

绿色脱臭工艺在大蒜资源高值化利用中的应用研究

姜大勇¹, 王佩玉¹, 李晓静^{2*}, 解恒杰¹, 刘立文¹, 邵华伟¹

1. 山东省食品药品检验研究院, 产业技术基础公共服务平台, 山东济南

2. 山东省水利勘测设计院有限公司, 山东济南

摘要: 以大蒜资源高值化利用和环境友好型加工为目标, 本文对多种大蒜脱臭方法进行了比较研究, 包括醋酸脱臭法、碳酸钠脱臭法、茶叶脱臭法及复合脱臭液处理。结果表明, 采用复合脱臭液(含0.3%活性硅胶、0.5%硫酸锌、2%氯化钠和1%植酸溶液)浸泡大蒜5-7天, 可显著降低蒜臭气味, 且能有效保留其主要营养成分。在此基础上, 通过打浆和真空浓缩工艺, 制得了既具有较高营养价值, 又符合环境友好和便捷消费需求的无臭大蒜制品。本研究为农产品副产物的绿色加工与资源高效利用提供了实践参考, 对推动食品工业的清洁生产和可持续发展具有积极意义。

关键词: 大蒜; 绿色加工; 脱臭工艺; 资源高值化; 环境友好

Application of Green Deodorization Process in High-Value Utilization of Garlic Resources

Dayong Jiang, Peiyu Wang, Xiaojing Li, Hengjie Xie, Liwen Liu, Huawei Shao

1. Shandong Institute for Food and Drug Control, Industrial Public Technical Service Platform, Jinan, Shandong

2. Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy Co., LTD, Jinan, Shandong

Abstract: Aiming at high-value utilization of garlic resources and environmentally friendly processing, this paper conducted a comparative study on various garlic deodorization methods, including acetic acid deodorization method, sodium carbonate deodorization method, tea deodorization method and composite deodorization liquid treatment. The results showed that soaking garlic in a composite deodorization solution (containing 0.3% active silica gel, 0.5% zinc sulfate, 2% sodium chloride and 1% phytic acid solution) for 5-7 days could significantly reduce the odor of garlic and effectively retain its main nutrients. On this basis, through pulping and vacuum concentration processes, odorless garlic products that not only have high nutritional value, but also meet the needs of environmentally friendly and convenient consumption were prepared. This study provides practical reference for green processing of agricultural product by-products and efficient utilization of resources, and has positive significance for promoting clean production and sustainable development of the food industry.

Keywords: Garlic; Green processing; Deodorization process; High-value resource; Environmentally friendly

* 作者简介: 第一作者: 姜大勇(1982-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 食品科学与工程。通讯作者: 李晓静(1984-), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 环境科学。

1 引言

大蒜是百科一年生蔬菜，含有丰富的蛋白质、脂肪、糖类、氨基酸、矿物质和维生素等，多数成分对健康有益，具有抗菌、消炎、健胃、镇静止咳、祛痰等药物功效，对防治感冒、肠炎糖尿病以及某些金属中毒造成的职业病等均有一定的疗效[1-4]。但由于大蒜具有特殊的臭味及强烈的辛辣味，其利用受到极大限制[5-8]。

目前，国内外有很多大蒜制品问世，如：脱臭蒜粉[9]、大蒜精油[10]、大蒜饮料[11]、大蒜胶囊[12]、大蒜蜜[13]、脱水大蒜[14]等。大蒜脱臭及其有效成分的保持成为这些制品共同涉及的问题。因此，如何脱臭并有效利用宝贵的大蒜资源是近些年的研究热点。本研究采用醋酸脱臭、碳酸钠脱臭、茶叶脱臭和复合脱臭液脱臭四种方法对大蒜进行处理。通过对处理后的大蒜进行色泽、气味、滋味和外形等级的评价，对比得出大蒜脱臭的最佳方案和工艺条件。研究不同方法对大蒜进行脱臭的机理、方法、工艺参数，开发相应的营养食品。

2 材料与方法

2.1 材料

新鲜大蒜、茶叶，购于当地超市。

实验试剂：硅酸钠、氯化钠、冰乙酸、蔗糖、硫酸钠、七水合硫酸锌、无水碳酸钠、盐酸、乙醇、浓硝酸、碳酸氢钠（天津市河东区红岩试剂厂）；植酸（中国医药集团上海化学试剂公司）；氯化钡、甲基橙、硝酸银、氢氧化钠（广东西陇化工股份有限公司）；维生素C、柠檬酸、可溶性淀粉、琼脂粉、羧甲基纤维素钠、海藻酸钠均为市售食品级。

2.2 仪器与设备

仪表恒温水浴锅：双列四孔（上海硕光电子科技有限公司）；打浆机（广通达牌）；高速分散均质机（上海标本模型厂）；电子分析天平（湘仪牌）；高温灰化炉（广东海达仪器有限公司）；箱式电阻炉（沈阳市电炉厂）。

2.3 方法

2.3.1 工艺流程

根据相关文献报道[15]，本课题初步设计了脱除大蒜异味的工艺流程，如图1所示：

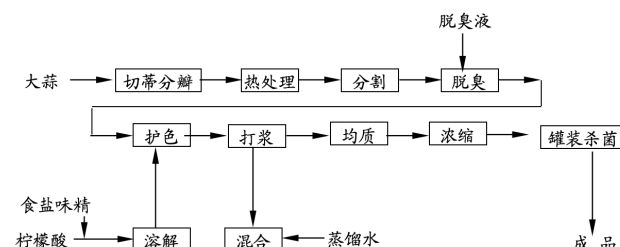


图1. 大蒜脱臭的工艺流程

2.3.2 操作要点

鲜蒜原料：要求鳞茎成熟，无外伤、虫蛀、霉烂、发热变质，蒜肉洁白；

热处理：1.5倍鲜蒜重量的水加热至沸腾，投入生蒜瓣，维持水温 95 °C 3 min，冷却漂洗2~3次，去掉内皮，沥干；

脱臭处理：分别采用醋酸脱臭法、碳酸钠脱臭法、茶叶脱臭法和脱臭液脱臭法对大蒜进行处理；

护色：采用不同的护色剂进行对比实验；

打浆：打浆破碎过程中适当加入一定酸液，以调整浆液的pH略显酸性，防止蒜酶钝化不彻底而引起部分蒜氨酸转化成具有强烈蒜臭味的大蒜素，同时大蒜素又可自发分解成烯丙基硫化物而部分挥发；

均质：稳定剂用水溶胀后，同上述的打浆物通过均质机混匀；

杀菌：蒜素的包络化合物在强酸高温条件下均易脱开，使具有强烈蒜臭味的蒜素及其烯丙基硫化物游离出来，从而影响脱臭效果。因此杀菌时温度要严格控制，杀菌条件为70 °C以下，30 min。

2.3.3 加热温度及时间对蒜头质量影响研究

选取鲜蒜原料若干，分成8份等量的样品，放入小烧杯中。然后四个烧杯一组，分成A、B两组。A组和B组分别加入95 °C和85 °C的热水对蒜头进行烫漂，不同烧杯热处理时间分别为1 min、2 min、3 min、4 min。将经过热处理的大蒜去皮，打浆，进行感官鉴定，

选出最理想的加热温度及时间。

2.3.4 醋酸脱臭法

将大蒜切片，加入6倍量28%的醋酸，浸泡10 h，捞出，入袋，用流动清水洗涤，沥干。

2.3.5 碳酸盐脱臭法

将去皮切片大蒜与1.5倍量的饱和碳酸钠溶液混合，于室温(25℃左右)下浸泡3天，捞出，入袋，用流动清水洗涤，沥干，与4.2%醋酸混合，于室温(25℃左右)下浸泡5天，过滤，水洗，沥干。

2.3.6 茶叶脱臭法

100 g去皮大蒜，清水中漂洗干净，加入水，95℃蒸煮30 min，舍弃蒸煮液，用凉水洗涤三次，每次1 min，经洗涤后的蒜瓣置于比重为1.2 kg/L 95℃的蔗糖—茶叶溶液中，保温2 h，去除处理残液，用凉水洗涤三次，每次1 min，然后将蒜瓣切成直径约为5-8 mm小块，经95%乙醇浸泡1 h后，去除乙醇浸提液，再用凉水洗涤三次，每次1 min，然后沥干。

2.3.7 脱臭液脱臭法

(1) 活化硅胶的制备

因购买的硅酸试剂为白色晶体，不溶于水，电解除活化效果和脱臭效果不理想，故本实验选用盐酸法自制硅酸溶胶。称取18.3 g的 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ，溶于热水中，将13 mL浓盐酸(含HCl为36.5%)缓慢倒入，生成大约5 g H_2SiO_3 (白色絮状沉淀物)，调整硅酸浓度约为10%。用烧杯作电解装置，内装自制硅酸，以锌板为阳极，碳棒为阴极电解1 min(电解液100 mL，电流2 A)得活化硅胶。

(2) 复合脱臭液的配方优化实验

通过一系列单因素实验考察了不同组分及其浓度对脱臭效果的影响。首先，在室温(25±1℃)条件下，评估了NaCl浓度(0%、2%、4%、6%)对浸泡液渗入大蒜的速率影响。在此基础上，比较了普通硅胶与活性硅胶在含0.5% ZnSO_4 和0.5%乙醇(pH=4.5)体系中的脱臭性能，结果显示活性硅胶效果更优。

为进一步提升脱臭效果，引入植酸作为抗氧化和螯合添加剂，并对其浓度(0%、0.1%、0.2%、0.5%、1%)进行了筛选。随后，在固定 ZnSO_4 (0.5%)、乙醇(0.5%)、NaCl(2%)和植酸(0.1%)的基础上，优化了活性硅胶的添加量(0.1%、0.3%、0.5%、0.7%)。又以0.3%活性硅胶、2% NaCl和0.1%植酸为体系，对 ZnSO_4 浓度(0.1%、0.3%、0.5%、0.7%)进行优化，以增强金属酶稳定性及营养成分保留。最后，在确定上述组分的基础上，对乙醇浓度(0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1%)进行了优化，以发挥其去除表面残留物及辅助脱臭的作用。

2.3.8 大蒜脱臭实验结果的评价指标

本研究的感官指标包括色泽、滋味、气味及组织形态四项。采用10分制，随机选取5位同学对九个试验结果按照表1-表4标准等级评定。同样随机选取5位同学对四个方面的权重独立地进行选取，总体为100%，写出4项各占的百分比。综合5位同学意见后采取色泽占20%，气味占30%，滋味口感占30%，外形占20%的权重分配进行综合评分，总分计算公式为：

总分=色泽×20%+气味×30%+滋味口感×30%+外形×20%

表1. 色泽评分等级标准表

颜色	评分
色洁白	9分以上
浅白色	7-9
浅黄白色	5-7
黄色	5分以下

表2. 气味评分等级标准

气味	评分
无蒜臭味，无异味	9分以上
蒜臭味较淡，无异味	7-9
蒜臭味较淡，有较淡异味	5-7
蒜臭味浓，有异味	5分以下

表3. 滋味评分等级标准

滋味	评分
无辣味，可口	9分以上
轻微辣味，口感一般	7-9
轻微辣味，口感较粗	5-7
有辣味，不爽口	5分以下

表4. 外形评分等级标准

外形	评分
色洁白，细腻均匀，流动性好	9分以上
色洁白，颗粒均匀，流动性较好	7-9
色浅白，颗粒较均匀，流动性一般	5-7
浅黄白色，颗粒较均匀，流动性较差	5分以下

2.3.9 大蒜中大蒜素的测定

取样品用组织捣碎机捣成糊状，准确称量 m_1 g，加入浓硝酸2.0 mL，用玻璃棒压磨至黄色，放置5 min，加入蒸馏水移至100.0 mL容量瓶内，定容混匀并过滤，弃去前段数mL滤液，取中段滤液 V_0 mL放入烧杯中，加甲基橙指示剂3滴，滴加10%NaOH溶液至黄色，再滴加10%HCl至红色，并多加1.0 mL，浓缩至 V_1 mL。将浓缩液加热至微沸，加入10.0 mL 5%BaCl₂溶液摇匀，90 °C保温2 h；将反应液用致密滤纸过滤，热水洗至无氯离子(用2%硝酸银溶液检验)。将沉淀连同滤纸放入已知质量的坩埚内，烘干并使滤纸炭化，放入高温炉内于600 °C灼烧2.5 h(至灰分变白)，取出冷却称重，根据硫酸钡重量 m_2 计算大蒜素的含量：

大蒜素(%) = $\frac{32.06 \times 162.264 m_2}{2 m_1 V_1 \times 233.39 \times 32.06}$

式中：32.06—硫的分子量，233.39—硫酸钡的分子量，162.264—大蒜素分子量 m_1 —样品的质量， m_2 —硫酸钡的质量。

2.3.10 护色剂的选择

在打浆前，分别选用0.1%Vc溶液、0.05%柠檬酸溶液、0.1%Vc+柠檬酸溶液、0.5%NaSO₄溶液和0.2%NaHCO₃溶液作为护色剂，将大蒜浸泡15.0 min，做对比实验。

2.3.11 浓缩

0.085 Mpa，40-50 °C加热，浓缩时间分别选取20.0 min，30.0 min，40.0 min，做对比试验。采用稳定剂可溶性淀粉、琼脂粉、羧甲基纤维素钠和海藻酸钠进行防沉淀预实验，分别加入同量稳定剂用水配成浓度为1%的溶液，静置1天观察稳定情况。选出凝胶作用最好的一种稳定剂，将其按不同浓度加入产品中，观察不同用量对产品稳定性的影响。

3 结果与分析

3.1 材料加热温度与时间对蒜头质量的影响

将大蒜经不同加热温度及时间处理后，打浆，感官鉴定结果如表5-表6。可以看出，采用85 °C加热制成的蒜浆刺激味较重；95 °C加热1-4 min蒜香味较浓，刺激味适当。因此，选取95 °C加热3 min为最佳加热温度与时间(蒜酶的最适作用条件为32 °C pH=6.4[16]，在95 °C下活力会大大下降)。

表5. 95°C加热时间对蒜头质量的影响

时间(min)	1	2	3	4
颜色	淡黄	淡黄	淡黄	淡黄
刺激味	—	—	+	+
蒜香味	++	++	++	++

表6. 85°C加热时间对蒜头质量的影响

时间(min)	1	2	3	4
颜色	乳白	偏绿	淡黄	乳白
刺激味	++	++++	+	+
蒜香味	—	—	—	+

注：“—”味淡 “+”味适中 “++”味较浓 “++++”味最浓

表7. 不同处理方法对蒜素含量以及脱臭效果的影响

处理方法	蒜臭味	感观	蒜素含量(%)
未脱臭	有，刺激	色白，有辣味和异味	0.503
醋酸脱臭法	无	色白，无辣味，稍有异味	0.159
碳酸盐脱臭法	轻微	色淡黄，无辣味，稍有异味	0.196
茶叶脱臭法	无	色黄，无辣味，无异味	0.259
脱臭液脱臭法	无	色白，无辣味，无异味	0.350

3.2 各种方法处理效果的比较

3.2.1 不同处理方法对蒜素含量以及脱臭效果的影响

如表7中结果所示：脱臭液浸泡的大蒜颜色鲜白，没有其它异味，且大蒜素的损失最少，可以有效保留大蒜中的活性成分，是一种比较理想的大蒜脱臭方法。醋酸脱臭效果相对也比较好，但由于醋酸具有强烈的刺激气味，因此漂洗困难，残留的气味不好闻；同时醋酸改变了大蒜的pH，会影响大蒜的天然风味和口感。碳酸钠浸泡的大蒜颜色稍有变黄，影响了大蒜的色泽，且浸泡时间长，大蒜不够新鲜。茶叶脱臭方法，其操作简便，费时少，经济合算，但处理后大蒜颜色不好，如何保证其颜色不发生太大变化，有待进一步研究。

3.2.2 不同处理方法后对结果的感官评价

感官评价采取5人评分，10分制，按照前面所述的方法进行打分，结果如表8，脱臭液脱臭法处理的大蒜从色泽、气味、滋味口感到外形得分均高于其它三种处理方法。

表8. 感官评价分析表

处理方法	色泽	气味	滋味口感	外形	总分
醋酸脱臭法	10.0	8.0	8.5	9.5	9.0
碳酸盐脱臭法	9.4	8.0	8.0	9.0	8.6
茶叶脱臭法	9.6	9.0	9.0	8.5	9.025
脱臭液脱臭法	10.0	9.0	9.0	9.5	9.375

注：总分=色泽×20%+气味×30%+滋味×30%+外形×20%

3.3 复合脱臭液的配方优化

表9. NaCl浓度与脱臭的关系

NaCl浓度(%)	蒜素含量(%)	蒜臭味	感官
0(对照)	0.33	有	色鲜白，有辣味
2	0.34	很轻	色鲜白，轻微辣味，无咸味
4	0.32	很轻	浅黄白色，无辣味和咸味
6	0.29	很轻	色浅白，轻微咸味，有异味

表10. 硅胶和活性硅胶吸附脱臭效果的比较

脱臭方法	蒜素含量(%)	蒜臭味	其它异味
硅胶吸附法	0.30	弱	无
活性硅胶吸附法	0.35	很轻	无

通过一系列单因素实验考察了不同组分及其浓度

对脱臭效果的影响，结果如表9-表14。在室温(25±1℃)条件下，NaCl浓度为2%时，脱臭效果最佳，颜色较好(表9)。在此基础上，比较了普通硅胶与活性硅胶在含0.5% ZnSO₄和0.5%乙醇(pH=4.5)体系中的脱臭性能，结果显示活性硅胶效果更优(表10)。

为进一步提升脱臭效果，引入植酸作为抗氧化和螯合添加剂，浓度筛选得出植酸添加量0.1%时，其蒜素含量最高，为0.38%，蒜臭味较弱(表11)。随后，在固定ZnSO₄(0.5%)、乙醇(0.5%)、NaCl(2%)和植酸(0.1%)的基础上，优化了活性硅胶的添加量，得出0.3%活性硅胶吸附后蒜素含量较高，蒜臭味几乎没有，颜色较好(表12)。然后以0.3%活性硅胶、2% NaCl和0.1%植酸为体系，对ZnSO₄浓度进行优化得出添加0.5% ZnSO₄脱臭后蒜素含量最高，蒜臭味几乎没有，颜色较好(表13)。最后，在确定上述组分的基础上，对乙醇浓度进行优化，从表14中的结果可以看出，添加0.6%的乙醇对于发挥其去除表面残留物及辅助脱臭的效果最佳。

表11. 植酸添加量的确定

实验号	植酸添加量(%)	蒜素含量(%)	蒜臭味	感官
1	0.1	0.38	弱	色白，稍有辣味，无异味
2	0.2	0.36	无	色白，稍有异味，无异味
3	0.5	0.35	无	色白，无辣味，无异味
4	1	0.33	无	色浅黄，无辣味，稍有异味

表12. 活性硅胶添加量的确定

实验号	活性硅胶(%)	蒜素含量(%)	蒜臭味	感官
1	0.1	0.38	弱	色浅黄，稍有辣味，无异味
2	0.3	0.36	无	色白，稍有异味，无异味
3	0.5	0.35	无	色白，无辣味，无异味
4	0.7	0.33	无	色白，无辣味，稍有异味
5	0.9	0.30	无	色白，无辣味，稍有异味

表13. ZnSO₄添加量的确定

实验号	ZnSO ₄ (%)	蒜素含量(%)	蒜臭味	感官
1	0.1	0.35	弱	色白，稍有辣味，无异味
2	0.3	0.36	很弱	色白，稍有异味，无异味
3	0.5	0.36	无	色白，无辣味，无异味
4	0.7	0.35	无	色白，无辣味，无异味
5	0.9	0.35	无	色白，无辣味，无异味

表14. 乙醇添加量的确定

实验号	乙醇(%)	蒜素含量(%)	蒜臭味	感官
1	0.2	0.35	弱	色浅黄, 稍有辣味, 无异味
2	0.4	0.35	很弱	色浅黄白, 稍有异味, 无异味
3	0.6	0.36	无	色白, 无辣味, 无异味
4	0.8	0.33	无	色白, 无辣味, 无异味
5	1	0.30	无	色白, 无辣味, 稍有异味

3.4 护色剂的确定

为防止大蒜中蒜氨酸的氧化损失, 打浆前, 分别选用了0.1%Vc溶液、0.05%柠檬酸溶液、0.1%Vc+柠檬酸溶液、0.5%NaSO₄溶液和0.2%NaHCO₃溶液作为护色剂, 将大蒜浸泡15.0 min, 对比颜色可以看出: 0.2%NaHCO₃溶液使蒜浆变浅黄白, 护色效果最佳。

表15. 护色剂的确定

处理方法	感官	护色效果
空白	变黄	——
0.1%Vc溶液	变黄	较差
0.05%柠檬酸溶液	变黄	较差
0.1%Vc+0.05%柠檬酸溶液	变浅黄	较差
0.5%Na ₂ SO ₄ 溶液	变浅黄	较好
0.2%NaHCO ₃ 溶液	变浅黄白	好

3.5 浓缩条件及稳定剂的确定

在常压下长时间浓缩易发生不良变化, 从而影响产品质量。真空浓缩法既可缩短浓缩时间, 又能较好地保持产品质量。因此, 我们采用真空浓缩法对大蒜浆液进行浓缩。从表16的对比实验结果可看到: 在同一大气压, 同一温度下, 30 min为最佳加热浓缩时长。

表16. 浓缩条件的确定

压力(MPa)	温度(℃)	加热时间(min)	感官
0.085	40—50	20.0	流动性好, 过稀
0.085	40—50	30.0	流动性好
0.085	40—50	40.0	流动性好, 过稠

表17. 不同稳定剂水溶液分层现象观察

稳定剂	配置浓度(%)	分层情况(静置24小时)
可溶性淀粉	1.0	分层明显
琼脂粉	1.0	分层明显
羧甲基纤维素钠	1.0	透明略有分层
海藻酸钠	1.0	无分层并形成凝胶

由于本产品有大量的蒜肉存在, 经观察在冰箱里放置3天后会发生沉淀, 因此, 必须考虑添加一定的稳定剂使产品粘度提高, 增加质感和适口感。由表17可看到, 海藻酸钠的凝胶作用最强, 其他均发生分层现象。海藻酸钠为水合力非常强的亲水性高分子, 溶于水能形成粘稠胶状液体[17]。海藻酸钠的添加量为0.2%、0.4%的样品17天后无分层, 继续放置30天后再观察, 结果如表18。由于在产品中添加海藻酸钠后, 它所提供的金属钠离子可以使金属酶更加稳定, 从而加强大蒜成分的营养价值。根据我国《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》(GB 2760-2014)的规定, 海藻酸钠作为增稠剂, 在罐头食品中的最大使用量为0.5 g/kg即0.5%[18], 根据表18结果, 选择0.4%的海藻酸钠作为稳定剂添加时, 得到的样品流动性好, 同时可以有效地防止产品分层。

表18. 不同海藻酸钠加入量对产品稳定性影响

产品中海藻酸钠的质量分数	产品稳定性的观察
0.2%	30天后仍无分层观察现象, 流动性较差
0.4%	30天后仍无分层观察现象, 流动性很好
0.6%	17天后表面有一小层浸出液(水分浸出液)
0.8%	17天后表面有一小层浸出液(水分浸出液)
1.0%	17天后表面有一小层浸出液(水分浸出液)
2.0%	17天后表面有一小层浸出液(水分浸出液)
3.0%	1天后局部呈絮状, 3天后分层显著

4 结论

本研究选取了四种较为经济和常见的方法, 经大量实验, 从中筛选出最优方法对新鲜大蒜进行脱臭。结果表明, 用酸和碱进行大蒜脱臭处理时, 对其大蒜素破坏较为严重, 且损失过多, 导致大蒜的营养和医

药价值大大降低。用茶叶进行脱臭处理时，虽然对大蒜的蒜臭味起到了很好的掩盖作用，但大蒜在茶叶中浸泡后，产生黄褐色的斑点，对大蒜制品的色泽产生了很大的影响，导致产品感官性不佳。而用脱臭液对大蒜进行脱臭处理后，无论是色泽的保持，还是对蒜臭味的吸附掩盖，都达到了较好的效果。另外，经本研究中优化的复合脱臭液浸泡过的大蒜，其大蒜素含量依旧较高，较好地保持了大蒜制品的营养和医药价值。优化的脱臭液最佳配方是：0.3% 活性硅胶，0.5% ZnSO_4 ，0.6% 乙醇，2% NaCl 和 0.1% 植酸。最后经过打浆、真空浓缩，制得既充分保留大蒜有效营养成分，又无蒜臭、方便食用的制品。

参考文献

- [1] Oosthuizen CB, Reid AM, Lall N. Garlic (*Allium sativum*) and Its Associated Molecules, as Medicine-Science Direct. Medicinal Plants for Holistic Health and Well-Being, 2018: 277-295.
- [2] Rauf A, Abu-Izneid T, Thiruvengadam M, et al. Garlic (*Allium sativum* L.): Its Chemistry, Nutritional Composition, Toxicity, and Anticancer Properties. Curr Top Med Chem. 2022, 22(11): 957-972. doi: 10.2174/1568026621666211105094939.
- [3] Mondal A, Banerjee S, Bose S, et al. Garlic constituents for cancer prevention and therapy: From phytochemistry to novel formulations. Pharmacol Res. 2022, 175: 105837.
- [4] Shang A, Cao SY, Xu XY, et al. Bioactive Compounds and Biological Functions of Garlic (*Allium sativum* L.). Foods. 2019, 8(7): 246. doi: 10.3390/foods8070246.
- [5] 杨柳, 陶宁萍. 大蒜脱臭方法的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 000(004): 360-364.
- [6] 张茜, 延佳酌, 文雁君, 等. 大蒜加工技术及应用研究进展[J]. 农畜产品加工学报, 2025(1).
- [7] 陈尚龙, 李超, 闫继德, 等. 大蒜脱臭工艺的研究[J]. 粮食流通技术, 2021, 29(023): 71-73.
- [8] 刘超超, 韦继颖, 王文涛, 等. 大蒜药理作用和除臭方法及机制研究进展[J]. 食品研究与开发, 2025, (6).
- [9] 田亚超, 袁超, 刘祎祯, 等. β -环糊精辅助制备脱臭速溶大蒜粉[J]. 中国调味品, 2021, 46(8): 4. doi: 10.3969/j.issn.1000-9973.2021.08.020.
- [10] 康明丽, 谷进军, 郭小磊. 大蒜精油-羧甲基纤维素钠复合涂膜提高草莓贮藏效果[J]. 农业工程学报, 2016, 32(14): 6. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.14.040.
- [11] 贯云娜, 吴昊, 杨绍兰, 等. 超声复合酶法提取大蒜多糖的工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, (1): 6. doi: 10.3969/j.issn.1003-5788.2014.01.050.
- [12] 于文联, 张建勇, 张锐. 大蒜胶囊对糖尿病大鼠肾脏TGF- β -1 表达影响及保护性研究[J]. 临床合理用药杂志, 2010, 003(005): 7-8. doi: 10.3969/j.issn.1674-3296.2010.05.004.
- [13] 衣海龙. 大蒜的脱臭方法及其脱臭大蒜蜜的工艺研究[J]. 新农村, 2020, 000(015): P.36-36.
- [14] 柴文福. 脱水大蒜的加工技术[J]. 中国果菜, 2000(4): 2. doi: CNKI:SUN:ZGGP.0.2000-04-018.
- [15] 张民, 王昌禄. 大蒜臭味的脱除及其检测方法[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(2): 3. doi: 10.3321/j.issn:0253-990X.2005.02.027.
- [16] 孙君社, 高孔荣. 蒜酶及其动力学研究[J]. 食品科学, 1995, 16(9): 3. doi: CNKI:SUN:SPKX.0.1995-09-003.
- [17] 鲁冬雪, 徐倩倩, 王稳航. 海藻酸钠凝胶机制及其在食品中的应用研究进展[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(10): 4. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2014.10.011.
- [18] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 食品安全国家标准食品添加剂使用标准: GB 2760-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

