

不同工艺黑蒜的品质比较分析

王海粟¹, 吴昊¹, 杨绍兰², 周远明³, 王成荣¹

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109) (2. 青岛农业大学园艺学院, 山东青岛 266109)

(3. 青岛农业大学化学与药学院, 山东青岛 266109)

摘要: 本文以金乡新鲜大蒜为实验材料, 首次采用-18℃低温冷冻预处理与变温发酵相结合的工艺制得黑蒜。通过黑蒜总色差、含水量、质地、还原糖含量、总酚含量、游离氨基酸含量的测定、挥发性活性物质的鉴定以及感官指标评价, 比较新工艺试验黑蒜与三种传统工艺制得的市售黑蒜产品品质差异。结果表明: 结合冷冻预处理的新工艺不仅将大蒜的发酵周期由传统的 60~90 d 缩短至 15 d, 而且无论是感官品质、还是营养品质均达到或优于市售传统发酵黑蒜。试验黑蒜还原糖、总酚、游离氨基酸的含量分别可达到 $(48.50\pm 0.44)\times 10^{-2}$ g/g、 10.44 ± 0.53 mg/g、 $(54.90\pm 0.61)\times 10^{-2}$ mg/g, 并且试验黑蒜 17 种氨基酸和挥发性活性物质含量均达到或优于市售黑蒜。黑蒜发酵新工艺不仅实现了黑蒜发酵周期的缩短, 而且保证了黑蒜成品的质量品质, 具有可行性。研究结果为我国黑蒜加工工业化生产提供一定理论依据。

关键词: 试验黑蒜; 市售黑蒜; 比较

文章编号: 1673-9078(2014)7-230-236

Quality Characteristics of Black Garlic with Different Processing Procedures

WANG Hai-su¹, WU Hao¹, YANG Shao-lan², ZHOU Yuan-ming³, WANG Cheng-rong¹

(1. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(2. College of Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(3. College of Chemistry and Pharmacy, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: In this study, fresh garlic from Jinxiang was fermented to black garlic by -18℃ pretreatment combined with variable temperature fermentation for the first time. The total color difference, water content, texture, reducing sugar content, total phenol content, free amino acid content, volatile components and sensory indexes of black garlic were determined in order to compare the quality characteristics of lab-prepared fermented black garlic (FBG) and three kinds of commercial black garlic made by traditional processing. The results indicated that the fermentation period by the new processing method with frozen pretreatment decreased, which was shortened from 60~90 days to 15 days and FBG made by the new processing method was similar or better than the commercial black garlic by traditional processing in terms of sensory indexes, nutrition and functional components. The reducing sugar content, total phenol content, free amino acid content of FBG reached to $(48.50\pm 0.44)\times 10^{-2}$ g/g, 10.44 ± 0.53 mg/g, $(54.90\pm 0.61)\times 10^{-2}$ mg/g, respectively, by the new method. At the same time, the contents of 17 kinds of amino acid and volatile components are equal or higher than those of the commercial black garlic. Therefore, the new processing technology for FBG shortened the fermentation period, and ensured the quality of black garlic products. These results provided references for black garlic processing industry in China.

Key words: lab-prepared fermented black garlic; commercial black garlics; comparison

黑蒜是新鲜的生大蒜经过清洗、酶化、熟化、干燥等过程加工而成的一种新型大蒜制品^[1]。它在发酵过程不是利用微生物发酵而成, 而是指在高温高湿条

收稿日期: 2014-01-19

基金项目: 山东省现代蔬菜产业技术体系 (SDAIT-02-022-12)

作者简介: 王海粟(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬深加工

通讯作者: 王成荣(1958-), 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 农产品加工与贮藏工程

件下, 自身组织破坏后, 自身物质所发生的物理和化学反应, 其中黑蒜在发酵过程中主要发生的是酶促褐变和非酶褐变的反应, 其黑色来源主要为美拉德反应最终产物-类黑素^[2]。据报道, 采用发酵工艺将这种普通大蒜加工成的黑蒜, 它在保留生大蒜原有成分的基础上, 使生大蒜的抗氧化、抗酸化功效提高了数十倍, 又把生大蒜本身的蛋白质大量的转化成为人体每天所必须的 18 种氨基酸, 进而被人体迅速吸收^[3], 且具有

比普通大蒜更高的抗氧化活性,多酚类物质含量高5倍以上,超氧化物歧化酶活性也高出10倍以上^[4-5]。周广勇等^[6]将黑蒜在5~35℃条件下贮藏,测定其含水率、糖分、总酸含量以及自由基清除能力随时间的变化,并探讨这些变化的机理,结果发现,与新鲜大蒜相比,黑蒜中糖分和总酸含量较高,自由基清除能力是新鲜大蒜的8倍以上。Jung等^[7]通过给肥胖老鼠喂养高脂肪食物,测定了发酵黑蒜的生物活性和体外抗氧化活性,发现发酵的黑蒜比大蒜的抗氧化性强。

传统黑蒜发酵工艺较为简单,只采用高温高湿工艺进行发酵。这种工艺的发酵时间长,一般为60~90d,生产成本较高,产品周期较长。随着工艺的优化,安东^[1]采用了三段式变温发酵法制取黑蒜,虽然发酵时间缩短为22d到30d,但生产成本仍较高;罗仓学^[8]等对液态黑蒜发酵工艺进行了研究,预处理为蒜瓣破碎后直接真空包封,发酵时间为16d到19d,虽然发酵时间大大缩短,但是蒜瓣破碎后加工条件控制严格,预处理工艺较为繁琐。本文首次将-18℃冷冻预处理工艺结合到黑蒜发酵工艺中。通过比较新工艺发酵黑蒜与传统工艺发酵黑的感官和营养品质特性,探讨制取黑蒜新工艺的可行性。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

试验黑蒜,实验室自制,工艺已申请专利;市售黑蒜样品:样品1,样品2,样品3。

3,5-二硝基水杨酸;水合茚三酮;无氨蒸馏水;福林酚;三氯乙酸;其他试剂为分析纯。

1.2 主要仪器与设备

RE-52AA 旋转蒸发仪,上海亚荣生化仪器厂;Anke TGL-16C 高速台式冷冻离心机,上海安亭科学仪器;日立8900 高速氨基酸分析仪,天美科学仪器有限公司;6890A/5975C 气-质联用仪,美国Agilent公司;CT3-4500 质构分析仪,美国BROOKFIELD公司;TCP2 全自动测色色差仪,北京鑫奥依克光电技术优先;16512 型真空冷冻干燥机,德国Christ公司;754 型紫外-可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司;81-2 恒温磁力搅拌器,国华电器有限公司;电热恒温水浴锅,龙口市先科仪器公司;DHG-9036A 电热恒温鼓风干燥箱,太仓精宏仪器设备有限公司;精密温度计,青岛隆盛希望电子有限公司;电子分析天平,奥豪斯国际贸易有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 黑蒜制备流程

新蒜→分级挑选→去皮去蒂→清洗晾干→放入密闭透气聚乙烯袋中→-18℃冷冻预处理24h→变温发酵15d→45℃烘干7h→保存备用

1.3.2 硬度、弹性、咀嚼性^[9]

采用CT3-4500 质构分析仪,选取测试参数:探头TA3/100,预压速度2.0 mm/s,测试速度0.5 mm/s,返回速度0.5 mm/s 触发点负载6.8 g,探头测试距离5 mm。

1.3.3 色差

采用TCP2 全自动测色色差仪,以标准白板为标准^[10]。本试验通过比较试验黑蒜同三种市售黑蒜样品的总色差 ΔE 来判断发酵程度以及产品成色。每组3次重复测定,取平均值。 ΔE 计算公式如下:

$$E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (1)$$

1.3.4 含水量

采用GB/T 5009.3 方法。

1.3.5 还原糖含量

采用3,5-二硝基水杨酸显色法^[11]。

1.3.6 游离氨基酸含量

采用茚三酮显色法^[11]。

1.3.7 氨基酸组分含量

借助氨基酸分析仪采用CB/T 18246-2000 法测定。

1.3.8 总酚含量

采用Folin-Ciocalteu 法^[12]测定,结果以没食子酸计。

1.3.9 挥发性成分的提取

采用同时蒸馏萃取^[13]方法:萃取剂使用乙醚。同时蒸馏萃取操作之前,在萃取装置两端分别加入100 mL 蒸馏水和50 mL 乙醚,同时蒸馏30 min,以洗净同时蒸馏萃取装置,减少杂质,保证仪器洁净。洗净仪器后,45℃水浴重蒸乙醚,约100 mL 即可。

分别称取30 g 试验黑蒜和三种市售黑蒜样品,切碎,加入少量蒸馏水研磨,放入同时蒸馏萃取装置一段的1000 mL 平底烧瓶中,加入5 g 氯化钠、蒸馏水及少量玻璃珠,加热至沸腾。装置另一端接盛有已经重蒸好的100 mL 乙醚,该端于水浴锅中加热,水浴温度为45℃,进行同时蒸馏萃取5 h。萃取完成后,将萃取液转移至干燥三角瓶中,加入过量的硫酸钠,充分振荡后,置于冰箱中干燥过夜。最后用精馏装置

进行浓缩至 1~2 mL, 转移至色谱瓶中供 GC-MS 分析使用。

1.3.10 挥发性活性物质鉴定

采用 GC-MS 方法^[14]。

气谱条件为, 色谱柱: HP-5MS (60 m×0.25 mm i.d. ×0.25 μm d.f.); 进样口温度为 280 °C; 柱箱温度为 130 °C; 升温程序 50 °C 保持两分钟后以 4 °C/min 的速度升到 280 °C; 载气为氦气, 流速为 1 mL/min; 进样量为 1 μL, 分流比为 4:1。

质谱条件为, 传输线温度 280 °C; 电子能 70 eV; 离子源温度为 230 °C; 质量扫描范围 40~500 nm; MS 四极杆 150 °C。

数据检索: 检索谱库为 NIST05 谱库, 以鉴定物质的峰面积, 计算相对含量。

1.3.11 感官鉴评

参考安东^[1]的方法做稍加修改, 设置色泽、干爽度、蒜肉质、气味、口感五个鉴评项目, 采取百分制进行评分, 由 10 名专业人员对产品进行打分, 取平均值。评分标准如表 1。

表 1 感官鉴评标准

Table 1 Sensory evaluation standard

项目	项目	分值
色泽	黑色	16~20
	黑褐色	11~15
	褐色	6~10
	黄色或浅黄色	0~5
干爽度	不粘手	16~20
	轻微粘手	11~15
	粘手	6~10
	严重粘手	0~5
质地	柔软, 不粘牙	16~20
	较柔软, 基本不粘牙	11~15
	较硬, 中度粘牙	6~10
	硬, 严重粘牙	0~5
气味	无蒜臭味	16~20
	轻度蒜臭味	11~15
	中度蒜臭味	6~10
	严重蒜臭味	0~5
口感	酸甜, 无苦味	16~20
	酸甜, 微苦	11~15
	酸甜, 苦味较明显	6~10
	无酸甜, 苦味明显	0~5

1.3.12 数据处理

采用 SPSS 18.0 软件进行统计分析, 进行显著性检验 (p≤0.05), 试验重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同黑蒜样品总色差比较

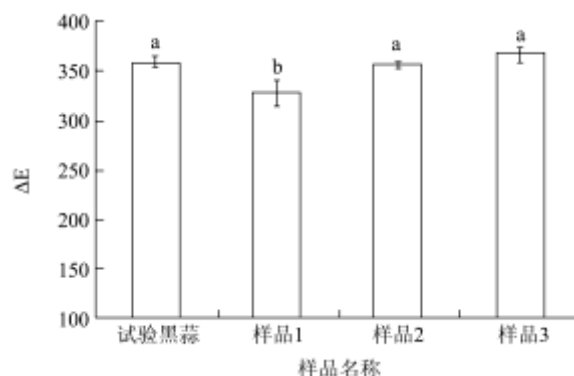


图1 不同黑蒜样品总色差比较

Fig.1 Comparison of ΔE of different black garlies

注: 相同字母表示在p≤0.05水平上不显著, 下同。

黑蒜的外观颜色是评价黑蒜质量的重要指标。ΔE 可表示颜色的深浅, ΔE 正值越大表明颜色越深, 褐变程度越深, 产品成色越好^[15]。由图1可知, 试验黑蒜颜色与样品2和样品3无显著性差异, 但明显优于样品1。表明试验黑蒜的外观颜色达到或优于市售黑蒜。

2.2 不同黑蒜样品含水量、硬度、弹性、咀嚼性比较

黑蒜的含水量与黑蒜产品软硬质地以及产品的贮藏期之间有重要联系。黑蒜质地的好坏直接影响着黑蒜的感官品质, 尤其是黑蒜的口感。黑蒜含水量过高, 产品质地稀软, 口感差, 不利于贮藏; 黑蒜含水量过低产品质地坚硬, 韧性大, 不利于咀嚼。由图2可知, 试验黑蒜含水量与样品1和样品2无显著性差异, 但明显低于样品3, 较高的含水量使样品3的硬度和咀嚼性明显变差。这是由于样品3含水量较高, 致使其质地与其它两种黑蒜相比较稀软, 影响了产品质量。在弹性方面, 试验黑蒜与样品2、样品3间均无显著性差异, 但与样品1间存在显著性差异且大于样品1。由此可见, 试验黑蒜的质地特性优于市售黑蒜。

2.3 不同黑蒜样品还原糖含量比较

黑蒜黑变主要是酶促褐变和非酶褐变共同作用的结果^[8]。作为美拉德反应的重要底物, 还原糖的含量不仅影响着产品黑变的速度, 而且还影响产品的口感, 较高的还原糖含量除有利于形成黑色素外, 还赋予产品圆润清甜的爽口感。由图3可知, 试验黑蒜还原糖含量明显高于样品1和样品3, 与样品2无显著差异。

因此, 试验黑蒜还原糖含量明显优于市售黑蒜。

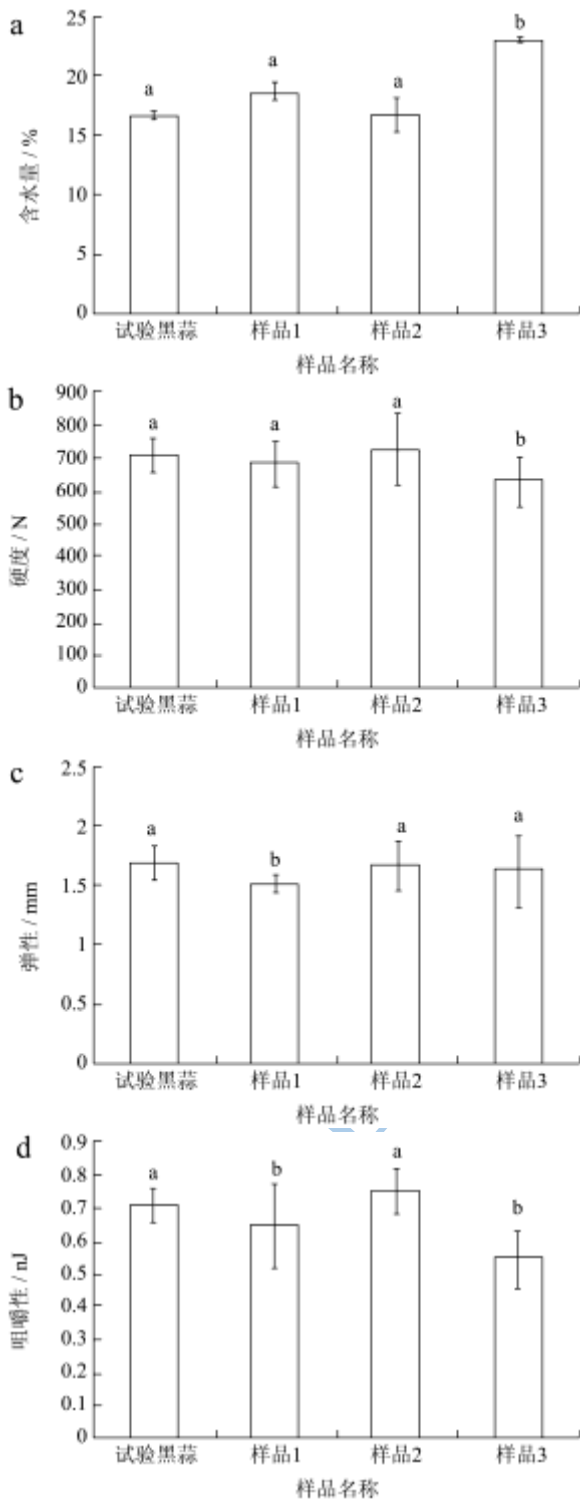


图2 不同黑蒜样品含水量(a)、硬度(b)、弹性(c)、咀嚼性(d)比较

Fig.2 Comparison of water content (a), hardness (b), flexible (c) and chewiness (d) of different black garlics

2.4 不同黑蒜样品总酚含量比较

酚类物质是黑蒜中重要的功能性成分, 是衡量产品品质的重要指标^[16]。研究证明, 经常食用富含酚类

物质的果蔬能够预防由活性氧导致的相关疾病^[17]。由图4可知, 试验黑蒜总酚含量与三种样品均无显著性差异, 较高的总酚含量意味着较高的抗氧化功能特性, 所以试验黑蒜的总酚含量也明显优于或接近(无显著差异)于市售黑蒜。

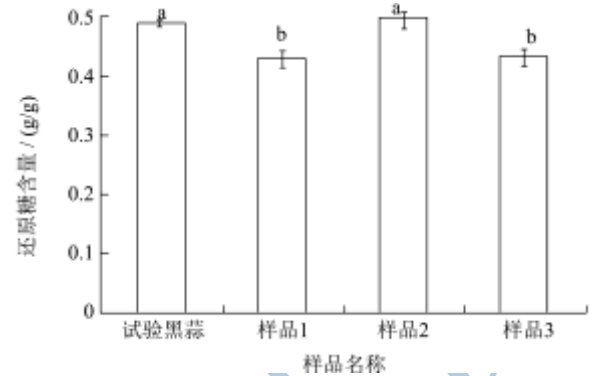


图3 不同黑蒜样品还原糖含量比较

Fig.3 Comparison of reducing sugar of different black garlics

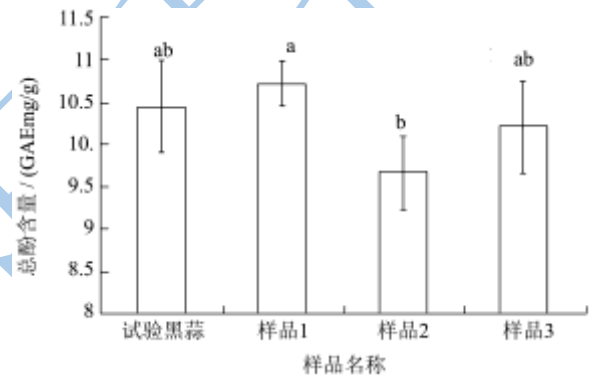


图4 不同黑蒜样品总酚含量比较

Fig.4 Comparison of total phenol content of different black garlics

2.5 不同黑蒜样品游离氨基酸含量比较

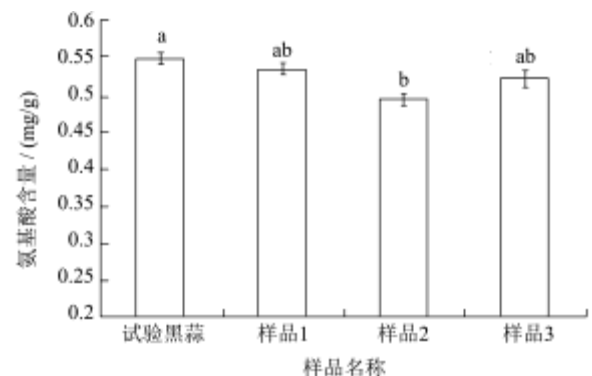


图5 不同黑蒜样品游离氨基酸含量比较

Fig.5 Comparison of free amino acid content of different black garlics

游离氨基酸对于人体内合成蛋白质起着重要的作用。游离氨基酸含量的高低是评价黑蒜品质好坏的重要指标。由图5可知, 试验黑蒜游离氨基酸含量高于

样品 1 和样品 3, 但无显著性差异, 明显高于样品 2, 由此可见, 试验黑蒜的氨基酸含量明显优于市售黑蒜。

2.6 不同黑蒜样品 17 种氨基酸含量比较

表 2 不同黑蒜样品 17 种氨基酸含量比较

Table 2 Comparison of 17 kinds of amino acid content of different black garlies

氨基酸名称	含量/%			
	试验黑蒜	样品 1	样品 2	样品 3
天门冬氨酸	1.17±0.03 ^a	1.11±0.82 ^b	0.85±0.37 ^c	0.98±0.03 ^d
苏氨酸	0.35±0.11 ^a	0.35±0.01 ^a	0.28±0.24 ^c	0.30±0.01 ^b
丝氨酸	0.37±0.07 ^a	0.36±0.04 ^a	0.28±0.03 ^b	0.29±0.03 ^b
谷氨酸	1.81±0.03 ^b	1.81±0.36 ^b	1.48±0.42 ^c	1.88±0.03 ^a
甘氨酸	0.42±0.01 ^a	0.41±0.11 ^a	0.35±0.02 ^b	0.34±0.05 ^b
丙氨酸	0.45±0.13 ^b	0.47±0.13 ^a	0.47±0.01 ^a	0.42±0.06 ^c
胱氨酸	0.16±0.05 ^a	0.18±0.09 ^a	0.18±0.01 ^a	0.16±0.07 ^a
缬氨酸	0.53±0.01 ^a	0.54±0.02 ^a	0.43±0.08 ^c	0.45±0.01 ^b
蛋氨酸	0.19±0.01 ^a	0.21±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a
异亮氨酸	0.32±0.02 ^b	0.34±0.33 ^a	0.28±0.10 ^c	0.29±0.01 ^c
亮氨酸	0.61±0.07 ^b	0.63±0.37 ^a	0.47±0.05 ^d	0.53±0.22 ^c
酪氨酸	0.46±0.03 ^b	0.50±0.23 ^a	0.44±0.07 ^c	0.44±0.03 ^c
苯丙氨酸	0.39±0.01 ^b	0.44±0.01 ^a	0.39±0.01 ^b	0.43±0.05 ^a
赖氨酸	0.26±0.01 ^a	0.26±0.08 ^a	0.23±0.01 ^b	0.26±0.01 ^a
组氨酸	0.14±0.07 ^b	0.17±0.37 ^a	0.14±0.02 ^b	0.13±0.01 ^b
精氨酸	0.79±0.13 ^b	0.68±0.29 ^d	0.74±0.01 ^c	0.82±0.05 ^a
脯氨酸	0.12±0.06 ^a	0.13±0.01 ^a	0.13±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a

天门冬氨酸对心脏具有良好的保护作用; 赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸均为人体必须氨基酸, 能够恢复人体疲劳, 促进生长发育; 缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸是果实香气成分中甲基支链酯合成的前提物质, 在香气产生过程中大量累积, 对于黑蒜愉快气味的形成具有重要作用^[8]。在 17 中氨基酸中, 试验黑蒜中的天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、缬氨酸、赖氨酸的含量均明显高于市售黑蒜。由此可见, 试验黑蒜的氨基酸成分明显优于市售黑蒜。

2.7 不同黑蒜样品主要挥发性成分的比较

高温发酵大蒜可以使大蒜中的刺激性气味大大下降, 香味物质增加, 产生大量有益生物体健康的含硫化合物^[9], 在生物体内这些含硫化合物能有效抑制致癌物质亚硝胺类物质的合成, 抑制癌细胞的形成和生长, 同时可以降低血压, 抗衰老, 预防和治疗心脑血管疾病^[20]。试验黑蒜及三种市售黑蒜样品萃取液的 GC-MS 总离子流图见图 6。

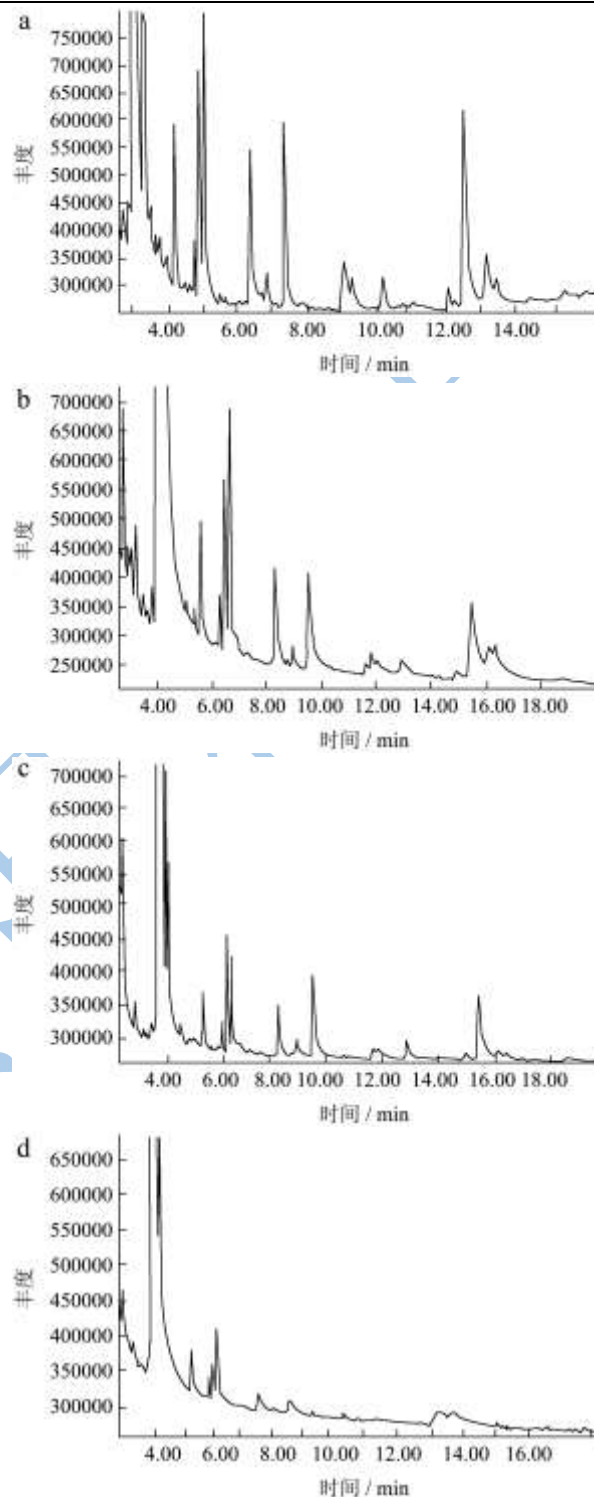


图 6 试验黑蒜(a), 样品 1(b), 样品 2(c)及样品 3(d) GC-MS 分析的总离子色谱图

Fig.6 Total ion chromatogram of the volatile constituents by GC-MS of FBG (a), sample 1 (b), sample 2 (c) and sample 3 (d)

由表 3 可知, 黑蒜中主要含硫挥发性物质主要有 1, 3-二噻烷、二乙基二硫醚、磺酰基二甲烷、噻吩、二烯丙基四硫醚、3-乙基-3, 4-二氢-1, 2-噻烷、N,

N-二甲基硫脲等。不同品牌黑蒜之间挥发性风味物质含量存在一定差异。噻吩、3-乙烯基-3,4-二氢-1,2-二噻烷、1,3-二噻烷对黑蒜总体风味也发挥着重要的修饰作用。将四种黑蒜含硫挥发性物质含量进行显著性

分析可知, 试验黑蒜与样品 1 间几乎无显著性差异, 与样品 2 和样品 3 差异显著, 且优于样品 2 和样品 3。由此可见, 试验黑蒜品质达到或优于市售黑蒜。

表 3 不同黑蒜样品主要挥发性成分的比较

Table 3 Comparison of main volatile compounds of different black garlics

序号	保留时间/min	名称	分子式	相对分子量	相对百分含量/%			
					试验黑蒜	样品 1	样品 2	样品 3
1	3.13	磺酰基二甲烷	C ₄ H ₁₀ O ₂ S	94.13	5.81 ^a	2.87 ^c	5.03 ^b	5.17 ^b
2	4.49	烯丙基甲基三硫醚	C ₄ H ₈ S ₃	152.30	1.79 ^a	1.77 ^a	1.57 ^b	1.33 ^c
3	5.64	二烯丙基二硫醚	C ₆ H ₁₀ S ₂	146.27	4.77 ^b	5.49 ^a	4.31 ^b	3.99 ^c
4	6.13	二乙基二硫醚	C ₄ H ₁₀ S ₂	122.25	7.09 ^b	8.33 ^a	6.36 ^c	6.11 ^c
5	6.89	3-乙烯基-3,4-二氢-1,2-二噻烷	C ₆ H ₈ S ₂	144.26	4.07 ^b	4.93 ^a	4.02 ^b	1.03 ^c
6	9.31	噻吩	C ₆ H ₁₂ S	116.22	17.23 ^a	17.17 ^a	17.13 ^a	16.47 ^b
7	9.85	二甲基三硫醚	C ₂ H ₆ S ₃	126.26	6.39 ^b	6.52 ^a	5.13 ^c	4.22 ^d
8	10.18	1,3-二噻烷	C ₅ H ₁₀ S ₂	134.26	12.79 ^a	11.29 ^b	11.44 ^b	9.37 ^c
9	10.31	乙烯基甲醚	C ₃ H ₆ O	58.08	1.63 ^b	1.83 ^a	1.63 ^b	1.47 ^c
10	12.21	二烯丙基四硫醚	C ₆ H ₁₀ S ₄	210.40	9.73 ^a	8.39 ^b	9.17 ^a	4.62 ^c
11	14.93	3-乙烯基-3,4-二氢-1,2-二噻烷	C ₆ H ₈ S ₂	144.26	12.47 ^a	12.49 ^a	12.47 ^a	10.33 ^b
12	15.42	N,N-二甲基硫脲	C ₃ H ₈ N ₂ S	104.17	8.81 ^a	8.37 ^b	7.49 ^c	2.33 ^d

2.8 不同黑蒜样品感官品质比较

由表 4 可知, 试验黑蒜优于其它三种黑蒜。在色泽方面, 试验黑蒜与样品 2 和 3 无显著差异, 但明显优于样品 1; 在干爽度方面, 试验黑蒜与样品 1 和样品 3 间无明显差异; 在质地方面试验黑蒜同样品 2 和

样品 3 无明显差异, 明显优于样品 2, 这之前对样品的硬度、弹性、咀嚼性测定结果一致; 在气味方面试验黑蒜与样品 1 和样品 2 间无明显差异, 明显高于样品 3; 在口感方面试验黑蒜与样品 3 无明显差异, 但明显优于样品 1 和样品 2。综合比较, 试验黑蒜感官品质明显优于市售产品。

表 4 不同黑蒜样品感官品质比较

Table 4 Comparison of sensory quality of different black garlics

样品	色泽	干爽度	质地	气味	口感	总分
试验黑蒜	17.0±1.70 ^a	11.8±2.31 ^b	16.2±4.33 ^a	13.8±0.09 ^{ab}	13.6±2.11 ^a	72.4±1.41 ^a
样品 1	12.4±0.87 ^b	12±0.91 ^b	12.4±0.51 ^b	14.6±2.14 ^a	9.6±0.71 ^b	61±2.13 ^c
样品 2	16.2±2.30 ^a	14.8±0.66 ^a	16.2±0.17 ^a	11.8±1.22 ^{bc}	10±0.43 ^b	69±1.02 ^b
样品 3	17±1.10 ^a	10.8±2.67 ^b	17±0.11 ^a	10.6±0.09 ^c	13.4±1.17 ^a	68.8±1.32 ^b

3 讨论

本试验证实, -18℃冷冻预处理结合变温发酵 15 d 制得黑蒜的品质达到或优于市售黑蒜的品质。低温冷冻处理可以更好的破坏大蒜组织细胞内部结构, 增加大蒜细胞膜透性, 使其内溶物流出, 打破了酶、褐变底物和氧气的区域化分布, 使其充分接触, 导致酶促褐变加快, 并为非酶褐变储备大量的褐变底物, 加快升温之后的非酶褐变反应进程, 缩短反应时间。由于冷冻预处理加快了褐变的反映进程, 还原糖和总酚的含量大量累积, 不但有利于黑蒜黑色素的形成, 使其具有清甜的口感, 而且也大大的提高黑蒜的营养成分

和功能成分。

黑蒜的硬度、弹性、咀嚼性均与含水量有关。样品 3 的含水量高于试验黑蒜, 导致样品 3 的质地与试验黑蒜相比略差一些。试验黑蒜发酵过程中风味物质大量产生, 这与氨基酸和含硫化合物的生成有关。较高的缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸含量有利于黑蒜香气成分中甲基支链酯前提物质的合成, 累积较高的香气成分^[18]。大蒜在发酵过程中主要的含硫化合物, 如蒜氨酸(S-烯丙基-L-半胱氨酸亚砷)、脱氧蒜氨酸(S-烯丙基-L-半胱氨酸)、二甲基二硫醚和甲基-2-丙基二硫醚, 含量大大减少, 转化为部分带有香气的含硫化合物, 如噻吩、3-乙烯基-3,4-二氢-1,2-二噻烷、1,3-

二噻烷。这是由于高温发酵过程中,烯丙基硫醚类含硫化合物可能发生了不稳定的键断裂,导致烷硫基和丙烯基自由基的形成^[21]。所以发酵之后的大蒜大大降低了刺激性气味,香气成分含量升高,使黑蒜的滋味和气味得到了很大程度的改善。这与张中义的研究结果一致。同时,在生物体内这些硫化物能有效抑制亚硝胺类物质等致癌物的合成,抑制癌细胞的形成和生长,同时可降低血压,抗衰老,预防和治疗心脑血管疾病^[19]。

通过不同黑蒜样品之间感观和理化指标比较可以看出,新工艺制得试验黑蒜的感官特性、营养和功能特性均达到或优于市售黑蒜的质量标准。本试验黑蒜发酵工艺不仅实现了发酵周期的缩短,而且保证了黑蒜成品的品质。

4 结论

本文首次采用了-18℃低温冷冻预处理结合15d变温发酵新工艺制得黑蒜。通过与三种传统工艺发酵黑蒜的感官和营养品质的对比表明,试验黑蒜的感官特性、营养和功能特性均达到或优于市售黑蒜的质量标准,且发酵时间15d明显低于传统方式发酵时间。由此可见,-18℃低温冷冻预处理结合15d变温发酵新工艺不仅实现了黑蒜发酵周期的缩短,而且保证了黑蒜成品的质量品质,具有可行性。

参考文献

- [1] 安东.黑蒜加工工艺的研究[D].山东泰安:山东农业大学,2011:6-8
AN Dong. Studies on the processing technology of black garlic [D]. Shandong Taian: Shandong Agriculture University, 2011: 6-8
- [2] 祝炳俏,吴海歌,刘媛媛,等.黑蒜抗氧化活性研究[J].食品研究与开发,2008,29(10):56-61
ZHU Bing-qiao, WU Hai-ge, LIU Yuan-yuan, et al. The antioxidation of black garlic [J]. Food research and development, 2008, 29(10): 56-61
- [3] Sato E, Kohno M, Hamano H, et al. Increased antioxidative potency of garlic by spontaneous short-term fermentation [J]. Plant Foods Hum Nutr, 2006, 61(4): 157-160
- [4] Lee Y M, Gweon O C, Seo Y J, et al. Antioxidant effect of garlic and aged black garlic in animal model of type 2 diabetes mellitus [J]. Nutrition research and practice, 2009, 3(2): 156-161
- [5] Nagatoshi Ide, Benjaimin H S Lau, Kenjiro Ryu, et al. Antioxidant effects of fructosyl arginine, a Maillard reaction

- product in aged garlic extract [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(1): 80-86
- [6] Purev U, Chung M J, Oh D H. Individual differences on immunostimulatory activity of raw and black garlic extract in human primary immune cells [J]. Immunopharmacology and immunotoxicology, 2012, 34(4): 651-660
- [7] Jung Y M, Lee S H, Lee D S, et al. Fermented garlic protects diabetic, obese mice when fed a high-fat diet by antioxidant effects [J]. Nutrition Research, 2011, 31(5): 387-396
- [8] 罗仓学,苏东霞,陈树雨,等.液态黑蒜发酵工艺优化[J].农业工程学报,2013,29(18):292-297
LUO Cang-xue, SU Dong-xia, CHEN Shu-yu. Optimization of liquid-fermentation technology for black garlic [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(18): 292-297
- [9] 高雪,杨绍兰,王然,等.近冰温贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J].中国食品学报,2013,13(8):140-146
GAO Xue, YANG Shao-lan, WANG Ran, et al. Effect of near freezing point on preservation of fresh-cut broccoli [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(8): 140-146
- [10] 蔡君,谭群,晏家瑛,等.不同提取工艺下蜂胶醇提物的 GC-MS 分析[J].现代食品科技,2010,26(5):544-550
CAI Jun, TAN Qun, YAN Jia-ying, et al. GC-MS analysis of propolis ethanol extract with different methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(5): 544-550
- [11] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetable [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [12] Peschel W, Sánchez-Rabaneda F, Diekmann W, et al. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes [J]. Food Chemistry, 2006, 97(1): 137-150
- [13] 胡丽花,苏东海,苏东民,等.同时蒸馏萃取-气质联用分析馒头挥发性物质[J].安徽农业科学,2010,38(13):6964-6966
HU Li-hua, SU Dong-hai, SU Dong-min, et al. Analysis of the volatile in mantou with the simultaneous distillation-extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of Agricultural Science, 2010, 28(13): 6964-6966
- [14] 张中义,杨晓娟,张俊松,等.发酵黑蒜中挥发性物质的 GC-MS 分析[J].中国调味品,2012,7(37):74-76
ZHANG Zhong-yi, YANG Xiao-juan, ZHANG Jun-song, et al. Identification of volatile compounds in

- fermented black garlic by GC-MS [J]. *China Condiment*, 2012, 7(37): 74-76
- [15] 卢影,郑建仙.复合护色液对鲜切苹果的防褐变研究[J].现代食品科技,2009,25(9):1024-1028
- LU Ying, ZHENG Jian-xian. Antibrowning effects of a compound reagent on fresh-cut apples [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2009, 25(9): 1024-1028
- [16] Pu F, Ren X L, Zhang X P. Phenolic compounds and antioxidant activity in fruits of six *Diospyros kaki* genotypes [J]. *European Food Research and Technology*, 2013, 237(6): 923-932
- [17] 王猛,王敏,李环宇,等.海红果酚类物质种类及其抗氧化能力的研究[J].现代食品科技,2013,29(11):2633-2637
- WANG Meng, WANG Mian, LI Huan-yu. *Malus micromalus* makino polyphenols and its antioxidant [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(11): 2633-2637
- [18] 乜兰春,孙建设,邸葆.苹果果实香气产生过程中氨基酸和脂肪酸含量及一些相关酶活性的变化[J].植物生理与分子生物学学报.2005,31(6):663-667
- YE Lan-chun, SUN Jian-she, DI Bao. Changes in amino acid and fatty acid contents as well as activity of some related enzymes in apple fruit during aroma production [J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2005, 31(6): 663-667
- [19] Ho S E, Ide N, Lau B H S. S-allyl cysteine reduces oxidant load in cells involved in the atherogenic process [J]. *Phytomedicine*, 2001, 8(1): 39-46
- [20] Sharma O P, Bhat T K. DPPH antioxidant assay revisited [J]. *Food Chemistry*, 2009, 113(4): 1202-1205
- [21] Ying W, WenLi W, Bin W, et al. Component analysis of volatile oil of garlic from different districts and assay of allicin content [J]. *Chinese Food Science*, 2012, 1(1): 40-42, 50