

基于产品风味和色泽的青芥辣工艺的优化

丁绍东¹, 丁占生², 刘绘², 范柳萍^{2*}, 王国华³ (1. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214122; 2. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122; 3. 盐城南翔食品有限公司, 江苏盐城 224141)

摘要 [目的] 研究开发风味好、色泽纯的青芥辣产品, 丰富我国调味品市场。[方法] 以辣根为原料, 研究了发制温度、发制时间、pH 对青芥辣产品异硫氰酸烯丙酯和色泽的影响, 在单因素试验的基础上, 采用 3 因素 3 水平正交试验优化青芥辣产品的加工工艺。[结果] 青芥辣的较优生产工艺为发制温度 30 ℃、发制时间 2 h、pH 3.5, 该工艺条件下制得的青芥辣产品具有较好的色泽与风味。[结论] 研究可为辣根的深加工利用提供参考。

关键词 辣根; 青芥辣; 异硫氰酸烯丙酯

中图分类号 S38 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)20-081-02

Technology Optimization of Green Mustard Production Based on Product Flavor and Color

DING Shao-dong¹, DING Zhan-sheng², LIU Hui², FAN Liu-ping^{2*} et al (1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Wuxi, Jiangsu 224141; 2. College of Food, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122)

Abstract [Objective] To research the effects of green mustard with satisfied flavor and color on the abundance of flavoring market. [Method] With horseradish as the raw materials, effects of reaction temperature, time and pH on the allylisothiocyanate content and color were investigated. Based on the single factor test, three-factor and three-level orthogonal experiments were used to optimize the processing technology of green mustard. [Result] The processing technology for green mustard was as follows: pH 3.5, reaction temperature 30 ℃ and reaction time 2 h. Under this condition, green mustard products had relatively good color and flavor. [Conclusion] This research provides references for the deep processing and utilization of horseradish.

Key words Horseradish; Green mustard; Allylisothiocyanate

辣根是一种具有特殊药用价值和食用价值的植物^[1], 辣根中的硫代葡萄糖苷在不同的水解条件下可水解出不同的水解产物^[2]。异硫氰酸酯类物质是硫苷的酶解产物, 具有抗癌防癌、抑菌活性、抗氧化、抗血小板聚集、降血脂、降血糖等保健作用^[2-4]。阎娣等研究了温度、时间等条件对青芥辣中辣根水解度的影响^[5]; 肖华志等利用固相微萃取-气相色谱-质谱(SPME-GC-MS)联用技术对芥末油、青芥辣的挥发性风味成分进行了研究^[6]; 但目前还鲜见基于风味和色泽等品质的产品研究开发。笔者以辣根根茎为原料制成青芥辣酱, 基于产品风味和色泽, 在单因素试验的基础上, 采用正交试验优化得到青芥辣产品的最佳工艺条件。

1 材料与方

1.1 材料 辣根粉, 盐城南翔食品有限公司; 食用盐、柠檬酸、山梨糖醇、黄原胶、单硬脂酸甘油酯、植物油、芥末油、姜黄粉、柠檬黄、靛蓝, 均为食品级; 浓盐酸、哌啶、丙酮、溴甲酚绿、甲基红、乙醇, 均为分析级。

主要仪器: 电子天平, WSC-S 型全自动测色色差计, 恒温水浴锅, 酸式滴定计, 高速多功能粉碎机。

1.2 方法

1.2.1 青芥辣制作工艺流程及操作要点。 具体工艺流程见图 1。

该工艺操作要注意以下要点: 发制要在恒温水浴锅中按试验需求在一定温度下进行, 增加产品风味。杀菌要采取巴

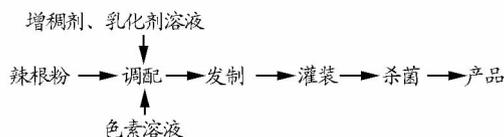


图 1 青芥辣制作工艺流程

Fig. 1 Production process of green mustard

氏杀菌, 杀菌温度 70 ℃, 时间 30 min。

1.2.2 青芥辣配方。 根据以上青芥辣的加工工艺原则, 青芥辣产品配方见表 1。其中, 色素溶液配方为: 分别称取姜黄粉 0.80 g、柠檬黄 0.28 g、靛蓝 0.12 g, 溶于 100 mL 蒸馏水中, 充分搅拌, 再量取 10 mL 加入青芥辣产品中进行调配。

表 1 产品配方

Table 1 The product recipe

原辅料 Raw material	添加比例 Adding percentage	原辅料 Raw material	添加比例 Adding percentage
辣根粉 Horseradish	20.0	山梨糖醇 Sorbitol	3.0
蒸馏水 Distilled water	65.0	食用盐 Edible salt	3.0
植物油 Vegetable oil	4.0	黄原胶 Xanthan gum	0.5
芥末油 Mustard oil	4.0	单硬脂酸甘油酯 Glyceryl monostearate	0.3
柠檬酸 Citric acid	0.1	色素 Pigment	—

1.2.3 单因素试验。 原辅料加入量按照表 1 配方进行混合, 分别研究不同发制温度(30、40、50、60、70 ℃)、发制时间(1、2、3、4、5 h)、pH(3.5、4.0、4.5、5.0、5.5)对青芥辣色泽和风味的影响。

1.2.4 正交优化试验。 在青芥辣单因素试验的基础上, 以异硫氰酸烯丙酯含量和色泽 a 值为指标, 采用 3 因素 3 水平 $L_9(3^4)$ 正交试验优化青芥辣加工工艺, 即发制温度、发制时

基金项目 苏北科技发展计划——科技富民强县项目(BN2014058, SBN2014010290)。

作者简介 丁绍东(1943-), 男, 江苏无锡人, 副研究员, 硕士, 从事食品分析检测研究。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事食品科学研究。

收稿日期 2016-05-26

间与 pH 3 个因素,因素水平设计见表 2。

表 2 正交试验因素水平设计

Table 2 Design of the factors and levels of orthogonal test

水平 Level	因素 Factor		
	发制温度 (A) Reaction temperature//℃	发制时间(B) Reaction time//h	pH(C)
1	30	2	3.5
2	40	3	4.0
3	50	4	4.5

1.2.5 分析方法。异硫氰酸烯丙酯的测定选取直接滴定法中的吡啶滴定法^[7]。

2 结果与分析

2.1 发制温度对青芥辣风味和色泽的影响 由表 3 可以看出,当发制温度为 30~60℃时,青芥辣的 b 值变化不大; a 值在 40℃时达到最小值 -9.12,随着发制温度的升高, a 值持续变大,表明样品的绿色减弱。当温度为 30~50℃时,青芥辣的异硫氰酸烯丙酯的变化都不大,当发制温度高于 50℃时,异硫氰酸烯丙酯的含量显著降低,70℃时异硫氰酸烯丙酯含量仅为 0.11%。

表 3 发制温度对青芥辣异硫氰酸烯丙酯和色泽的影响

Table 3 Effects of reaction temperature on the allylisothiocyanate and color of green mustard

温度 Temperature//℃	L	a	b	异硫氰酸烯丙酯 Allylisothiocyanate//%
30	71.31	-8.57	26.83	0.20
40	71.00	-9.12	27.57	0.18
50	70.86	-7.93	27.14	0.19
60	70.26	-7.16	27.13	0.13
70	68.38	-6.36	25.30	0.11

2.2 发制时间对青芥辣风味和色泽的影响 表 4 为发制时间对青芥辣产品检测指标的影响,可以看出 a 值变化不大,而 a 值最小值是在 1 h;异硫氰酸烯丙酯的含量随着发制时间先变大再变小,异硫氰酸烯丙酯含量的最高点是在 3 h。

表 4 发制时间对青芥辣异硫氰酸烯丙酯和色泽的影响

Table 4 Effects of reaction time on the allylisothiocyanate and color of green mustard

时间 Time //h	L	a	b	异硫氰酸烯丙酯 Allylisothiocyanate//%
1	68.80	-6.14	26.49	0.16
2	68.30	-5.68	25.28	0.19
3	68.19	-5.06	26.04	0.20
4	67.57	-5.96	27.48	0.18
5	67.38	-5.64	25.74	0.17

2.3 发制 pH 对青芥辣风味和色泽的影响 表 5 是 pH 对青芥辣产品检测指标的影响,可以看出,在试验选取的 pH 范围内, L 、 a 和 b 值均没有显著性变化($P>0.05$),当 pH 为 4.0 时, a 值最小为 -8.72。当 pH 为 3.5 时,异硫氰酸烯丙酯含量最高,达到 0.26%,当 pH 为 3.5~5.5 时,随着 pH 的升高,异硫氰酸烯丙酯的含量逐渐下降。

表 5 pH 对青芥辣风味和色泽的影响

Table 5 Effects of pH on the flavor and color of green mustard

pH	L	a	b	异硫氰酸烯丙酯 Allylisothiocyanate//%
3.5	67.73	-8.56	26.99	0.26
4.0	67.33	-8.72	26.87	0.19
4.5	67.23	-8.56	26.74	0.19
5.0	66.14	-8.38	26.62	0.15
5.5	66.52	-8.57	26.45	0.16

2.4 正交优化试验 青芥辣的正交试验结果如表 6 所示,可以看出,各因素对于异硫氰酸烯丙酯含量和色泽的影响程度大小依次是:pH、发制温度、发制时间。对异硫氰酸烯丙酯含量来讲,青芥辣产品的最优工艺参数为 $A_1B_1C_1$,即发制温度为 30℃,发制时间为 2 h 以及 pH 3.5,青芥辣中异硫氰酸烯丙酯含量为 0.46%。对产品色泽 a 值来讲,青芥辣产品的最优工艺参数为 $A_1B_3C_3$,即发制温度为 30℃,发制时间为 4 h 以及 pH 为 4.5 时,青芥辣产品的色泽 a 值为 -7.61。由于发制时间对产品异硫氰酸烯丙酯含量和色泽的影响均最小,从经济适用性考虑选择较低的水平,即 B_1 (2 h);pH 对产品风味和色泽的影响均最大,而风味在产品品质中的权重更大,综合以上,青芥辣产品的最优工艺参数为 $A_1B_1C_1$,即发制温度为 30℃,发制时间为 2 h 以及 pH 3.5,此工艺条件下青芥辣中异硫氰酸烯丙酯含量为 0.46%,色泽 a 值为 -6.67。

表 6 青芥辣的正交试验结果分析

Table 6 Result analysis of orthogonal test of green mustard

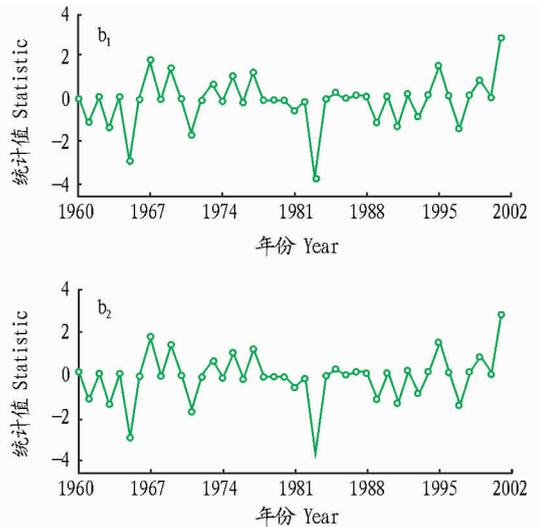
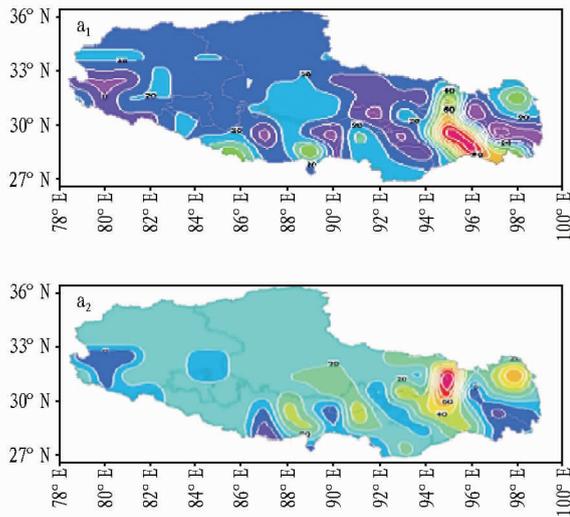
试验号 Test No.	因素 Factor			异硫氰酸 烯丙酯(x) Allylisothio- cyanate//%	a 值(y) a value
	发制温度 Reaction temperature ℃	发制时间 Reaction time h	pH		
1	30	2	3.5	0.46	-6.67
2	30	3	4.0	0.20	-6.22
3	30	4	4.5	0.21	-7.61
4	40	2	4.0	0.19	-5.81
5	40	3	4.5	0.20	-6.51
6	40	4	3.5	0.30	-6.13
7	50	2	4.5	0.18	-6.72
8	50	3	3.5	0.17	-6.67
9	50	4	4.0	0.23	-5.98
$k(x)_1$	0.29	0.28	0.34		
$k(x)_2$	0.23	0.23	0.21		
$k(x)_3$	0.23	0.25	0.20		
$R(x)$	0.06	0.05	0.14		
$k(y)_1$	-6.83	-6.40	-6.49		
$k(y)_2$	-6.15	-6.47	-6.00		
$k(y)_3$	-6.46	-6.57	-6.95		
$R(y)$	0.68	0.17	0.95		

3 结论与讨论

该研究得出,发制温度、时间、pH 均显著性影响青芥辣异硫氰酸烯丙酯含量和色泽,正交优化试验结果表明,各因素对于异硫氰酸烯丙酯含量和色泽的影响程度大小依次是:pH、发制温度、发制时间,青芥辣产品的最优工艺参数为:发

拔高度吻合度较高。多年年平均气温和夏季平均气温与海拔高度均呈现显著的相反关系,即海拔高处温度较低,海拔

低处温度较高。



注: a₁, b₁ 为全年; a₂, b₂ 为夏季。

Note: a₁, b₁ is whole year; a₂, b₂ is summer.

图5 1960~2001年西藏地区平均气温 EOF 分解第 1 模态 (a) 及其时间序列 (b)

Fig.5 EOF decomposition of first mode (a) and its time series (b) of average temperature in Tibet region during 1960-2001

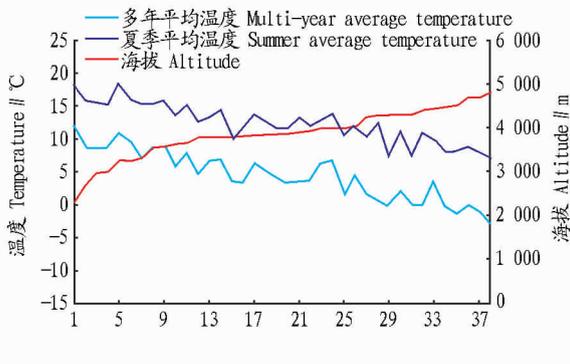


图6 1960~2001年西藏地区气温与海拔变化

Fig.6 The change of temperature and altitude in Tibet region during 1960-2001

3 小结

利用全国 720 个观测站中西藏的 38 个气象观测站点 1960~2001 年逐日气温资料,将全区按照气候特征分为藏西、藏东、藏南 3 个区域,采用数理统计、小波分析、M-K 突变检验、EOF 等方法,对 42 年来该地区温度的时空变化特征

进行了分析。结果表明,西藏地区气温具有显著的时空变化特征,全区温度总体上呈上升趋势,升幅为 0.352 °C/10 a,特别是藏西地区的气温上升幅度整体较高,为 0.417 °C/10 a;西藏地区气温与海拔高度有很好的负相关,气温随海拔增高而降低。

参考文献

- [1] 刘桂芳,卢鹤立. 1961~2005 年来青藏高原主要气候因子的基本特征 [J]. 地理研究,2010,29(12):2282-2288.
- [2] 周宁芳,秦宁生,屠其璞,等. 近 50 年青藏高原地面气温变化的区域特征分析[J]. 高原气象,2005,24(3):344-349.
- [3] 张顺利. 西藏 30 年温度变化的气候特征 [J]. 气象,1994,23(2):21-24.
- [4] 杜军. 西藏高原近 40 年的气温变化 [J]. 地理学报,2001,56(6):683-690.
- [5] 张宇,杨德保,王式功,等. 1975-2008 年青藏高原冬季气温变化 [J]. 兰州大学学报(自然科学版),2010,46(1):72-76.
- [6] 汤懋苍,李存强. 关于“青藏高原:是气候启动区”的分析事实 [C]//中国青藏高原研究会第一届学术讨论会论文集. 北京:科学出版社,1992:42-48.
- [7] 冯松,汤懋苍,王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据 [J]. 科学通报,1998,43(6):633-636.
- [8] 潘保田,李吉均. 青藏高原:全球气候变化的驱动力与放大器. III. 青藏高原隆起对气候变化的影响 [J]. 兰州大学学报(自然科学版),1996,32(1):108-115.

(上接第 82 页)

制温度为 30 °C,发制时间为 2 h 以及 pH 3.5,此条件下青芥辣中异硫氰酸烯丙酯含量为 0.46%,色泽 a 值为 -6.67。研究得到的青芥辣产品丰富了我国的调味品市场,同时也可作为辣根的深加工开发利用提供参考依据。

参考文献

- [1] 陈虹霞,王成章,叶建中,等. 辣根硫代葡萄糖苷水解工艺比较及其水解产物的结构鉴定 [J]. 林产化学与工业,2009,29(2):100-104.
- [2] FAHEY JED W M S. Dietary phytochemical delivery: Glucosinolates/iso-

- thiocyanates [J]. Nutrition today,2002,37(5):214-217.
- [3] PIERCEY M J, MAZZANTI G, BUDGE S M, et al. Antimicrobial activity of cyclodextrin entrapped allyl isothiocyanate in a model system and packaged fresh-cut onions [J]. Food microbiology,2011,30(1):213-218.
- [4] WANG S Y, CHEN C T, YIN J J. Effect of allyl isothiocyanate on antioxidants and fruit decay of blueberries [J]. Food chemistry,2010,120:199-204.
- [5] 阎娣,张悠,刘亚萍. 青芥辣中辣根水解度的优化 [J]. 食品与生物技术学报,2012,31(12):1295-1299.
- [6] 肖华志,牛丽影,廖小军,等. 芥末油、青芥辣、冲菜的挥发性风味成分的 SPME/GC/MS 测定 [J]. 中国调味品,2004(6):42-45.
- [7] 甘永祥,陈文. 异硫氰酸酯研究概况 [J]. 农垦医学,2009,31(3):261-263.