

DOI:10.14188/j.ajsh.2020.01.005

我国大蒜资源深加工与产业化研究进展

侯进慧[†], 刘春雷[†]

(徐州工程学院 食品(生物)工程学院, 江苏 徐州 221018)

摘要: 大蒜是我国重要的食品资源, 种植时间较长, 是出口的主要农产品之一。近年来, 大蒜深加工技术日益被人们所重视, 其应用与产业化推动了当地社会经济建设, 也有利于助力精准扶贫和乡村振兴。本文结合相关文献, 论述大蒜的营养保健功能、综合利用, 我国大蒜资源的分布及其产能, 大蒜产品研发现状、深加工技术, 对大蒜市场发展和深加工产品开发进行了展望。

关键词: 大蒜; 食品资源; 农产品加工

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-3491(2020)01-0036-07

Research progress on deep processing and industrialization of garlic resources in China

HOU Jinghui[†], LIU Chunlei[†]

(School of Food (Biological) Engineering, Xuzhou University of Technology, Xuzhou 221018, JiangSu, China)

Abstract: Garlic is an important food resource in China, it has been planted for a long time in China and is one of the main agricultural products for export. In recent years, garlic deep processing technology has been given increasing attention. Its application and industrialization have promoted local social and economic construction, and it is also conducive to helping precision poverty alleviation and rural revitalization. This paper combines relevant literatures to discuss the nutritional and healthy functions of garlic, comprehensive utilization, the distribution of garlic resources in China and its production capacity, the status of garlic product research and development, deep processing technology and prospects for the development of garlic market and deep processing product development.

Key words: garlic; food resource; farmal product processing

0 引言

大蒜(*Allium sativum*)俗称蒜头, 又名胡蒜、独头蒜等, 主要的食用部分是其鳞茎^[1]。大蒜在分类上属于葱科(Alliaceae)葱属(*Allium*)^[2], 是一种浅根性多年生草本植物。亚洲西部和欧洲南部是大蒜的原产地, 大蒜早期主要在古罗马和地中海沿岸的部分国家进行种植^[3]。我国开始种植并食用大蒜始于

西汉时期, 大蒜由西域被引入中国陕西地区。大蒜在我国栽培面积大, 产量高。中国本土大蒜平均年产量现可达到900万吨^[4]以上, 占全球总产量的70%以上。大蒜是我国主要的农产品出口种类之一。大蒜种植地区主要以大蒜头和大蒜加工品获得经济收入, 为我国的经济做出了卓越贡献。随着农产品深加工技术的发展, 大蒜深加工技术日益被研究人员所重视, 其应用与产业化也推动了大蒜产地

收稿日期: 2019-10-09 修回日期: 2019-11-15 接受日期: 2019-12-03

作者简介: 侯进慧(1980-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为食品生物技术, E-mail: houjinhui0@126.com; 刘春雷(1996-), 男, 本科生, 研究方向为食品生物技术, E-mail: 15952397625@163.com。侯进慧、刘春雷对本文有同等贡献, 为本文共同第一作者。

基金项目: 江苏省第十五批“六大人才高峰”高层次人才项目(SWYY-230); 江苏高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师项目(02312062); 江苏省科技厅苏北科技专项科技富民强县项目(XZ-SZ201930); 江苏省高等学校大学生创新创业训练计划项目(20191119980112)

引用格式: 侯进慧, 刘春雷. 我国大蒜资源深加工与产业化研究进展[J]. 生物资源, 2020, 42(1): 36-42.

Hou J H, Liu C L. Research progress on deep processing and industrialization of garlic resources in China [J]. Biotic Resources, 2020, 42(1): 36-42.

的社会与经济发展,有利于助力精准扶贫和乡村振兴。

1 大蒜的营养与药用价值

1.1 大蒜的营养成分

近年来,随着大蒜的食疗作用日益被人们所重视,其营养价值与功效研究逐渐深入。俗话说:“大蒜上市,药店关门”,由此可见大蒜的食用和药用价值。大蒜含有硫化物、氨基酸、蛋白质、酶类、糖类、脂肪、维生素和苷类等多种营养物质。同时,大蒜还含有丰富的纤维素、黏液汁和无机离子,如钠、钾、钙、铁、硒、磷等。检测表明(表1)^[5]:每100 g新鲜大蒜鳞茎中含有蛋白质4.4 g,脂肪0.2 g,碳水化合物23 g,还有VB₁、VB₂、VB₅、VC和人体必需的8种氨基酸,其中精氨酸和赖氨酸的含量较高,并含有多种微量元素,如:锰,锌,铜等,特别是每100 g大蒜中微量元素硒含量高达0.08~0.30 mg,锗含量为73.4 mg,被誉为一种难得的锗源。

相比与一般的植物性食品,大蒜中超氧化物歧化酶(SOD)的含量较高,它属于Cu-Zn-SOD型,相对分子质量32 000,最大吸收峰在265 nm,具有较高的热稳定性。鲜蒜的SOD含量为173.3 μg/g,经贮藏后下降至115.5 μg/g^[5]。

表1 每100 g新鲜大蒜含有的成分^[5]

Table 1 Fresh garlic contains ingredients per 100 g^[5]

成分	含量	成分	含量
水分/g	70.0	蛋白质/g	4.4
碳水化合物/g	23.0	粗纤维/g	0.7
钾/mg	0.6	钙/mg	5.0
铁/mg	0.6	硒/mg	0.3
硫胺素/mg	0.24	核黄素/mg	0.03
抗坏血酸/mg	3.0	灰分/g	1.3
脂肪/g	0.2	大蒜精油/g	1.32
磷/mg	44.0	锗/mg	73.4
尼克酸/mg	0.9		

1.2 大蒜的药用价值

大蒜的药用价值研究与利用,已有几千年的历史。我国明朝李时珍所著的《本草纲目》中就有相关记录。科学实验已经充分证实,大蒜有抑菌,抗癌,降血脂,预防心脑血管疾病,调理肝脏等药用功效。药物化学研究表明^[6,7]:大蒜药用价值中的主要有效成分是一种硫化物——大蒜素(allicin)。大蒜素性质极其不稳定,经过挤压、高温加热或有机溶剂处理

时会快速转化为二烯丙基硫化物(diallylsulfide, DAS)、二烯丙基二硫化物(diallyl disulfide, DADS)、二烯丙基三硫化物(diallyl trisulfide, DATS)等硫化物(即大蒜挥发油)。这三种成分赋予大蒜抗氧化、抗肿瘤和抗感染作用,总量因大蒜产地不同而不同,但均超过90%。大蒜还有降血脂和抑制血小板聚集作用,可以对心脑血管起保护调节作用。大蒜的硫化物还有其他的药物作用,如:抗神经变性,2.5 mg/L DATS可使神经胶质细胞微管连接蛋白酶水平增加8倍^[6,7],为阐明大蒜抗神经变性提供分子生物学依据。

大蒜还能改善人体细胞的免疫功能,促进新陈代谢、能量转换和血液循环^[8]。大蒜中含有硒,而硒是谷胱甘肽过氧化物酶的主要成分,它有较强的抗氧化能力,对脑膜有很好的保护作用,并且对细胞免疫应答有较强的抑制作用,对恢复和重建艾滋病患者的免疫系统功能有很大的益处^[9]。大蒜也有补脑功能,人类大脑活动所需的能量是由葡萄糖引起的,但VB₁是葡萄糖所必需的。大蒜本身的VB₁含量并不是很高,但它可以与VB₁结合生成“蒜胺”从而增强VB₁对葡萄糖代谢途径的促进作用,提高葡萄糖转化效率。

2 我国大蒜资源情况

2.1 大蒜分类

我国国土面积广阔,生态环境丰富多样,各类物产资源丰富^[10]。经过长期的人工种植,我国大蒜资源形成了许多地区特有品种,如山东金乡大蒜、蔡家坡紫皮蒜、阿城大蒜等。通常按照鳞茎中蒜瓣的大小分为大瓣种和小瓣种,大瓣种通常有6个左右鳞芽,小瓣种又称狗牙蒜,蒜瓣大小不均匀、细长形,外皮不易剥落,辛辣味较淡,一般作青蒜栽培;按叶的质地和叶形分为硬叶蒜和软叶蒜、宽叶蒜和狭叶蒜;按鳞茎外皮色泽又可分为紫皮蒜和白皮蒜。有研究者把大蒜分成单层蒜衣和双层蒜衣两个变种^[11],后又将两个变种分成6个不同的品种。

2.2 大蒜的主产地、种植面积

我国是世界大蒜种植的第一大国,很多地区都有种植大蒜的传统。目前我国在北方和南方有两个大蒜产区。南方主产区在云南大理及周边地区,主要出产紫皮蒜和独头蒜两种类型;北方大蒜主产区在河南中牟,山东金乡和江苏邳州等地,以多头蒜为主。我国大蒜的主要产地有以大蒜之乡山东省济宁市金乡县为首及其周边城镇的山东种植区,江苏省邳州市、丰县、射阳县,河北永年县、大名县,广西壮

族自治区玉林市仁东镇,河南省的沈丘县冯营乡、中牟县的贺兵马村及开封东部等县区,上海嘉定,安徽亳州市、来安县,四川温江区、彭州市,云南大理、陕西兴平市及新疆等地。

2017年我国大蒜种植面积和产量分别占全球的51.98%和78.88%。北方主产区2019年种植面积合计537.14万亩,较2018年减少181.13万亩,降幅25.21%,处于近五年的次低点,仅高于2015年,低于其他年份。产量方面多数产区微增,质量明显优于去年。2018年入冬以来,蒜区整体天气良好,温度适宜、降水适中,大蒜长势良好,多数蒜区大蒜单产较2017年小幅增加。其中河南、邳州产区单产增加较为明显,亩产平均增加200~300斤,金乡老产区微增,金乡周边地区小幅增加200斤左右。2019年多数产区大蒜质量提高明显,明显优于2018年同期。2018年质量差距造成莱芜、邳州蒜价高,今年各产区质量差距较小,价格差距回归正常。

2.3 大蒜经济价值及出口贸易

目前中国是世界大蒜出口量最多的国家,2014—2019年近五年之间大蒜出口量总体呈现上升趋势^[12]。中国出口的大蒜多为冷藏或鲜大蒜、干大蒜、盐水大蒜和糖醋大蒜等原料性产品和大蒜初级加工产品。据世界粮农组织统计,2014—2017年,中国大蒜产量、出口量与出口额均稳定增长。2016年,大蒜出口总量为145.20万吨(占全球的81%),出口额达到20.60亿美元(占全球的90%)^[13]。2018年我国大蒜的出口量占全年总产量的35%以上。这些数据表明,中国大蒜的出口量及出口额均居于世界第一^[12-14]。中国大蒜在出口量、出口金额、单价上都呈现逐步上升趋势,发展势头强劲。

中国大蒜主要出口到东盟等亚洲国家^[15],2014—2019年大蒜平均年出口量约为119万吨。近年,冷藏大蒜和新鲜大蒜总体出口所占比例略有下降,干大蒜和大蒜脱水制品的出口比例仍在逐年上升,显示出我国大蒜产业进出口结构不断得到改善。

3 我国大蒜资源加工特性与深加工产业现状

3.1 大蒜资源的初级加工和综合利用

大蒜是我国传统的大众农产品资源,也是人们日常餐桌的调味料,种植面积广,产量大,大蒜已经连续几年成为我国出口额所占比例最大的一类农产品^[16,17]。由于新鲜大蒜有强烈的刺激性气味和明显的蒜臭味,限制了新鲜大蒜产品的开发。在初级加工利用方面,我国大蒜资源的产品形式主要有新鲜

大蒜、脱水大蒜、糖醋大蒜、大蒜片、大蒜粉、大蒜泥、大蒜汁等,也有部分企业将大蒜产品与食品加工生产技术结合生产出大蒜香肠、大蒜面包等即食食品^[18-21]。由于我国大蒜市场价格波动频繁,导致大蒜的初级加工产品无法带来稳定的经济效益,伤害了农民和相关加工企业的生产积极性,因此目前重中之重任务是做好大蒜的精细加工。

3.2 大蒜资源深加工技术和产业发展

虽然中国的大蒜占据全球大蒜产量的七成以上,但国内的大蒜生产却是以初级加工产品为主,精深加工产品过少,经济效益相对较低。近年来,国外大蒜制品及保健品品种达到数百种,新研发的一系列国外高品质的大蒜深加工品不断受到消费者的青睐,其产业发展呈现迅猛之势。有数据显示,英国大蒜素每年的平均需求量在6亿多片,德国的大蒜素销量也超越了之前热销的阿司匹林,美国每年大蒜制品需求已经超过600吨,每年销售额超过3亿美元^[22]。

据了解,大蒜深加工的毛利率在30%~45%,普通的加工出口环节的毛利率仅为10%。当前,美国等发达国家农产品产后值与自然产值的比例可以达到3.7:1.0,而我国这一比例仅仅是0.5:1.0。中国有几百家出口企业,只有为数不多的几家在从事大蒜深加工产品出口,大蒜深加工一直是短板。因此,我国大蒜精深加工产业有巨大的发展潜力。近几年国内外市场急需大蒜深加工产品,通过结合现代食品加工技术、生物发酵和提取技术,开发新的大蒜功能性食品、大蒜医药保健品等多种类型的产品,不断提高大蒜加工产业的经济效益。

3.3 大蒜资源的深加工产品

由于大蒜显著的营养价值和保健功能,发挥大蒜药理作用的加工产品也有不少种类。下面主要介绍常见的几类大蒜深加工制品,例如:脱臭蒜素保健饮料、大蒜油、大蒜多糖以及将大蒜与微生物发酵技术结合制成的部分产品。

3.3.1 脱臭蒜素保健饮料

在脱臭蒜素保健饮料加工中,从大蒜中分离提取营养保健成分,通过加热杀酶法、添加剂法、包埋法、选择溶剂控温法对大蒜进行脱臭处理,得到脱臭的蒜素原液^[23],然后对其进行真空乳化处理并与其他天然营养物质成分加工而成相应的饮品,可以起到增强人体免疫力的作用。从彦丽等^[24]通过加热杀酶法,实现大蒜的脱臭处理,将大蒜的脱臭蒜素原液与深层发酵的香菇结合制成了脱臭蒜素蘑菇饮料。

3.3.2 大蒜油

大蒜油是大蒜破碎后,其中的内源蒜氨酸酶对蒜氨酸发生酶促反应得到的一种透明琥珀色油状硫化物,它有大蒜的辛臭味,不溶于水,部分溶于乙醇。大蒜油具有抗菌、抗病毒、调节血糖、促进食欲、保护心脑血管健康等药理作用。大蒜油常用的提取方法有溶剂萃取法、水蒸汽蒸馏法、超临界萃取法及超声、微波辅助提取等。传统的溶剂萃取法或水蒸汽蒸馏虽然操作简单、成本低,但大都存在出油率低,风味、色泽差或溶剂残留等问题。超临界CO₂萃取是一种新型的萃取分离技术,与传统液体萃取相比较具有许多优点,主要体现在萃取效率高,无污染,耗能低。目前超临界CO₂萃取大蒜油的技术,已经取得突破,可以运用于工业化生产。萃取的压力和温度、CO₂流量、夹带剂的选择以及大蒜的粒度等会影响超临界CO₂萃取效率。有研究者^[25]通过探索超临界CO₂流体萃取大蒜精油的工艺,得出在41℃,萃取压力保持32 MPa,萃取时间96 min,大蒜油的提取率可达0.785%。具体工艺流程如下:大蒜→去皮→洗净→冻干→粉碎(70目过筛)→干燥→超临界CO₂流体萃取→大蒜油提取物。

研究人员通过改变酶促反应的条件,提高内源蒜氨酸酶活力,提高该酶对蒜氨酸的转化效率,而后采取超声辅助乙醇提取大蒜中的大蒜油,大蒜油的提取率可达0.449%^[26]。由于大蒜油强烈的辛辣味,不宜直接食用,因而多制成大蒜油软胶囊^[27],软胶囊有利于大蒜油的生理活性的保持和功效成分的稳定,同时也方便人们安全有效地食用大蒜油。此外,大蒜油也可直接应用于医药保健制剂和化妆品工业中,目前已经研发出大蒜素注射液、大蒜油气雾剂、大蒜素泡腾片等各类产品,大蒜油及其相关加工产品的市场前景十分广阔,有利于大蒜产业向着现代化方向发展^[28]。

3.3.3 大蒜多糖

大蒜多糖主要是果聚杂多糖,含有85%果糖、14%葡萄糖、1%半乳糖,它是大蒜重要的功能成分。研究显示大蒜多糖具有增强免疫力、抗病毒、抗氧化、促进矿物质吸收、预防肝损伤等作用^[28]。大蒜多糖易溶于水,不溶于乙醇,所以大蒜多糖的提取工艺多选择热水浸提、乙醇分级沉淀等方法。研究者通过热水浸提法从大蒜粉中提取大蒜多糖^[29],确定影响提取率的主要因素分别是温度、时间和料液比,得出在84℃、浸提时间206 min、料液比1:7的条件下,大蒜多糖的提取率可达66.60%。研究者利用纤维素酶解与热水浸提法结合提取大蒜多糖^[30],

该法显著提高了大蒜多糖提取率。有研究人员对水蒸汽蒸馏制备大蒜精油的废弃物中提取大蒜多糖^[28],实现了大蒜多糖的高效率提取,提取率可达86%。大蒜多糖性质不稳定,应加工制成软胶囊或丸剂以保持其生理活性。

3.3.4 发酵大蒜研究

研究者将牛奶与脱臭蒜素充分结合进行发酵生产^[31],开发出一种新型的酸奶制品——凝固型蒜素酸奶。将脱臭蒜素加入鲜牛奶中经发酵不但不会影响牛奶特有的风味,而且富含了一般酸奶所没有的蒜素,使营养功能大为提升,消费者能够很好的吸收大蒜特有的功能性物质和营养成分,同时也给乳品生产行业指明了新的发展方向。研究者利用乳酸菌复合发酵技术对大蒜进行发酵^[32],降低了大蒜产品的刺激性异味,改善了风味,增加其活性成分的含量,提高了大蒜销售的附加值。对大蒜发酵过程中微生物的变化研究显示^[32],细菌群落以发酵时所添加的三种乳酸菌为主,在发酵后期没检测到肠杆菌、不动杆菌、寡养单胞菌等其他菌群,只检测到三种乳酸菌和芽胞杆菌,且乳酸菌可以保持在较高水平。利用微生物发酵大蒜^[33],其结果是大蒜的SOD活性比未利用微生物发酵的大蒜的SOD活性高47.8%,达到207.74 U/g。这些实验数据为开发新型大蒜发酵产品提供了理论指导。

发酵黑蒜是目前大蒜产业化研究与开发的一个重要方面,它是新鲜采摘的大蒜在高湿高温的发酵柜中发酵后制备而成,在国内外市场上得到了大众的青睐。发酵过程将大蒜本身蛋白质转化成为人体必需的氨基酸,便于迅速吸收,可以增强人体免疫力、促进睡眠、消除疲劳,同时它也延长了大蒜产品产业链,因此黑蒜具有很大的经济价值。黑蒜既具有天然大蒜的营养成分与功能,又改善了口感,入口软弹香甜,并且没有新鲜大蒜的辛辣口感和蒜臭味^[18]。黑蒜作为一种新型高新技术的深加工制品,它所含有的独特功能成分和营养物质是大蒜油和大蒜粉等相关深加工产品无法代替的。同时,黑蒜可以与相关产品进行复合开发,其产品前景广阔。有研究者通过在不同温度及不同的前处理条件下对黑蒜发酵工艺进行研究^[19],通过监测黑蒜加工过程中相关物质含量的变化趋势,确定了最佳的加工工艺参数。实验研究结果表明,采用分段熟化加工工艺能够显著提高黑蒜产品的品质和感官,缩短黑蒜加工时间,降低企业生产成本,实验最佳前处理温度为45℃;熟化阶段从感官评价和生产角度出发,分别为70~80℃条件下持续恒湿加热120 h,然后在60~

70℃条件下恒湿加热200 h,最后降温至45℃,干燥100 h。研究人员将黑蒜与普通大蒜进行比较,结果显示^[20]前者的抗氧化活性明显提高,还原能力、羟基自由基的清除率分别是后者的10倍和3倍。研究者推测,这与黑蒜的总酚含量和美拉德反应产物的增加有相关性。有研究者^[21]对11个市售黑蒜进行了水分、还原糖、总酚、总酸、氨基态氮、褐变等指标进行了检测,确定了黑蒜产品的质量指标,即黑蒜产品的水分含量应在35%~45%、还原糖含量大于25%、总酚含量大于5 000 μg/g、总酸含量小于4%、褐变度大于70、氨基态氮含量大于2%。

3.3.5 大蒜酱研究

通过检索中华人民共和国知识产权局专利库,以“大蒜酱”为关键词,一共检索到3件专利,可见此领域研究成果并不多,开发大蒜精深加工系列酱制品,也是大蒜深加工的一个方向。目前国内的大蒜酱市场占有率小,利用正交试验优化大蒜除臭和风味富硒大蒜酱配方,获得嗜好性风味富硒大蒜酱产品^[34]。以黑蒜为原料研究黑蒜酱工艺流程及其产品配方,分析其品质变化规律,为黑蒜的加工应用提供技术支持,让黑蒜及相关的黑蒜制品能够更加广泛地普及到人们的日常生活中,进而为大蒜的深加工利用开辟新的途径^[35]。同时大蒜也可以和其他种类的泡菜结合,改变传统的泡菜制作工艺,研究人员^[36]把大蒜作为腌制泡菜的辅料,替代传统的高盐腌制泡菜的方式,加入适量大蒜不但可以起调味的作用,而且可以明显降低泡菜发酵过程中亚硝酸盐含量,有效抑制肠杆菌等杂菌的生长,促进乳酸菌的生长繁殖,改善发酵白菜的口味和品质。

4 展 望

我国大蒜产业蓬勃发展的同时也出现了一些问题:一是在生产环节,大蒜生产忽视大蒜质量,一味追求大蒜产量,市场上大蒜质量参差不齐,部分蒜农现在仍然沿用传统的大蒜种植技术和方法。二是加工环节,仍以技术含量较低的初级加工产品为主,精深加工产品少,大蒜素和大蒜油的生产尚未形成规模。三是市场方面,部分国家通过构筑绿色壁垒和技术壁垒来减轻本国农产品受到的冲击,严重制约了中国大蒜的出口。

虽然我国大蒜制品仍然主要集中在保鲜大蒜和干燥大蒜,深加工产品比例较小,但国内已有企业涉及高技术、高附加值的大蒜深加工技术和产品。大蒜多糖、大蒜油等大蒜深加工产品在国际市场上需求量大,国内相关的企业应加大这方面的投入,积极

研发新的提取工艺并不断完善,提高蒜油和蒜素的提取率,提高大蒜的经济效益,同时蒜素微胶囊需求量日益增加,也为大蒜深加工开辟一条新的路径。国内大蒜加工企业应开展微生物发酵大蒜的研究,相关产品可以提高大蒜销售的附加值,稳定大蒜的产品品质和销量,降低大蒜销售的损耗,提升产品档次^[32]。黑蒜作为大蒜的一种深加工产品,在感官方面和功能方面都优于大蒜,目前人们还没有系统地认识黑蒜品质的形成规律及其黑变机理,还没有深入地探究影响黑蒜功能的主要组分。因此,探究黑蒜良好风味的形成规律和影响黑蒜品质的特殊组分对提高大蒜的附加值和工厂的经济效益有科学的指导意义。同时应进一步加大对黑蒜制品的研究,开发新的黑蒜汁、黑蒜醋、黑蒜茶等一系列产品,抢占国内外市场。大蒜酱系列产品尚未形成具有品牌效应的产品,如果能够生产出高质量产品,其市场利润是非常诱人的,在国内外会有很强的竞争力,能有力推动本地区乃至全国有机系列大蒜酱生产的发展。相信将来大蒜产业必将会给国内的相关企业带来丰厚的经济效益。

参考文献

- [1] 陈沁宾. 葱蒜类精品蔬菜[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 2004: 59-62.
Chen Q B. Onion and garlic fine vegetables [M]. Nan-jing: Jiangsu Science and Technology Press, 2004: 59-62.
- [2] 侯进慧, 李同祥, 蔡文佳. 大蒜在葱科的分子分类地位研究[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2014, 29(4): 47-50.
Hou J H, Li T X, Cai W J. Molecular phylogeny analysis of *Allium sativum* in Alliaceae [J]. Journal of xuzhou Institute of Technology (Natural Sciences Edition), 2014, 29(4): 47-50.
- [3] 孙长颢. 营养与食品卫生学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2008: 65-66.
Sun C Q. Nutrition and food hygiene [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008: 65-66.
- [4] 王瑜, 邢效娟, 景浩. 大蒜含硫化合物及风味研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(10): 3092-3097.
Wang Y, Xing X J, Jing H. Advances in sulfur compounds and garlic flavor research [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2014, 5(10): 3092-3097.
- [5] 李福臣, 孙建霞, 刘洪富, 等. 大蒜的功能性质及开发[J]. 中国食物与营养, 2005, 11(4): 20-22.
Li F C, Sun J X, Liu H F, et al. Function nature and

- development of the garlic [J]. Chinese Journal of Food and Nutrition, 2005, 11(4): 20-22.
- [6] 王明霞. 大蒜的药用价值探悉[J]. 中国保健营养, 2017, 27(20): 190.
- Wang M X. Exploring the medicinal value of garlic [J]. Chinese Health Nutrition, 2017, 27(20): 190.
- [7] Lanzotti V. The analysis of onion and garlic [J]. J Chromatogr A, 2006, 1112(1-2): 3-22.
- [8] 马丽娜, 李峰杰, 陈坚, 等. 大蒜主要活性成分及药理作用研究进展[J]. 中国药理学通报, 2014, 30(6): 760-763.
- Ma L N, Li F J, Chen J, *et al.* Research advances in garlic's main active ingredients and their pharmacological effects [J]. Chinese Journal of Pharmacology, 2014, 30(6): 760-763.
- [9] 张小永, 李永霞. 大蒜的功能特性研究现状[J]. 南方农业, 2017, 11(17): 79-79, 81.
- Zhang X Y, Li Y X. Research status of functional characteristics of garlic [J]. South China Agriculture, 2017, 11(17): 79-79, 81.
- [10] 孙亚丽. 大蒜种质资源遗传多样性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- Sun Y L. Study on genetic diversity of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm resource [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2016.
- [11] 王善广, 张华云, 王超, 等. 大蒜品种资源及分类[J]. 保鲜与加工, 2002, 2(3): 35.
- Wang S G, Zhang H Y, Wang C, *et al.* Resources and classification of garlic varieties [J]. Preservation and Processing, 2002, 2(3): 35.
- [12] 马招弟, 丁天娇. 中国大蒜出口贸易现状研究[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(2): 64, 266.
- Ma Z D, Ding T J. Research on the status quo of Chinese garlic export trade [J]. Journal of Rural Economy and Technology, 2017, 28(2): 64, 266.
- [13] 杨宾宾, 宗义湘, 赵邦宏. 中国与“一带一路”沿线国家大蒜出口贸易的发展路径研究[J]. 北方园艺, 2019(9): 164-169.
- Yang B B, Zong Y X, Zhao B H. Research on the development path of garlic export trade between China and the countries along 'The belt and road' [J]. Northern Horticulture, 2019(9): 164-169.
- [14] 马龙传, 宁宁, 于许敬. 金乡县大蒜加工产业存在问题及发展建议[J]. 农业科技通讯, 2018(8): 36-38.
- Ma L C, Ning N, Yu X J. Problems and development suggestions of garlic processing industry in Jinxiang county [J]. Agricultural Science and Technology Communication, 2018(8): 36-38.
- [15] 张吉国. 中国大蒜出口态势与发展研究[J]. 农业经济问题, 2009, 30(9): 95-99.
- Zhang J G. Research on the situation and development of China's garlic export [J]. Agricultural Economic Issues, 2009, 30(9): 95-99.
- [16] 葛毅强, 倪元颖, 张振华, 等. 生姜、大蒜、洋葱3种传统香辛调味料的研究开发[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(7): 59-64.
- Ge Y Q, Ni Y Y, Zhang Z H, *et al.* Research and development of three traditional flavourings of ginger, garlic and onion [J]. Food and Fermentation Industry, 2003, 29(7): 59-64.
- [17] 李昌文. 大蒜综合利用及深加工技术[J]. 北方园艺, 2010(4): 188-189.
- Li C W. Study on comprehensive utilization and deep processing techniques of garilic [J]. Northern Horticulture, 2010(4): 188-189.
- [18] 雷逢超, 郝果, 朱黎, 等. 黑蒜的营养价值及保健作用的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13): 429-432.
- Lei F C, Hao G, Zhu L, *et al.* Research progress in the nutritional value and health effects of black garlic [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(13): 429-432.
- [19] 安东. 黑蒜加工工艺的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- An D. Studies on the processing technology of black garlic [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2011.
- [20] 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, 38(4): 42-44, 48.
- Wang W D, Wang Y, Wang C, *et al.* Effect of Maillard reaction on nutrients and antioxidant activities of garlic [J]. Food Science and Technology, 2013, 38(4): 42-44, 48.
- [21] 姜雪. 黑蒜质量标准研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- Jiang X. Study on quality standard of black garlic [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2016.
- [22] 王素玲, 陈明均. 建立健康发展长效机制破解大蒜价格蛛网魔咒[J]. 农产品加工, 2013(6): 10-12.
- Wang S L, Chen M J. Establishing a long-term mechanism for healthy development and cracking the price of garlic spiders [J]. Agricultural Products Processing Comprehensive, 2013(6): 10-12.
- [23] 张郁松, 窦金社, 李龙刚. 大蒜脱臭方法的研究[J]. 中国调味品, 2014, 39(9): 84-86.
- Zhang Y S, Dou J S, Li L G. Study on garlic deodorization method [J]. China Condiment, 2014, 39(9): 84-86.

- [24] 从彦丽, 魏金凤. 大蒜的食疗价值及其深加工制品的研制[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18(15): 146-147.
Cong Y L, Wei J F. The therapeutic value of garlic and the development of its deep processed products [J]. Science & Technology Information Development & Economy, 2008, 18(15): 146-147.
- [25] 郭晓宇. 响应面法优化超临界萃取大蒜油工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(22): 47-50.
Guo X Y. The optimization of supercritical extraction of garlic oil by response surface method [J]. Food Research and Development, 2015, 36(22): 47-50.
- [26] 张轩. 酶促超声提取大蒜中大蒜油及其抗氧化性能的研究[J]. 食品科技, 2019, 44(2): 239-244.
Zhang X. Ultrasonic-assisted enzymatic extraction and antioxidant activity of garlic oil from garlic [J]. Food Science and Technology, 2019, 44(2): 239-244.
- [27] 李素云, 李星科, 张华. 大蒜油微胶囊的制备及其储藏稳定性研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(2): 40-43.
Li S Y, Li X K, Zhang H. Study on preparation and storage stability of garlic oil microcapsules [J]. China Condiment, 2015, 40(2): 40-43.
- [28] 陈雄. 从制备大蒜精油的废弃物中提取大蒜多糖的研究[J]. 食品工业科技, 2007(1): 117-119.
Chen X. Study on extraction of garlic polysaccharide from waste from preparation of garlic oil [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007(1): 117-119.
- [29] 蒋秋燕, 乔旭光, 张振华. 影响大蒜多糖提取的因素及其条件优化(I)[J]. 中国食品学报, 2005, 5(4): 101-105.
Jiang Q Y, Qiao X G, Zhang Z H. Effect of extraction conditions on the yield of neutral polysaccharide from garlic (*Allium sativum* L) [J]. Chinese Journal of Food Science, 2005, 5(4): 101-105.
- [30] 李朝阳, 李珊, 刘魁, 等. 大蒜多糖的分离纯化及抗氧化性的研究[J]. 河北科技大学学报, 2007, 28(3): 243-246.
Li Z Y, Li S, Liu K, *et al.* Study on isolation purification and antioxidation of garlic polysaccharide [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2007, 28(3): 243-246.
- [31] 强亚丽, 张玲玲, 廖萍, 等. 凝固型蒜素酸奶的开发[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(6): 51-55.
Qiang Y L, Zhang L L, Liao P, *et al.* Development of the solidification type garlicin yogurt [J]. Food and Fermentation Technology, 2009, 45(6): 51-55.
- [32] 侯进慧, 李勇, 唐梦笛, 等. 乳酸菌复合发酵大蒜风味、活性成分和微生物种群变化分析[J]. 食品工业科技, 2017, 38(21): 92-95.
Hou J H, Li Y, Tang M D, *et al.* Analysis of the changes of flavor, active components and microbial population in fermentation of garlic by lactic acid bacteria [J]. Food Science and Technology, 2017, 38(21): 92-95.
- [33] 陆俊, 刘佳佳, 徐刚标, 等. 微生物发酵对大蒜风味及活性成分的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(8): 150-152.
Lu J, Liu J J, Xu G B, *et al.* Effects of microbial fermentation on flavor and active components content of garlic [J]. Food Science and Technology, 2008, 29(8): 150-152.
- [34] 李勇, 陈尚龙, 时培宁, 等. 风味富硒大蒜酱工艺研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(10): 97-100.
Li Y, Chen S L, Shi P N, *et al.* Research on the process of flavored selenium-rich garlic sauce [J]. Chinese Condiment, 2017, 42(10): 97-100.
- [35] 张丽丽. 黑蒜酱制作工艺及其抗氧化活性研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013.
Zhang L L. Study on preparation of black garlic jam and its antioxidant activity [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2013.
- [36] 高欣, 燕平梅, 白小军, 等. 不同大蒜浓度对发酵白菜品质的影响[J]. 中国调味品, 2009, 34(8): 64-67.
Gao X, Yan P M, Bai X J, *et al.* Study on the influence of concentration of garlic on the quality of fermenting cabbage in the fermentation [J]. Chinese Condiments, 2009, 34(8): 64-67.

□

(编辑: 杨晓翠)