

破碎大蒜发酵动态研究

朱 妞

(咸阳职业技术学院化工学院, 陕西 咸阳 712046)

摘要: 探讨了温度、湿度、料液比对破碎大蒜发酵过程的影响, 以蒜泥中可溶性糖含量、总酚含量、SOD活性为动态监测指标。研究表明, 温度和湿度均对破碎大蒜发酵过程有影响, 采用变温发酵, 黑蒜泥的质量比恒温发酵黑蒜泥的质量有很大的提高, 其中变温组合85-70℃条件下黑蒜泥质量较高。发酵室内的湿度对黑蒜的发酵也有影响, 研究发现控制发酵室内的湿度在65±5%范围内可使蒜泥在均匀的湿热环境中充分发酵, 获得较佳的品质。适量水分的添加(料液比为4:1)对于液态黑蒜发酵有促进作用, 所得黑蒜汁质量较高, 比较未发酵蒜泥, 总酚含量提高了4.98~5.67倍, SOD活性提高了10.41~11.23倍。黑蒜脱水温度控制在45~55℃之间, 黑蒜膏最终含水量为45~55%, 可以保持黑蒜产品中SOD活性几乎无损失且感官质量较高。研究结果为优化液态黑蒜发酵工艺和脱水发酵黑蒜都能提供理论依据。

关键词: 大蒜; 破碎; 动态检测; 液态发酵; 黑蒜膏

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 94047-(2017)02-046-07

黑蒜又名发酵黑蒜, 是一种热处理的大蒜^[1]。目前国际上惯用将黑蒜加工过程中有效的理化反应称为黑蒜发酵, 因此本文沿用黑蒜发酵这一叫法。经过发酵的黑蒜不仅去除了生大蒜的辛辣味和刺激性臭味^[2], 而且保留了生大蒜原有的营养成分和保健功能^[3], 据报道, 黑蒜与未发酵大蒜相比, 具有较强的抗氧化活性, 可以预防代谢性疾病和酒精性肝脏损伤^[4]。在国外已经被广泛应用在保健食品加工中。目前对于保健食品的加工越来越受到关注和重视, 因此对于发酵大蒜的研究具有重要的意义和市场。

现阶段国内黑蒜加工技术主要分3大类, 固态发酵、半固态和液态发酵^[5], 固态发酵被广泛应用, 半固态发酵与固态发酵相似, 区别在于将去皮蒜瓣破碎成蒜泥进行发酵, 液态发酵是将蒜泥和蒜粒为发酵基质, 适量添加水或大蒜油等进行发酵, 目前对半固态和液态发酵的相关研究报道较少。本研究主要对破碎大蒜发酵过程进行动态检测, 探讨了温度、湿度、料液比对破碎大蒜发酵过程的影响, 为优化液态黑蒜发酵工艺提供理论依据, 并对发酵后黑蒜汁脱水温度及含水量进一步进行研究, 旨在提高发酵黑蒜中有效活性物质的含量及改善产

品的感官质量, 为进一步研究具有强抗氧化活性的发酵大蒜提供了参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 市售新鲜紫皮大蒜(无破损, 无发芽, 产于山东金乡)。

1.1.2 试剂 浓硫酸, 三(羟甲基)氨基甲烷, 邻苯三酚, 没食子酸, 无水碳酸钠, 葡萄糖, 三氯乙酸, Folin-Ciocalteu试剂等, 以上皆为分析纯。

1.1.3 仪器设备 722型可见分光光度计(上海金科); 600B电子天平(常熟市天量仪器有限责任公司); 800电动离心机(上海浦东物理光学仪器厂); 101-2型电热鼓风干燥箱(北京科伟永兴仪器有限公司); CM-5色差计(日本科尼卡美能达); 榨汁机(广东美的生活电器制造有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程 选取新鲜大蒜→原料预处理→装袋→发酵箱中发酵→去袋脱水→黑蒜产品

1.3 试验设计

1.3.1 温度对破碎大蒜发酵的影响

1) 恒温发酵对破碎大蒜发酵的影响

收稿日期: 2017-03-15

作者简介: 朱妞(1983—), 女, 湖南邵阳人, 助教, 研究方向: 功能高分子材料合成、改性、机理及应用。

对发酵温度在破碎大蒜发酵过程的影响进行系统研究。将紫皮蒜泥包装密封后,分别在65、70、80、85、90℃5个发酵温度下发酵15~45d。在发酵期间每隔5天测定蒜泥中质量指标(可溶性糖含量、总酚含量、SOD活性)的变化情况,确定破碎大蒜发酵的时间范围,探讨不同温度对大蒜黑变过程的影响。

2) 变温发酵对破碎大蒜发酵的影响

基于恒温发酵试验的前提下,将紫皮蒜泥包装密封后,分别在发酵前期高温(80℃和85℃),后期低温(65℃和70℃)的变温组合中发酵,其组合方式为80-65、80-70、85-65、85-70℃,发酵前期时间设定为5~6d,发酵后期时间设定为12~20d。同样在发酵期间每隔5天测定蒜泥中质量指标的变化情况,探讨变温发酵对破碎大蒜发酵过程中的影响,同时优化发酵工艺参数。

1.3.2 湿度对破碎大蒜发酵过程的影响 将紫皮蒜泥包装后,在发酵室内进行变温发酵,选取的温度组合为85-70℃,前期时间为5d,后期时间为25d,控制发酵室湿度,湿度范围分别为:45±5%、65±5%、85±5%。在发酵期间每隔5天测定蒜泥中水分含量及质量指标的变化情况,探讨湿度对破碎大蒜发酵过程的影响。

1.3.3 不同料液比对液态大蒜发酵过程的影响 水是各种反应中的媒介(介质),适量水分添加到蒜泥中,增加大蒜泥中游离水的比例,便于大蒜发酵中相关反应物在游离水中充分反应^[6]。将紫皮蒜泥添加一定质量的水分制备成蒜汁,在前期预试验的基础上,选取料液比为4:1、2:1和蒜泥,在发酵室内进行变温发酵,选取的温度组合为85-70℃,前期时间为5d,后期时间为25d,发酵期间每隔5天测定蒜泥中质量指标的变化情况,探讨加水量对破碎大蒜发酵的影响,同时优化液态黑蒜发酵工艺参数。

1.3.4 黑蒜脱水温度及水分含量对黑蒜膏的影响

将发酵后的黑蒜汁进行脱水,选取干燥温度45、50、55、60、65℃,脱水过程中定期测定其含水量和SOD活性变化,并对最终产品进行感官评价,探讨黑蒜汁脱水过程中脱水温度及水分含量对黑蒜膏质量的影响。

1.4 测定方法

1.4.1 黑蒜膏感官评价 随机选取10位人员对发酵黑蒜进行感官评价打分,以蒜泥口感、色泽、气味、可接受度、蒜泥质感5项为评定指标。按照不同评分级别及指标加权进行评分,如表1所示,评分标准及加权比例,最后取其均值^[7-8]。黑蒜膏感官评价标注见表1。

表1 黑蒜感官评价标准
Tab.1 Black garlic sensory quality standard

口感 (权重 30%)	气味 (权重 30%)	可接受度 (权重 20%)	色泽 (权重 10%)	蒜肉质感 (权重 10%)	得分
微甜酸, 口感适宜	蒜香味醇厚	强	黑褐色, 色泽均一	柔软, 湿滑	80~100
微甜酸, 淡苦味	微蒜香味, 轻微 蒜臭味	较强	深褐色, 色泽较均一	较柔软, 微干涩, 轻微粘牙	60~80
无甜酸感, 淡苦味, 涩味	微蒜臭味	一般	红褐色, 色泽不均匀	发硬, 粘牙, 干涩	40~60
无甜酸感, 苦涩味 明显	蒜臭味明显	弱	浅褐色, 色泽不均匀	干涩, 无品尝感	< 40

1.4.1 含水量的测定 含水量的测定采用直接干燥法(热干燥法)^[9]

1.4.2 可溶性糖含量测定 可溶性糖含量按苯酚-硫酸比色法^[10]进行测定

1.4.3 总酚含量的测定 总酚含量采用福林-酚比色法^[11]

1.4.4 黑蒜抗氧化活性(SOD)测定 黑蒜抗氧化活性采用邻苯三酚自氧化法^[12-13]

1.5 数据处理

试验数据采用SPSS17.0进行统计分析,图中所采用的数据以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 温度对破碎大蒜发酵的影响

2.1.1 恒温发酵对破碎大蒜发酵的影响 蒜泥在一定温度、湿度条件下,自然发酵。持续湿热的发酵环境

使得蒜泥组织遭到破坏,细胞间相关酶与底物接触发生分解或聚合,其蛋白质降解成游离氨基酸和低分子肽链,多聚糖逐渐分解为单糖、多糖,使发酵黑蒜口感酸甜,蒜肉质地柔软;部分游离氨基酸与还原糖参与Maillard反应产生类黑素蛋白,使黑蒜产品色泽呈黑褐色;在高温条件下,蒜素转化成甜味很强的硫醇化合物,致使大蒜特有的辛辣味和刺激性蒜臭味消失。

在蒜泥恒温发酵过程中,动态监测其有效成分,如图1a所示,蒜泥中可溶性多糖在不同恒温发酵条件下,随着发酵时间的延长,蒜泥中可溶性多糖均持续下降,发酵后期其下降趋势减缓。另外发酵温度越低,蒜泥中可溶性低分子糖下降幅度减缓。蒜泥中多酚类物质的增加也是评价黑蒜品质优劣的重要指标,如图1b所示,在各个发酵温度下,蒜泥中总酚含量均高于未发酵蒜泥中总酚的含量,随着发酵时间的持续,蒜泥中总酚含量呈现先升高后降低的变化趋势,温度越高其升高或降低的趋势越明显,在较低温条件下(65℃左右)蒜泥中多酚类物质更容易积累。大蒜中富含SOD,蒜泥在发酵过程中SOD活性均呈现增长趋势,说明大蒜发酵过程中SOD活性均有提高,如图1c所示,在各个发酵温度下,蒜泥中SOD活性在发酵前期(10d内)均呈现持续增长,随后开始有下降的趋势,且发酵温度越高,下降趋势越明显。蒜泥发酵过程中SOD活性在适宜温度范围(85℃左右)内更容易积累。

综上所述,温度对黑蒜泥中有效成分变化均有影响,在发酵后期,蒜泥中总酚含量和SOD活性值均出现下降趋势,尤其是在较高的发酵温度下(80~90℃)条件下,这种趋势越明显。这为提高黑蒜中活性指标提供了一个突破口,为后续变温发酵提供理论依据。

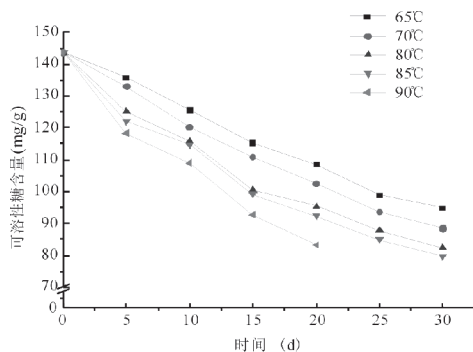


图1a.不同发酵温度条件下黑蒜泥中可溶性糖含量变化趋势

Fig.1a Changed trends of soluble sugar content under different fermentation temperature treatment for black garlic puree

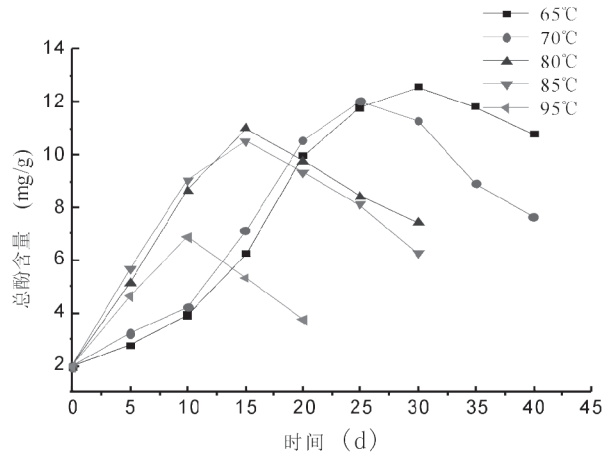


图2不同发酵温度条件下黑蒜泥中总酚含量变化趋势

Fig.2 Changed trends of total phenol content under different fermentation temperature treatment for black garlic puree

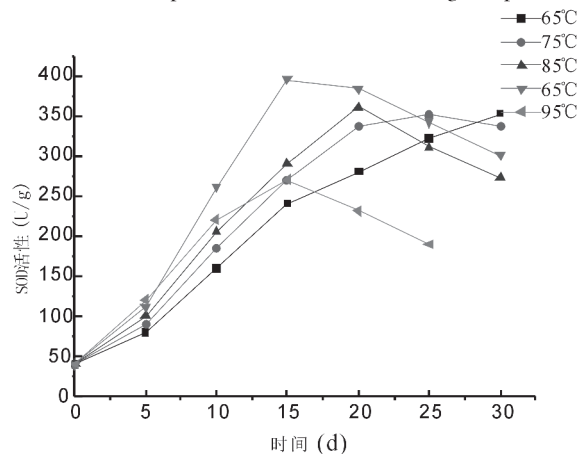


图1c.不同发酵温度条件下黑蒜泥中SOD活性变化趋势

Fig.1c Changed trends of SOD activity under different fermentation temperature treatment for black garlic puree

图1 不同发酵温度条件下黑蒜泥质量指标变化趋势

Fig.1 Changed trends of quality indicators under different fermentation temperature treatment for black garlic puree

2.1.2 变温发酵对破碎大蒜发酵的影响 在恒温发酵的基础上,对蒜泥进行变温发酵,动态监测其物料中可溶性糖含量、总酚含量、SOD活性变化,如图2a所示,蒜泥中可溶性糖含量在发酵期间呈现下降趋势,发酵前期阶段,其可溶性糖含量下降幅度较大,发酵后期采用低温发酵,其可溶性糖含量减少幅度降低,可达到黑蒜酸甜的口感要求,在不同发酵温度组合下,黑蒜中可溶性糖含量下降趋势比较接近;如图2b所示,在不同发酵温度组合下,黑蒜泥的总酚含量均大大提高,其中变温组合(85-70和80-70℃)条件下,黑蒜泥中总酚含量在发酵20d的时候达到最大值12.82 mg/g和12.52mg/g,比未发酵蒜泥中多酚类物质含量(2.43mg/g)提高约5倍左右,在发酵后期,其总酚含量出现下降趋势;如图

2c所示,不同发酵温度组合下,SOD活性都随时间变化出现先升高后下降的趋势,增长趋势类同恒温发酵,其中变温组合(85-70和85-65℃)条件下,黑蒜泥SOD活性值在发酵20d左右时达到最大值454.32U/g和465.53U/g,比未发酵大蒜泥中SOD活性值(40.42U/g)提高约10倍左右。

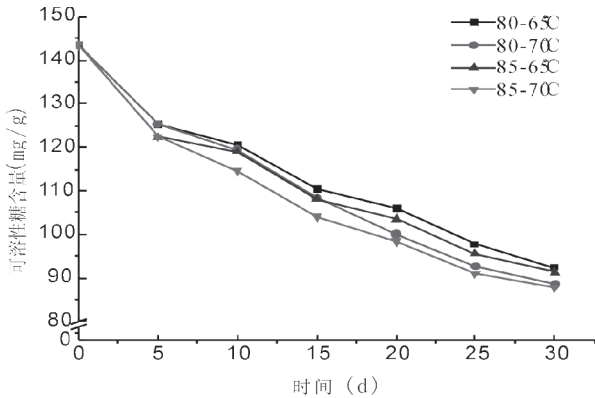


图2a不同发酵温度组合下黑蒜泥中可溶性糖含量变化趋势
Fig.2a Changed trends of soluble sugar content under different temperature combinations treatment for black garlic puree

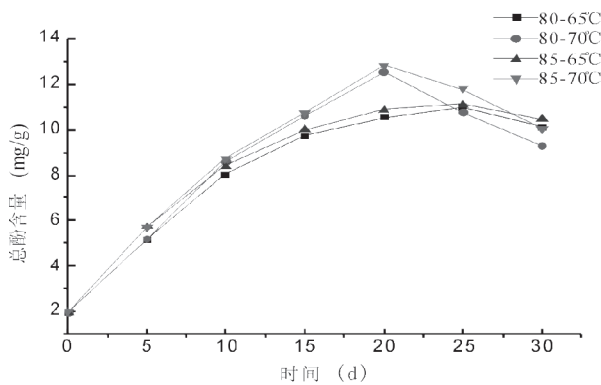


图2b不同发酵温度组合下黑蒜泥中总酚含量变化趋势
Fig.2b Changed trends of total phenolic content under different temperature combinations treatment for black garlic

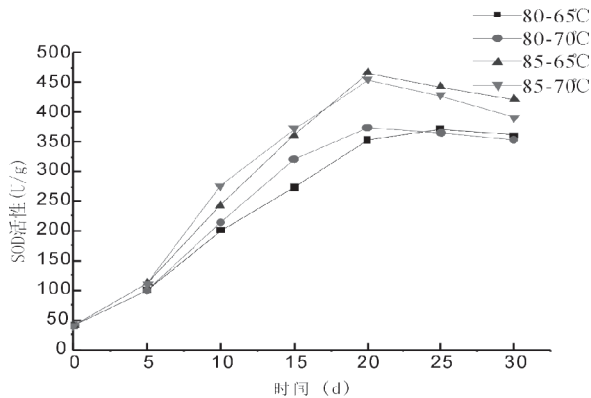


图2c不同发酵温度组合下黑蒜泥中SOD活性变化趋势
Fig.2c Changed trends of SOD activity under different temperature combinations treatment for black garlic puree
图2 不同发酵温度组合下黑蒜泥质量指标变化趋势
Fig.2 Changed trends of quality indicators under different temperature combinations treatment for black garlic puree

综上所述,采用变温组合发酵,黑蒜泥的质量比恒温发酵黑蒜泥的质量有很大的提高,发酵前期采用高温发酵可以使蒜泥组织破坏,相关底物充分结合,物化反应剧烈,高温阶段可以促进Maillard反应,形成大量黑色素^[16],后期低温发酵有利于活性物质的积累,其中变温组合85-70℃条件下黑蒜质量较高。

2.2 湿度对破碎大蒜发酵过程的影响

温度和湿度黑蒜发酵过程中两个重要因素^[17]。在发酵过程需要控制发酵室内的湿度范围,发酵湿度过高,黑蒜泥水分含量增大,组织过于软烂,相关活性成分得不到积累;湿度过低,其蒜泥含水量降低,不利于蒜泥中底物反应,后期发酵黑蒜泥发硬发粘,苦涩味严重,失去食用价值,同时不利于一些功能性成分的积累。在整个发酵过程中,控制其发酵室湿度,从而来控制蒜泥发酵过程中水分含量,如图3a所示,蒜泥中可溶性糖含量随着发酵时间的延长,均持续下降,湿度越大,蒜泥中可溶性糖含量下降趋势较缓慢,从而反映出蒜泥中水分含量对于大蒜可溶性糖含量有影响;如图3b所示,湿度控制在 $65 \pm 5\%$ 范围内可使大蒜总酚含量在20d时达到最大值12.82 mg/g,在较高的湿度条件下,总酚含量增长趋势比较缓慢;如图3c所示,在较高的湿度条件下,可以使大蒜泥SOD活性大大提高,湿度控制在 $65 \pm 5\%$ 和 $85 \pm 5\%$ 范围内在发酵20d左右时黑蒜SOD活性达到最大值454.32 U/g和434.89 U/g。

综上所述,控制适宜的发酵室内湿度,可有效提高黑蒜泥质量指标,其中湿度在 $65 \pm 5\%$ 范围下可以使黑蒜泥质量指标较高。

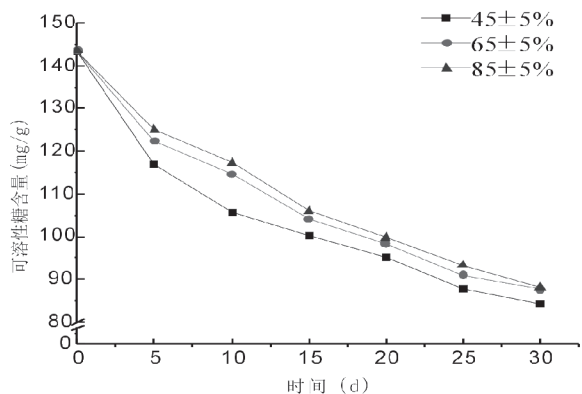


图3a 不同湿度条件下黑蒜泥中可溶性糖含量变化趋势
Fig.3a Changed trends of soluble sugar content under different humidity treatment for black garlic puree

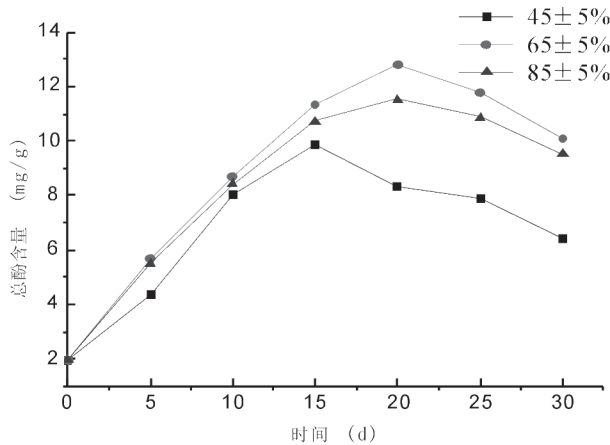


图3b 不同湿度条件下黑蒜泥中总酚含量变化趋势
Fig.3b Changed trends of total phenolic content under different humidity treatment for black garlic puree

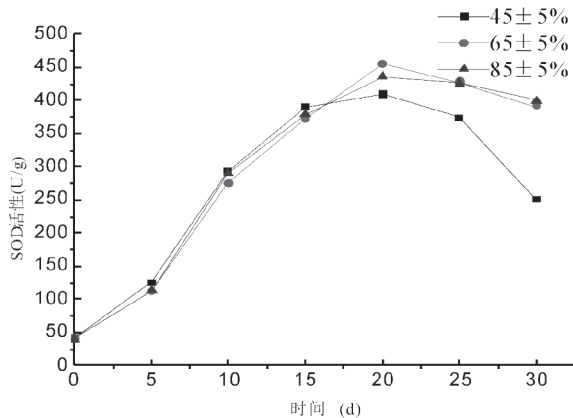


图3c 不同湿度条件下黑蒜泥中SOD活性变化趋势
Fig.3c Changed trends of SOD activity under different humidity treatment for black garlic puree

图3 不同湿度下黑蒜条件下蒜泥质量指标变化趋势
Fig.3 Changed trends of quality indicators under different humidity treatment for black garlic puree

2.3 不同料液比对液态大蒜发酵过程的影响

以水作为液态黑蒜发酵的外来添加物,旨在降低发酵成本的同时简化工艺。水是各种反应的媒介(介质),添加适量水分到蒜泥中,增加蒜泥中游离水的比例,便于大蒜发酵中相关反应物在游离水中充分反应。将紫皮蒜泥添加一定质量的水分制备成蒜汁,在前期预试验的基础上,选取料液比为4:1、2:1和蒜泥,进行变温发酵,动态监测其有效成分的变化,检测结果如图4a所示,蒜汁中可溶性糖含量均呈现下降趋势,随着料液比增大,其可溶性糖含量下降趋势较缓慢;如图4b所示,蒜泥和料液比为4:1的蒜汁中总酚含量在20d左右达到最大值12.82mg/g和12.91 mg/g,添加适量水分可以使黑蒜中总酚含量达到较高值;如图4c所示,料液比为

2:1的蒜汁在发酵25d左右时其SOD活性达到最大值489.22U/g,蒜泥和料液比为4:1的蒜汁中SOD活性在20d左右达到最大值454.32U/g和482.11U/g。综上所述,添加适量的水分有利于发酵黑蒜汁中有效成分的积累,同时缩短发酵工艺,其中料液比在4:1的黑蒜汁综合指标较高。

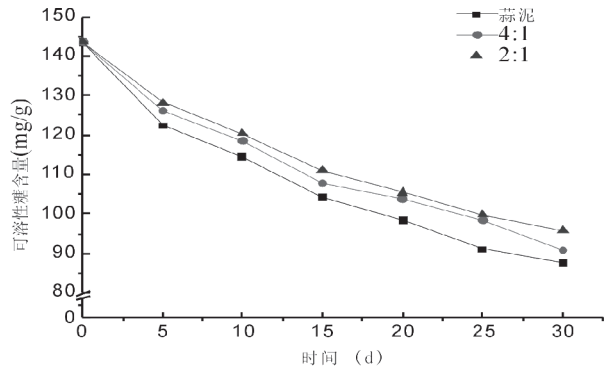


图4a 不同料液比下黑蒜汁可溶性糖含量变化趋势
Fig.4a Changed trends of soluble sugar content under different material to liquid ratio treatment for black garlic juice

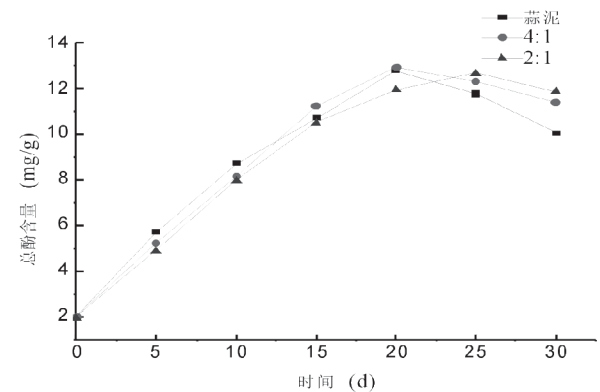


图4b 不同料液比下黑蒜汁总酚含量变化趋势
Fig.4b Changed trends of total phenolic content under different material to liquid ratio treatment for black garlic juice

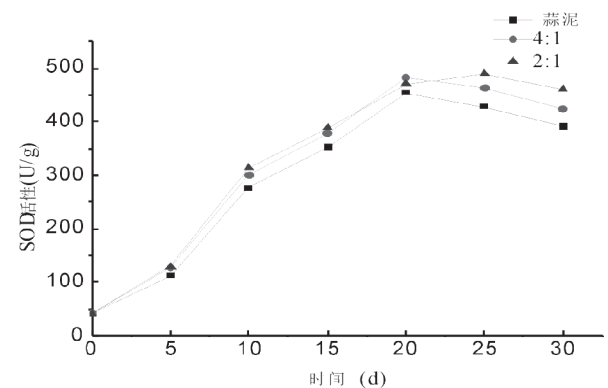


图4c 不同料液比下黑蒜汁SOD活性变化趋势
Fig.4c Changed trends of SOD activity under different material to liquid ratio treatment for black garlic juice

图4 不同料液比下黑蒜条件下蒜泥质量指标变化趋势
Fig.4 Changed trends of quality indicators under different material to liquid ratio treatment for black garlic juice

2.4 黑蒜脱水温度及含水量对黑蒜膏品质的影响

对于发酵好的黑蒜汁，其活性成分达到较高值，适量脱去一定水分后得到黑蒜膏。黑蒜膏中水分含量影响其组织状态和感官要求，通过对脱去一定量水分的黑蒜膏进行感官评价，结果如图5所示，黑蒜膏水分含量在40~60%之间黑蒜膏组织均匀，感官评价价值较高，黑蒜膏含水量在45~55%之间，其组织色泽均一，呈黑褐色，口感酸甜、细腻；黑蒜膏水分含量低于35%时，黑蒜组织发粘发硬，苦味明显，几乎无甜酸感；水分含量高于60%时黑蒜为流体状黑蒜汁。

目前对发酵黑蒜脱水过程中SOD活性稳定性的研究报道很少，黑蒜汁脱水时既要满足可食用价值，同时又要使其SOD活性具有较高的稳定值。测定黑蒜膏不同含水量时SOD活性值，结果如图6所示，在黑蒜膏不同含水量下，其SOD活性发生变化，黑蒜膏含水量在45%~70%之间，其SOD活性基本无变化，当水分含量低于45%时，SOD活性急剧下降，随后随着含水量的减少，其SOD活性逐渐降低。

对于脱水温度的选择，考虑到黑蒜中SOD活性稳定，据相关文献资料对于大蒜中SOD热稳定性范围在30℃~65℃之间^[18]，所以选取45℃、50℃、55℃、60℃、65℃、70℃这6个脱水温度进行研究，研究结果，如图7所示，脱水温度在45℃~55℃范围内，所得黑蒜膏SOD活性基本稳定，当脱水温度在60℃以上时，其SOD活性降低。综上所述，脱水温度控制在45℃~55℃之间，其含水量控制在45~55%，所得黑蒜膏中SOD活性几乎无损失并且感官评价价值较高。

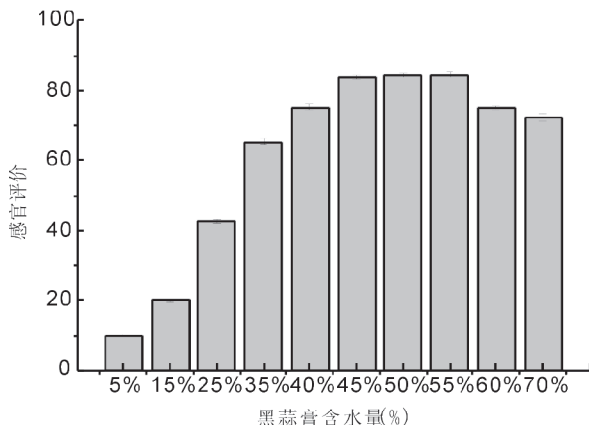


图5 不同含水量下黑蒜膏感官评价
Fig.5 Black garlic paste sensory evaluation under different water content

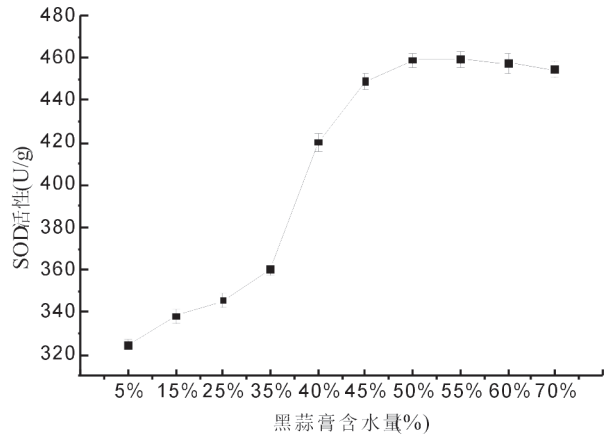


图6 不同含水量下黑蒜膏中SOD活性
Fig.6 Black garlic paste SOD activity under different water content

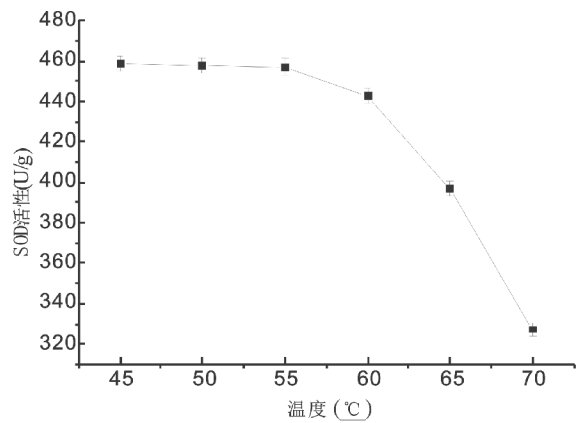


图7 不同脱水温度下黑蒜膏中SOD活性
Fig.7 Black garlic paste SOD activity in different dehydration temperature

结论

1) 对不同温度和湿度条件下紫皮蒜泥进行发酵及动态监测研究发现，温度和湿度对蒜泥发酵的影响很大，采用变温组合发酵蒜泥，黑蒜泥的质量比恒温发酵黑蒜泥的质量有很大的提高，其中变温组合85~70℃条件下黑蒜泥质量较高。湿度控制在65±5%范围内可使蒜泥在均匀的湿热环境中充分发酵。

2) 对于液态黑蒜发酵工艺的研究发现，适量水分的添加（料液比为4:1），使得液态黑蒜质量大大提高，比较未发酵蒜泥，总酚含量提高了4.98~5.67倍，SOD活性提高了10.41~11.23倍。黑蒜脱水温度控制在45~55℃之间，黑蒜膏最终含水量为45~55%，可以保持黑蒜产品中SOD活性几乎无损失且感官质量较高。

参考文献

- [1] Sang Eun Bae. A comparative study of the different analytical methods for analysis of S-allylcysteine in black garlic by HPLC[J]. Food Science and Technology, 2012, 46: 532~535.
- [2] 郭红珍, 马立芝. 生熟大蒜抑菌作用的研究[J]. 江苏农业科学, 2007, 04: 211-213.
- [3] 严常开, 曾繁典. 大蒜的主要化学成分及其药理作用研究进展[J]. 中国新药杂志, 2004, 08: 688-691.
- [4] Bianchini F, Vainio H. Allium vegetables and organosulfur compounds: do they help prevent cancer?[J]. Environ Health Perspect, 2001, 109(9): 893-902.
- [5] 熊新建, 卢建新, 李丹, 等. 任广跃. 黑蒜加工工艺及其应用[J]. 农产品加工(学刊), 2014, 11: 74-77.
- [6] 陈敏. 食品化学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 23-24.
- [7] 张水华, 孙君社, 薛毅. 食品感官鉴评[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1999: 115-117.
- [8] 罗仓学, 苏东霞, 陈树雨. 液态黑蒜发酵工艺优化[J]. 农业工程学报, 2013, 18: 292-297.
- [9] 王永华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010: 47-49.
- [10] 曹艳萍, 代宏哲, 曹炜, 等. Folin-Ciocalteu比色法测定红枣总酚[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1299-1299, 1302.
- [11] 李静, 聂继云, 李海飞, 等. Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. 果树学报, 2008, 25(1): 126-131.
- [12] 王金主, 杨丹, 徐军庆, 等. 大蒜中SOD含量的测定[J]. 山东食品发酵, 2011(1): 27-29.
- [13] 王志鑫, 孔维宝. 大蒜超氧化物歧化酶(SOD)的提取及分离纯化方法研究综述[J]. 甘肃农业科技, 2010, 10: 47-49.
- [14] 王文玲, 黄雪松, 曾莉莎. 大蒜多糖的研究综述[J]. 广州食品工业技, 2004, 04: 144-146+140.
- [15] 王卫东, 王滢, 王超, 等. 美拉德反应对大蒜营养成分和抗氧化性的影响[J]. 食品科技, 2013, 04: 42-44+48.
- [16] 安东. 黑蒜加工工艺的研究[D]. 山东农业大学, 2011.
- [17] 谷口至, 姜凤阳, 王晓非. 黑蒜及其发酵工艺和发酵装置[P]. 中国专利: CN101518319A. 2009-09-02.
- [18] 张晓燕, 郭海风. 大蒜加工对其SOD活性的影响[J]. 中国调味品, 2003, 11: 19-22.

[责任编辑、校对: 王军利]

Study on the Fermentation of Crushed Black Garlic by Dynamic Monitoring

ZHU Niu

(Chemical Institute, Xianyang Vocational & Technical College, Xianyang, Shaanxi 712000)

Abstract: The paper studied the crushed fermentation process of black garlic by dynamic monitoring. Soluble sugar content, total phenolic content and superoxide dismutase (SOD) were applied as dynamic monitoring indicators. The influencing factors temperature, humidity, material to liquid ratio, the black garlic dehydration temperature and moisture content were studied during fermentation process. The effect of constant temperature fermentation and oscillatory temperature fermentation on the fermentation process of crushed garlic was compared. Results showed that the quality of black mashed garlic with oscillatory temperature fermentation was improved greatly. 85-70 °C was a better combination. Study found that the quality index of the black mashed garlic could be improved by adjusting the appropriate humidity of the fermentation room. The black mashed garlic quality index was higher with 65 ± 5% humidity of the fermentation room. Both temperature and humidity had effect on the fermentation process of crushed garlic. The crushed garlic could be fully fermented with 85-70 °C combination and 65 ± 5% humidity of the fermentation room. Proper moisture level was conducive to the accumulation of active ingredients in black garlic and brief fermentation time. Water was a kind of exotic additives. The addition of water could reduce the cost and simplify the fermentation process. Proper amount of water (a material-to-liquid ratio of 4:1) can promote the fermentation of liquid black garlic. Thus the total phenol content increased by 4.98~5.67 times and the SOD activity increased by 10.41~11.23 times. The dehydration of fermented black garlic was also studied. The moisture content of fermented black garlic could finally affect the organizational state and sensory requirements. Study on the stability of SOD activity in the process of fermentation of black garlic was rarely reported. The edible value of the fermented black garlic should be kept and SOD activity must have higher stability after dehydration. The SOD activity of fermented black garlic remained substantially unchanged with moisture content between 45%~70%. The dehydration temperature was also an important factor affecting the SOD activity. Results showed that the SOD activity kept stable in the range of 45 °C~55 °C. The above research results provided a theoretical basis for the optimization of the fermentation process of liquid black garlic and dehydration of fermented black garlic.

Key words: garlic, crush, dynamic monitoring, liquid fermentation, black garlic paste