

真空冷冻干燥技术在黄秋葵加工中的应用

张 婷, 何 强*

(四川大学轻纺与食品学院, 成都 610065)

摘 要: 黄秋葵富含碳水化合物、氨基酸、蛋白质、黄酮、维生素和多种矿物质元素, 具有很好的营养保健功能。新鲜的黄秋葵水分和多糖黏液含量较高, 极易褐变和腐烂变质。采用多种加工处理方式, 能够延长黄秋葵的食用期, 促进产品种类多样化。但是不当的加工方式会造成产品营养成分大量流失, 因此选用适当的加工处理方式尤为重要。而真空冷冻干燥技术对干燥过程中产品的色泽、风味和营养成分都有很好的保护作用, 能有效解决黄秋葵在加工过程中品质下降的问题。本文以真空冷冻干燥技术在秋葵干制、制备秋葵多糖、生产秋葵固体酸奶等方面的应用为基础, 综述了真空冷冻干燥技术在保证秋葵的使用价值, 促进黄秋葵产品多样化中的应用情况, 为秋葵产品的现代化生产提供参考。

关键词: 真空冷冻干燥技术; 秋葵; 秋葵多糖; 秋葵固体酸奶

Application of vacuum freeze-drying in the processing of okra

ZHANG Ting, HE Qiang*

(College of Light Industry and Food Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT: The okra is rich in various components such as carbohydrate, amino acids, protein, flavone, vitamins and multiple mineral elements, having good nutritional function. Fresh okra has high moisture content and polysaccharide mucus, which is easy to brown and rot. A variety of processing methods can be used to extend the edible period of the okra and promote diversification of product types. However, improper processing methods may cause a large amount of nutrient loss of the product. It is very important to select the proper processing method. The vacuum freeze-drying technology has a good protective effect on the color, flavor and nutrient composition of the products during the drying process, and can effectively solve the problem of quality decline in the processing of okra. Based on the applications of vacuum freeze-drying technology in the drying of okra, the preparation of okra polysaccharide and the production of okra solid yoghurt, this paper reviewed the applications of vacuum freeze-drying technology in ensuring the application value of okra and promoting the diversification of okra products, in order to provide references for the modern production of okra products.

KEY WORDS: vacuum freeze-drying; okra; okra polysaccharide; okra solid yogurt

1 引 言

黄秋葵, 又名补肾草、秋葵和羊角豆等, 原产于非洲东部, 为锦葵科秋葵属一年生草本植物^[1,2]。黄秋葵营养成

分丰富, 可供食用的嫩果部分充满黏液, 富含蛋白质、游离的氨基酸、多种维生素、多糖、黄酮类化合物以及钙、铁、锌等矿质元素^[3-5], 具有抗疲劳、保护胃黏膜、促进肠胃蠕动、抗氧化、延缓衰老的功能^[6-8]。但是, 供食用的黄

*通讯作者: 何强, 博士, 教授, 主要研究方向为农产品质量与安全。E-mail: heq361@163.com

*Corresponding author: HE Qiang, Ph.D, Professor, College of Light Industry and Food Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China. E-mail: heq361@163.com

秋葵嫩果在常温下的储藏期极短, 存放 2~3 d 后即出现变色、萎蔫、纤维老化等现象, 导致营养成分大量流失, 最终失去使用价值, 甚至对人体产生毒害作用^[9]。因此, 如何通过现代加工技术延长黄秋葵的食用期最大程度地保留营养成分, 成了近年来食品行业研究的热点, 也受到了社会各界广泛的关注。

目前得到广泛应用的黄秋葵加工技术主要有秋葵鲜果的速冻与气调保藏、秋葵的罐藏、秋葵籽油的生产、秋葵的干制和腌制等。干制作为秋葵加工的主要手段, 常见的有热风干燥、微波干燥、真空冷冻干燥等。其中, 真空冷冻干燥技术(vacuum freeze-drying)是将物料冻结到共晶点温度以下, 在低压状态下, 通过升华除去物料中水分的一种干燥方式^[10]。由于加工过程中温度低、环境为真空、氧化褐变发生概率小等特点, 有效地保障了食品原有的色泽和风味, 还能减少加工过程中蛋白质、维生素、类黄酮等热敏性物质的流失, 在高品质黄秋葵产品加工中得到了广泛的应用^[11]。

本文综述了真空冷冻干燥技术在秋葵嫩果干燥、粉末制备、多糖提取、产品多样化中的应用情况, 为秋葵产品的现代化生产提供理论依据。

2 真空冷冻干燥技术在秋葵嫩果干燥中的应用

目前市面上可见的黄秋葵干燥制品产品形式比较单一。国内对黄秋葵的研究还是主要集中在培育方式、种植条件、嫩果保鲜等方面^[12], 对其加工制品, 尤其是干制品的研究较少。

近年来有一些黄秋葵脆条产品出现, 但是这些产品大多采用热加工工艺: 热风干燥, 微波干燥等, 制得的干制品在色泽、风味和营养价值方面都有大量损失, 市场受众并不广泛^[13-15]。朱映华等^[14]研究了各种干燥方式下的黄秋葵脆果品质, 包括脆条的硬度、脆度、色泽、收缩率以及总黄酮、总酚和多糖含量。采用真空冷冻干燥的秋葵脆条无论是在感官特性还是营养价值方面都具有显著优势: (1) 干制品收缩率仅有 24% 左右, 明显低于红外干燥(77%)、热风干燥(82%), 产品维持良好的外观; 脆度为 380 g 左右, 硬度为 1256.6 g, 相比热风干燥、微波干燥产品硬度低、脆度高。(2) 干制品色泽良好, 冷冻干燥后的秋葵脆条亮度 L 值相比于其他干燥方式下的产品色泽氧化变暗的程度最低。(3) 干制品样品中多糖含量达 69.28 mg/g, 在所有干燥工艺下的秋葵脆条中多糖保留率最高。(4) 抗氧化成分损失较少。徐康等^[16]发现不同干燥方法获得的黄秋葵果实中黄酮、总酚含量均以冷冻干燥果实含量最高, V_c 含量与新鲜果实无显著性差异。因为真空冷冻干燥时加工的真空和低温环境抑制了多酚氧化酶的活性, 同时抑制了 V_c 的有氧氧化、减缓了无氧氧化, 减少了多酚和 V_c 的损失, 保证了干制黄秋葵脆条的抗氧化活性。

真空冷冻干燥秋葵脆条是在真空、低温、隔氧环境下将黄秋葵中的水分通过升华的方式脱除, 既不破坏组织结构, 也不降低果胶、膳食纤维等营养物质的含量, 还能最大程度地保护抗氧化成分 V_c 等不被氧化, 保证抗氧化活性^[14-16], 是一种营养价值极高的便捷式休闲食品, 具有广阔的市场开发前景。

3 真空冷冻干燥技术在秋葵粉末制备中的应用

黄秋葵营养物质极为丰富, 近年来, 越来越多的研究人员尝试将秋葵干燥粉碎制成秋葵袋泡茶和秋葵调味品^[17-19], 也有将秋葵粉添加到其他食品中, 制成具有特殊保健功能的食品, 如秋葵面包、秋葵面条、秋葵功能性饮料等^[20]。但秋葵中的营养物质极易氧化, 采用一般的干燥方式会造成这些功能性物质的大量流失, 所以秋葵粉的干燥工艺成为了研发这些新产品的关键步骤和要攻破的技术壁垒。

王莹等^[21]研究了真空冷冻干燥及热风干燥对黄秋葵超微粉品质的影响, 发现: (1) 真空冷冻干燥秋葵粉溶解度达到 20%~40%, 远高于热风干燥的秋葵粉末。(2) 真空冷冻干燥秋葵粉维生素和叶绿素含量分别达到 200 mg/100 g 和 1.5 mg/g, 同样的远高于热风干燥的秋葵粉末。(3) 真空冷冻干燥秋葵粉对 O_2^- 自由基和 DPPH 的清除能力最高可达 90% 和 80%, 显著高于热风干燥处理下的秋葵粉产品。

尽管以上特性会随着黄秋葵品质的不同呈现一定的差异, 但总体来看真空冷冻干燥技术在黄秋葵粉末的制备中能够保证产品较高的溶解度、维生素含量, 和较强的自由基清除能力, 在同类干燥技术中占有绝对的优势和发展潜力。

4 真空冷冻干燥技术在秋葵多糖提取中的应用

秋葵多糖是黄秋葵粘液的主要成分, 是一种高分子酸性多糖, 在秋葵果荚发育成熟过程中, 多糖随生长时间累积增加, 其含量在一般在 10.35%~16.89% 之间^[22]。研究发现黄秋葵多糖主要由鼠李糖和半乳糖组成, 另有少量的阿拉伯糖和甘露糖等; 在溶液中成三维螺旋立体结构, 分子间相互缠绕, 呈不规则团聚状, 为高分子黏性多糖^[23-25]。近年来, 秋葵多糖主要是作为载体和稳定剂广泛应用于医药和食品工业^[26], 具有改善面团品质、抗氧化、抗疲劳、降血脂、调节免疫力抑制肿瘤的作用^[26]。

秋葵多糖目前的提取方法有溶剂提取法、酶辅助法、微波辅助法和超声辅助法等^[27-32], 王建蕊^[33]的研究结果表明在黄秋葵多糖的提取中, 超声波辅助提取法的效果要优于其他方法, 多糖的得率更高。真空冷冻干燥技术可用于辅助提取秋葵多糖, 低压的环境使得秋葵多糖有更强的复水性, 同时能保护多糖不被氧化分解, 保证秋葵多糖的产品品质^[34-36]。陈洁等^[35]将采用上述方法提取的秋葵多糖用

于改善冷冻面团的质构,发现面团的硬度降低了 39.82%,弹性和内聚性分别增大了 35.99%和 26.90%,硬度明显降低,弹性和内聚性明显增强。采用冷冻干燥技术辅助提取的秋葵多糖能够作为面粉改良剂,显著改善面团的特性,有广阔的市场前景。

5 真空冷冻干燥技术在秋葵产品多样化中的应用

随着黄秋葵的营养价值受到越来越多的关注,黄秋葵产品的种类越来越多。薛长风等^[37]研制了黄秋葵植物饮料,但是新鲜秋葵汁具有特殊的果疏味,不尽合人意,因此限制了大部分的市场^[38,39]。酸奶是鲜牛奶通过发酵形成的风味较好、口感具佳的牛奶制品,在现代社会中受越来越多的人青睐,成为人们日常生活中的主要奶制品^[40-42]。近年来,随着酸奶产品的口感升级,越来越多的蔬果复合酸奶涌现。黄秋葵作为一种营养丰富新兴蔬菜,也是复合酸奶制备的优质原料。谢芳等^[43]研究黄秋葵水牛乳酸奶的加工工艺,按照一定比例直接将秋葵汁加入到奶牛乳中制成黄秋葵酸牛乳。研制一种没有异味但兼有黄秋葵营养特性的酸奶成了黄秋葵酸奶研制的关键。

秋葵籽的营养物质极为丰富,富含中维生素 A、维生素 C 和不饱和脂肪酸,同时是一种优质蛋白质和蛋白酶抑制剂的来源^[40,44-49]。张婷等^[50]研制出了一种秋葵固体酸奶:将黄秋葵中的主要活性成分秋葵多糖通过真空冷冻干燥-超声辅助提取工艺提取出来,作为增稠剂和冷冻保护剂加入酸奶。同时将秋葵籽提前冷冻干燥,再与酸奶混合干燥,制成秋葵固体酸奶,产品富含活性益生菌(乳酸菌含量 4.8×10^8 CFU/g),具有秋葵嫩果特有的风味,同时解决了益生菌酸奶在储藏运输中的不变运输,健康便捷,拥有较大的市场潜力。

6 小 结

黄秋葵富含多种活性成分,具有很好的营养保健功能,其综合开发利用已经受到了食品行业的广泛关注,具有很大的市场潜力。真空冷冻干燥技术作为新兴的产品加工技术,对干燥过程中产品的形态结构、色泽、风味和营养成分等都有良好的保护作用,能有效解决黄秋葵在加工过程中有效成分流失、品质下降的问题,生产高品质的黄秋葵产品。未来真空冷冻干燥技术在将会广泛应用于黄秋葵产业,并且极大地促进黄秋葵产品的多样化。

参考文献

- [1] Qin Y, Shang L, Yuan F, *et al.* Effects of extraction methods on the physicochemical characteristics and biological activities of polysaccharides from okra (*Abelmoschus esculentus*) [J]. *Int J Biol Macromol*, 2019, 127: 178–186.
- [2] Jiang N, Zhang Z, Li D, *et al.* Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption [J]. *LWT Food Sci Technol*, 2017, 82: 216–226.
- [3] 覃世成. 药食兼用保健蔬菜: 黄秋葵[J]. 农业新技术, 2003, 4(4): 195.
- [4] Qin SC. Health vegetables for both medicine and food: Okra [J]. *New Agric Technol*, 2003, 4(4): 195.
- [5] Savellop A, Martins F, Hull W. Nutrition composition of okra seed meals [J]. *Agric Food Chem*, 1980, 28(6): 1163–1166.
- [6] Sobukola. Effect of pre-treatment on the drying characteristics and kinetics of okra [J]. *Int J Food Eng*, 2009, 5(2): 1–20.
- [7] 王冰嵩. 黄秋葵多糖的提取分离、表征及其抗疲劳活性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- [8] Wang BS. Extraction, isolation, characterization and anti-fatigue activity of okra polysaccharide [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2017.
- [9] 赵玉娟, 吴婷, 赵天一, 等. 探讨黄秋葵水提物抗疲劳作用的机制[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(20): 108–149.
- [10] Zhao YJ, Wu T, Zhao TY, *et al.* Objective: to investigate the anti-fatigue mechanism of water extract of okra [J]. *World Latest Med Inf*, 2018, 18(20): 108–149.
- [11] 辛松林, 李昊雯, 吴玉娇, 等. 体内和体外评价法分析川秋葵微粉的抗氧化活性[J]. 食品科技, 2019, 44(1): 108–114.
- [12] Xin SL, Li HW, Wu YJ, *et al.* *In vivo* and *in vitro* evaluation method for the analysis of antioxidation activity of *Glaegagnus chinensis* powder [J]. *Food Technol*, 2019, 44(1): 108–114.
- [13] 高振茂, 高冠亚, 杜丽红. 天然佳蔬黄秋葵的营养与食用方法[J]. 上海蔬菜, 2005, (2): 76–77.
- [14] Gao ZM, Gao GY, Du LH. Nutrition and edible methods of natural vegetable and yellow okra [J]. *Shanghai Veg*, 2005, (2): 76–77.
- [15] 王静, 张卫卫, 石勇, 等. 真空冷冻干燥技术对食品品质的影响[J]. 农产品加工, 2018, (1): 36–38, 42.
- [16] Wang J, Zhang WW, Shi Y, *et al.* Effect of vacuum freeze-drying technology on food quality [J]. *Farm Prod Process*, 2018, (1): 36–38, 42.
- [17] Ning J, Liu CQ, Li DJ, *et al.* Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: Antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption [J]. *Food Sci Technol*, 2017, 82: 216–226.
- [18] 王宏达. 半干旱区露地黄秋葵高产栽培技术[J]. 现代农业, 2018, (11): 4.
- [19] Wang HD. High-yield cultivation technology of open-ground yellow and okra in semi-arid area [J]. *Mod Agric*, 2018, (11): 4.
- [20] Li HY, Xie L, Yue M, *et al.* Effects of drying methods on drying characteristics, physicochemical properties and antioxidant capacity of okra [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2019, 101: 630–638.
- [21] 朱映华, 黄阿根, 朱杰, 等. 黄秋葵嫩荚果冷藏保鲜的热漂烫预处理工艺研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2018, 39(3): 100–105.
- [22] Zhu YH, Huang AG, Zhu J, *et al.* Study on hot blanching pretreatment technology for fresh-keeping of young pods in cold storage of okra [J]. *J Yangzhou Univ(Agric Life Sci Edit)*, 2018, 39(3): 100–105.
- [23] 王迪, 李大婧, 江宁, 等. 不同干燥方式对黄秋葵脆条品质及能耗的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(1): 101–105.
- [24] Wang D, Li DJ, Jiang N, *et al.* Effect of different drying methods on the quality and energy consumption of okra crispy strip [J]. *Food Ind Technol*, 2017, 38(1): 101–105.
- [25] 徐康, 杜金华. 干燥方法对黄秋葵抗氧化能力的影响[J]. 食品与发酵

- 工业, 2016, 42(5): 120–125.
- Xu K, Du JH. The effect of drying method on the anti-oxidation ability of okra [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(5): 120–125.
- [17] 张丛丛, 王莹, 朴美子. 响应面法优化黄秋葵多糖脱色工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(19): 251–256.
- Zhang CC, Wang Y, Park MZ. Optimization of polysaccharide decolorization process by response surface method [J]. Food Ind Technol, 2014, 35(19): 251–256.
- [18] 胡韬, 许震寰, 韩菊兰, 等. 黄秋葵袋泡茶营养成分的测定与分析[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(3): 133–135.
- Hu T, Xu ZH, Han JL, *et al.* Determination and analysis of nutritional components in yellow okra bag tea [J]. Anhui Agric Sci, 2013, 19(3): 133–135.
- [19] 蔡金鑫. 黄秋葵粉对面团和面包质构特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 20–24.
- Cai JX. The effect of okra powder on the texture of dough and bread [J]. Food Ind Technol, 2019, 40(3): 20–24.
- [20] 程江, 涂伟萍, 杨卓如. 粉体真空冷冻干燥制备技术的应用与进展[J]. 真空, 2001, (2): 21–24.
- Cheng J, Tu WP, Yang ZR. Application and development of vacuum freeze-drying technology for powder preparation [J]. Vacuum, 2001, (2): 21–24.
- [21] 王莹, 王辉, 王富, 等. 干燥方式对秋葵超微粉理化特性及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(19): 114–119.
- Wang Y, Wang H, Wang F, *et al.* Effects of drying methods on physical and chemical properties and antioxidant activity of okra ultra-fine powder [J]. Food Sci, 2018, 39(19): 114–119.
- [22] Wang K, Li M, Wen X, *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) polysaccharides based on response surface methodology and antioxidant activity [J]. Int J Biol Macromol, 2018, 114: 1056–1063.
- [23] Pender NK, Nema PK, Sharma HP, *et al.* Effect of drying temperature and slice size on quality of dried okra [J]. Food Sci Technol, 2019, 49(3): 378–381.
- [24] 董彩文, 梁少华. 黄秋葵的功能特性及综合开发利用[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(5): 180–182.
- Dong CW, Liang SH. Functional characteristics and comprehensive development and utilization of okra [J]. Food Res Dev, 2007, 28(5): 180–182.
- [25] 郑伟. 黄秋葵花多糖分离纯化、初步表征及生物活性研究[D]. 苏州: 江苏大学, 2014.
- Zheng W. Isolation and purification, preliminary characterization and bioactivity study of the polysaccharides from the flower of okra [D]. Suzhou: Jiangsu University, 2014.
- [26] Ghorri MU, Alba K, Smith AM, *et al.* Okra extracts in pharmaceutical and food applications [J]. Food Hydrocoll, 2014, 42: 342–347.
- [27] Alba K, Ritzoulis C, Georgiadis N, *et al.* Okra extracts as emulsifiers for acidic emulsions [J]. Int Food Res, 2013, 54: 1730–1737.
- [28] 王金亭. 黄秋葵的活性成分及其生理活性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(19): 208–211.
- Wang JT. The research progress of the active components of okra and its physiological activity [J]. Food Res Dev, 2018, 39(19): 208–211.
- [29] 颜玉华, 严庭莉, 王蒙蒙, 等. 黄秋葵多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 金陵科技学院学报, 2016, 32(3): 88–92.
- Yan YH, Yan TL, Wang MM, *et al.* Effect of okra polysaccharide on immune function in mice [J]. J Jinling Inst Technol, 2016, 32(3): 88–92.
- [30] 张灵敏, 王玲, 贾奥, 等. 黄秋葵水提物对 2 型糖尿病大鼠糖脂代谢的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(3): 355–358.
- Zhang M, Wang L, Jia A, *et al.* Effect of water extract of okra on glycolipid metabolism in type 2 diabetic rats [J]. Food Ind Sci Technol, 2016, 37(3): 355–358.
- [31] 王宏. 黄秋葵降血脂的功能与作用机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- Wang H. Study on the function and mechanism of reducing blood lipid by okra [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013.
- [32] Meenu N, Manjot K, Deepika S, *et al.* Optimization of sulfation of okra fruit gum for improved rheological and pharmacological properties [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 122: 1–9.
- [33] 王建蕊. 黄秋葵功能成分提取及应用研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- Wang JR. Study on extraction and application of functional components from okra [D]. Fuzhou: Fujian Agricultural and Forestry University, 2013.
- [34] 四川大学. 一种秋葵固体酸奶及其制备方法: 中国, 201810188334.4[P]. 2018-06-01.
- Sichuan University. A solid yogurt with okra and its preparation method: CN, 201810188334.4 [P]. 2018-06-01.
- [35] 陈洁, 李露芳, 段飞霞, 等. 秋葵多糖流变特性及其对冷冻面团质构的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(2): 265–271.
- Chen J, Li LL, Duan FX, *et al.* Rheological properties of okra polysaccharide and its effect on the texture of frozen dough [J]. Food Technol, 2018, 43(2): 265–271.
- [36] Sagar VR, Kumar PS. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review [J]. Food Sci Technol, 2010, 47: 15–26.
- [37] 薛长风, 裴志胜, 文攀, 等. 黄秋葵植物饮料的研制[J]. 食品工业, 2018, 39(3): 20–23.
- Xue CF, Pei ZS, Wen P, *et al.* Preparation of okra plant beverage [J]. Food Ind, 2018, 39(3): 20–23.
- [38] 郭洋. 黄秋葵发酵液工艺条件的优化及应用[D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- Guo Y. Optimization and application of fermentation broth of okra [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2016.
- [39] 王金亭. 黄秋葵产品的开发与应用[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(7): 6–8.
- Wang JT. Development and application of okra products [J]. Cere Oil, 2018, 31(7): 6–8.
- [40] Pavlos A, Karakoltsidis, Spiros M. Okra seeds: New protein source Constantinides [J]. J Agric Food Chem, 1975, 23(6): 1204–1207.
- [41] Alline ALT, Luiza TPF, Luma RR, *et al.* Impact of extended refrigerated storage and freezing/thawing storage combination on physicochemical and microstructural characteristics of raw whole and skimmed sheep milk [J]. Int J Dairy Technol, 2019, 94: 29–37.
- [42] Priscilla V, Analía GL, Mariana F, *et al.* Development of a novel milk processing to produce yogurt with improved quality [J]. Food Bioprocess Technol, 2019, 12: 964–975.
- [43] 谢芳, 杨承剑, 曾庆坤, 等. 黄秋葵水牛乳酸奶加工工艺及 DPPH 自由基清除能力研究[J]. 食品工业, 2018, 39(6): 143–146.
- Xie F, Yang CJ, Zeng QK, *et al.* Study on processing technology of buffalo

- yoghurt and DPPH free radical scavenging ability [J]. Food Ind, 2018, 39(6): 143–146.
- [44] 谢芳, 杨承剑, 李孟伟, 等. 黄秋葵水牛乳酸奶的制备工艺研究[J]. 中国乳品工业, 2019, 47(1): 56–59.
- Xie F, Yang CJ, Li MW, *et al.* Study on the preparation technology of okra's milk yogurt [J]. China Dairy Ind, 2019, 47(1): 56–59.
- [45] 麻泽宇, 吴峰华, 何志平, 等. 响应面法优化黄秋葵酸奶发酵工艺[J]. 北方园艺, 2019, (6): 129–135.
- Ma ZY, Wu FH, He ZP, *et al.* Optimization of fermentation process of okra yoghurt by response surface method [J]. Northern Hortic, 2019, (6): 129–135.
- [46] 李益恩, 何林富, 游敬刚, 等. 黄秋葵酸奶的研制[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(2): 82–85.
- Li YE, He LF, You JG, *et al.* Preparation of okra yoghurt [J]. Food ferment Technol, 2012, 48(2): 82–85.
- [47] Datta D, Pohlentz G, Mondal S, *et al.* Macromolecular properties and partial amino acid sequence of a Kunitz-type protease inhibitor from okra (*Abelmoschus esculentus*) seeds [J]. J Biosci, 2019, 44: 35.
- [48] Xu K, Guo MM, Du JH, *et al.* Okra polysaccharide: Effect on the texture and microstructure of set yoghurt as a new natural stabilizer [J]. Inter J Biol Macromol, 2019, 133: 117–126.
- [49] Jones AN, Brgemen G. An assessment of the use of native and denatured forms of okra seed proteins as coagulants in drinking water treatment [J]. Water Health, 2016, 14(5): 768–779.
- [50] 张婷. 采用真空冷冻干燥技术制备常温贮存活菌性固体酸奶的工艺研究[C]. 中国食品科学技术学会第十五届年会论文摘要集, 2018.
- Zhang T. Study on the preparation of live bacteria solid yoghurt at room temperature by vacuum freeze-drying [C]. Abstract of Papers of the 15th Annual Meeting of the Chinese Society of Food Science and Technology, 2018.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



张 婷, 硕士生, 主要研究方向为农产品加工与储藏。
E-mail: 2281157761@qq.com

何 强, 博士, 教授, 主要研究方向为农产品质量与安全。
E-mail: heq361@163.com