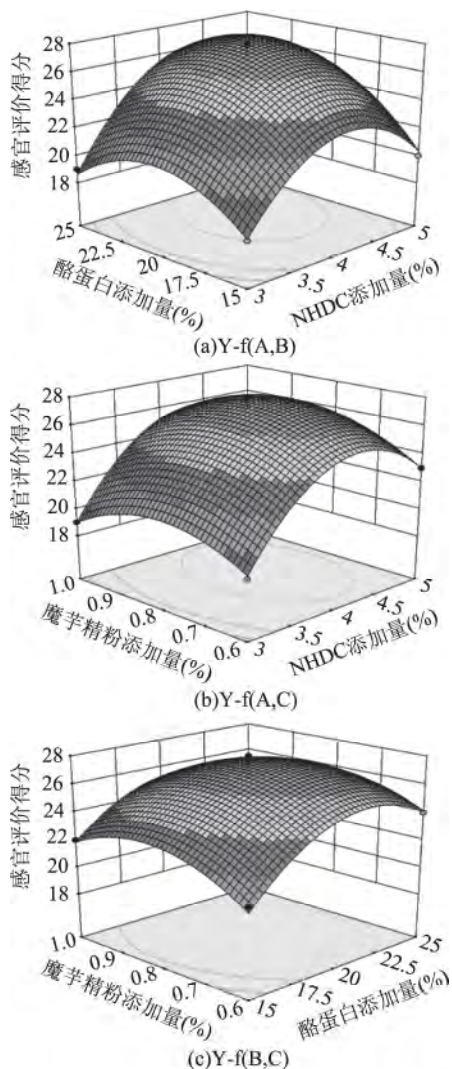


图 4 玉米肽感官品质的响应面图

Fig.4 Response surface diagrams of sensory quality of corn peptide

开发,它不仅具有良好的感官品质,还必须具有良好的固体食品粉末的良好应用性,而吸湿率、水解速率、水分含量、堆积密度指标是反映固体粉末应用品质优劣的重要指标。

以玉米肽纯粉为对照样,把 4 种不同干燥方式制得的干粉与对照样的吸湿率、溶解率、水分含量、堆积密度等粉末产品的特征指标进行对比,具体结果如表 5。

对于粉末产品,吸湿率越高,粉末产品的储存性能越差,应用性也较差。从表中的数据看,对照样的

吸湿率远高于其他经过脱苦处理后四种不同干燥的玉米肽粉,其他四种不同方式干燥粉吸湿率最大是配方冷冻干燥,最小为普通干燥,其差别为 2.4 g 水/100 g,这说明经过不同干燥方式处理后,玉米肽粉产品的吸湿率得到明显改善,玉米肽粉产品的应用特性得到明显的提高。

表 5 中的其它 4 组属性的数据显示,溶解速率不同配方中的最大溶解速率与最小溶解速率差别 13 s,对照样的溶解速率也处于其范围内。在水分含量特性中,无论对照样还是四种不同干燥工艺的玉米肽粉均小于 7%,满足固体饮料对水分指标的要求(固体饮料国标 GB/T 29602-2013 的要求不高于 7%),水分含量差别 1.09%,这在固体粉状食品基本没有影响。堆积密度是判断固体粉末的组织结构的,其值越小,粉末的松散性越好,所以从表中数据得知喷雾干燥和冷冻干燥制得的玉米肽粉末样品的品质较好。

在这四组干燥的玉米肽粉末产品中,影响其品质最重要的因素是吸湿性,与对照样进行比较,四组干燥玉米肽样品的吸湿率均得到显著提高,所以 NHDC、酪蛋白和魔芋精粉制备脱苦玉米肽粉在防止产品吸潮方面是有效的。综合吸湿率、溶解速率、水分含量、堆积密度等四个方面分析得到,在这 4 组配方中,喷雾干燥工艺制得的产品特性最好。

2.4 不同干燥方式对玉米肽粉的感官品质的影响

经过 NHDC、酪蛋白和魔芋精粉等三种物质对玉米肽进行脱苦处理工艺制得脱苦玉米肽混合液,通过普通干燥、真空干燥、喷雾干燥和冷冻干燥等四种不同的干燥方式制得的脱苦玉米肽粉,然后对这些干燥固体粉末复水后进行感官质量评价,结果如表 6。

表 6 不同干燥方式玉米肽粉末复水的感官评价结果

Table 6 Sensory evaluation results of corn peptide powder difference drying methods

干燥方式	普通干燥	真空干燥	喷雾干燥	冷冻干燥
感官得分	24 ± 2 ^b	26 ± 1 ^{ab}	27 ± 2 ^{ab}	28 ± 1 ^a

从表 6 可以得知,在四组不同干燥工艺制得的产品中,感官品质最好的是冷冻干燥工艺制得的,其次是喷雾干燥粉末和真空干燥固体粉末,最差的是普通干燥固体粉末。从四组数据的对比来看,冷冻干燥与普通干燥粉末的感官品质存在显著性差别,而与喷雾干燥粉末和真空干燥粉末不存在显著性差别。综合感官评价结果,喷雾干燥粉末、冷冻干燥粉

末和真空干燥粉末等三组配方产品的感官品质均能为测评员所接受,这说明经过 NHDC、酪蛋白和魔芋精粉等三种物质对玉米肽进行脱苦处理降低了玉米肽的不愉悦的风味,使其为感官评价者所接受。

3 结论

在对 NHDC、酪蛋白和魔芋精粉对玉米肽进行混合脱苦,通过对三因素进行单因素实验,利用 Box-Behnken 模型进行响应面优化分析,得到脱苦玉米肽混合液最佳感官品质的最佳工艺配方条件为: NHDC 添加量 4.33%、酪蛋白添加量 21.6%、魔芋精粉添加量 0.8%,玉米肽含量 10%,得到脱苦玉米肽的感官评价最优值是 27.1667。然后对脱苦玉米肽混合液进行不同干燥后的粉末特性和感官品质进行分析对比,喷雾干燥工艺制得的玉米肽粉品质最好。

参考文献

- [1] 王晓杰,郑喜群,胡立玉.双酶分步水解时间对玉米肽功能性质的影响[J].食品工业科技,2013,34(8):223-227.
- [2] Yamaguchi M, Takada M, Nozaki O, et al. Preparation of corn peptide from corn gluten meal and its administration effect on alcohol metabolism in stroke-prone spontaneously hypertensive rats[J]. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 1996, 42(3): 219-231.
- [3] Yamaguchi M, Takeuchi M, Ebihara K. Inhibitory effect of peptide prepared from corn gluten meal on 7,12-dimethylbenz[*a*]anthracene-induced mammary tumor progression in rats[J]. Nutrition Research, 1997, 17(7): 1121-1130.
- [4] Yamaguchi M, Nishikiorif F, Ito M, et al. The effects of corn peptide ingestion on facilitating alcohol metabolism in healthy men[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 1997, 61(9): 1474-1481.
- [5] Lin F, Chen L, Liang R, et al. Pilot-scale production of low molecular weight peptides from corn wet milling byproducts and

the antihypertensive effects *in vivo* and *in vitro* [J]. Food Chemistry, 2011, 124(3): 801-807.

[6] 昌友权.玉米肽抗疲劳作用的实验研究[J].食品科学, 2004, 25(9): 173-178.

[7] Zhou K, Sun S, Canning C. Production and functional characterization of antioxidative hydrolysates from corn protein via enzymatic hydrolysis and ultrafiltration[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 1192-1197.

[8] Li J T, Zhang J L, He H, et al. Apoptosis in human hepatoma HepG2 cells induced by corn peptides and its anti-tumor efficacy in H22 tumor bearing mice[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 51(6): 297-305.

[9] Hyung J S, Song H B, Dong O N. Debitting of corn gluten hydrolysate with active carbon[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(10): 614-618.

[10] 郑冬梅,孔保华,李升福.玉米蛋白及其水解肽的研究动态[J].食品与发酵工业,2002,28(11):55-59.

[11] Waalkens-Berendsen D H, Kuilman-Wahls M E M, Bar A. Embryotoxicity and teratogenicity study with neohesperidin dihydrochalcone in rats[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2004, 40(6): 74-79.

[12] Tomas-Barberan F A, Borrego F, Ferreres F, et al. Stability of the intense sweetener neohesperidine dihydrochalcone in blackcurrant jams[J]. Food Chemistry, 1995, 52(3): 263-265.

[13] 王琳,赵强忠,赵谋明.大豆蛋白与酪蛋白比例对搅打稀奶油稳定性影响的研究[J].食品工业科技,2010,31(5):110-113.

[14] Mateescu A, Wang Y, Dostalek J, Jonas U. Thin hydrogel films for optical biosensor applications[J]. Membranes, 2012, 2(1): 40-69.

[15] 董庆亮,许丽莉.分子包埋技术制备脱腥牡蛎粉工艺的优化[J].食品与机械,2016,32(7):186-190.

(上接第 178 页)

90-97.

[1] Li D, Li X, Dang W, et al. Characterization and application of an acidophilic and thermostable β -glucosidase from *Thermophilum pendens* [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2013, 115(5): 490-496.

[2] Şener A. Extraction, partial purification and determination of some biochemical properties of β -glucosidase from Tea Leaves (*Camellia sinensis*, L.) [J]. Journal of Food Science & Technology, 2015, 52(12): 8322-8328.

[3] Ašić A, Bešlić L, Muhović I, et al. Purification and Characterization of β -Glucosidase from *Agaricus bisporus*, (White Button Mushroom) [J]. Protein Journal, 2015, 34(6): 1-9.

[4] Narasimha Golla, Sri Devi Ayla, Ramanjaneyulu Golla, et al. Purification and characterization of β -glucosidase from *Aspergillus niger* [J]. International Journal of Food Properties, 2016, 19(3): 652-661.

[5] 先天敏,陈介南,张林.黑曲霉改良株 C112 产 β -葡萄糖苷酶的诱导及条件优化[J].中南林业科技大学学报,2013,

11: 154-161.

[6] 徐星,肖华,黄琳琳,等.黑曲霉胞外 β -葡萄糖苷酶的纯化及酶学性质的研究[J].天津科技大学学报,2015,05: 15-19.

[7] Oncu S, Tari C, Unluturk S. Effect of Various Process Parameters on Morphology, Rheology, and Polygalacturonase Production by *Aspergillus sojae*, in a Batch Bioreactor [J]. Biotechnology Progress, 2007, 23(23): 836-845.

[8] 马旭光,张宗舟,霍建泰,等.航天诱变黑曲霉 ZM-8 发酵玉米秸秆粉产 β -葡萄糖苷酶的培养基组分优化[J].食品工业科技,2012,33(6): 236-239, 243.

[9] 王蕊,王林风,闫德冉,等.毕赤酵母表达 β -葡萄糖苷酶中试条件优化[J].食品科技,2015,12: 15-19.

[10] 杨亚东.凡纳滨对虾肠道产蛋白酶菌株的筛选鉴定及酶学性质研究[D].湛江:广东海洋大学,2015.

[11] 朱丽萍,颜世敢,李雁冰,等.硫酸铵盐析条件对多管藻 R-藻红蛋白和 R-藻蓝蛋白得率和纯度的影响[J].科技导报,2010(4): 37-41.