

文章编号:1673-1689(2007)05-0121-06

香蕉粉的功能、加工现状及新技术

杨公明¹, 王娟¹, 程燕锋¹, 陈人人², 李远志¹

(1. 华南农业大学 食品学院, 广东 广州 510642; 2. 广东省农业机械研究所, 广东 广州 510630)

摘 要: 综述了香蕉粉预防及治疗溃疡、润肠及治疗便秘等功能, 以及加工中存在的技术难点, 介绍了目前加工香蕉粉常用的喷雾干燥及真空冷冻干燥技术, 并推介在香蕉粉加工中应用真空带式连续干燥、微波真空干燥及挤压膨化等新技术。

关键词: 香蕉粉; 功能; 加工现状; 新技术

中图分类号: TS 278; TS 255.4; TS 235.4

文献标识码: A

Banana Powder: Functions Current Status and New Technology on Processing

YANG Gong-ming¹, WANG Juan¹, CHENG Yan-feng¹, CHEN Ren-ren², LI Yuan-zhi¹

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Institute of Agricultural Mechanization Guangdong, Guangzhou 510630, China)

Abstract: In this manuscript, the functions of banana powder such as anti-ulcerogenic and anti-constipation activities were summarized, and the diffcultion in processing of banana powder were described. Spray drying and freeze-drying which are usually used in producing banana powder nowadays were introduced. Some new technology and processing, such as vacuum belt drying, vacuum microwave drying and screw extrusion expansion, were also introduced in this paper.

Key words: banana powder; function; current status; new technology

香蕉 (*Musa parasdisiac*) 属芭蕉科芭蕉属 (*Musa*), 是热带和亚热带“四大果品”(荔枝、菠萝、椰子、香蕉)之一, 也是世界上栽培最为广泛的热带水果。它营养丰富, 气味清香芬芳, 味甜爽口, 肉软滑润, 老幼皆宜。香蕉促进肠胃蠕动, 排便、美容功能世人公认。近年来国内外学者研究发现了香蕉更多的功能, 如提高免疫力、抗癌、保护心血管等, 被誉为“新的水果之王”。2005 年我国的香蕉产量居世界第 3 位, 为 639 万吨, 占世界的 8.82%, 主要种植区分布于广东、广西、海南、云南、福建等省区,

四川、贵州也有少量栽培^[1-3]。

香蕉的加工产品主要有罐头、果酱、脆片等, 但目前的加工方法和加工产品多数难以保持香蕉原有的颜色和风味。香蕉粉可以分为 3 种, 一种是香蕉的可食部分经过脱水处理及粉碎后得到的香蕉全粉; 另一种是香蕉肉经过酶解液化后制得香蕉汁再干燥得到的速溶香蕉粉; 第三种是香蕉提汁后渣料经过挤压喷爆而成的香蕉喷爆全粉。香蕉粉在国内属于新产品, 能较好地保持香蕉原有的碳水化合物、蛋白质、脂肪、氨基酸、维生素及矿物质等营

收稿日期: 2006-10-14.

基金项目: 国家星火计划项目 (2005EA780014); 广东省农业攻关计划项目 (2005B20601007); 广东省科技计划项目 (2005B20401003).

作者简介: 杨公明 (1950-), 男, 陕西富平人, 教授、博导, 主要从事食品科学与技术领域的研究. Email: ygm@scau.edu.cn

养成分,味道香甜、食用方便、营养价值高,一直有植物奶粉的美称,可冲水调成糊状直接服食。亦可加入奶粉中制成香蕉奶粉,这不仅能使奶粉的营养更全面,而且能克服婴儿食用奶粉出现大便干燥的缺点。香蕉粉还可以作为多种食品的配(辅)料,潜在市场十分广阔。此外,香蕉粉便于贮藏运输,对于解决增产不增收、卖蕉难的问题,香蕉粉是一个极具前景的深加工产品。

1 香蕉粉的功能

1.1 预防及治疗溃疡

Goel R K 等研究了香蕉粉抗溃疡的效果及对粘膜抗性的影响;Mukhopadhyaya K 等考察了香蕉粉对胃粘膜的作用;Best R 等、Lewis D A 等探索了未熟香蕉(粉)对胃粘膜的保护作用。他们的研究表明,香蕉粉不仅有明显的增强胃粘膜对溃疡抗性的作用,而且能够通过诱导细胞增殖来治疗溃疡。动物实验结果是:(1)喂食香蕉粉的小鼠其[3H]胸腺嘧啶脱氧核苷与粘膜细胞 DNA 的结合显著增加;(2)胃粘膜中总碳水化合物的量显著增加;(3)胃液中的 DNA 和蛋白质显著降低;(4)胃液中总碳水化合物以及碳水化合物与蛋白质的比例显著增加。确认了香蕉粉能够增加胃粘膜抗性并且治疗溃疡^[4-7]。

1.2 润肠及治疗便秘

食用香蕉可促进消化、治疗便秘,香蕉干燥粉碎后制得的香蕉粉同样可以有润肠、通便的功效。香蕉中的膳食纤维可以增加肠道蠕动,果肉中的果胶可以吸收水分,调整肠道的生态条件,改变肠道细菌种群的消长动态,抑制有害的腐败型细菌,增加有益的嗜酸细菌,促使结肠功能正常化,有益于缓解、治疗幼儿积食、老年性便秘等疾病^[8]。

1.3 其他

香蕉粉还保留了香蕉的保健功能,诸如增强机体免疫力、抗癌、抗氧化、促进心血管健康、降血压及预防中风、治疗抑郁症等作用^[1,9]。

2 香蕉加工的技术难点

市面上香蕉加工产品一直很少见,究其原因在于香蕉加工有其独特的技术难点,所以我国香蕉主要以鲜食为主,加工利用较少。香蕉富含果胶、糖类、单宁及多种酶类,不仅难于贮存,而且加工过程中极易褐变,造成颜色、营养和风味的劣变,严重影响产品的质量。同时果胶和糖类的大量存在,给加工工艺造成困难,这可能是导致香蕉食品加工落后

的主要原因。主要技术难点如下:

去皮工序。目前还没有物美价廉的香蕉剥皮机,大部分的香蕉加工企业仍然依靠手工去皮。意大利的贝尔杜其公司已经开发出香蕉剥皮机,但是价钱昂贵,企业难以承受。

酶促褐变。香蕉去皮后,与氧气接触,酚类底物在多酚氧化酶的作用下发生反应,果肉迅速褐变,严重影响感官品质。

非酶褐变。香蕉含糖很高,加工温度较高时容易发生焦糖化作用,产生褐变现象。

香蕉含淀粉及果胶较多,打浆之后呈粘稠状态,汁渣分离困难,给加工香蕉汁带来不便;若用常规方法干燥香蕉浆制粉,则易产生表面褐变、结壳,以及内部干不透的现象。

香味易损失。香蕉的芳香物质酯类、醇类、羰基化合物等,在高温下很容易发生水解、氧化降解等反应,并产生二甲硫醚、呋喃等热加工产物,呈现的蒸煮味与新鲜香蕉的特征香气差异较大,消费者难以接受^[10-12]。

香蕉的 pH 值较高,达 5.0 左右,所以给杀菌保藏工艺带来困难。若是添加柠檬酸调整 pH 值以改善杀菌条件又影响产品口感,与人们对香蕉甜的印象相差较大,不易被接受。

3 目前香蕉粉的主要加工技术

3.1 喷雾干燥加工香蕉粉

喷雾干燥的物料受热时间较短,操作易于自动化、机械化,但是设备清洗较繁琐,且不适合干燥高粘性的物料。

Laxminarayana G S^[13] 等 1997 年研制了即食香蕉牛奶混合粉,主要工艺是将牛奶的脂肪质量分数标准化为 2.0% 并浓缩至原始体积的 1/3;香蕉去皮、切片,加入水 1.0%~1.5% 并加热到 85~90℃,保持 5~10 min;在牛奶中加入羧甲基纤维素 CMC 0.015% 并与香蕉混合,而后在一定的压力下均质;将此混合物喷雾干燥,进口温度 160~180℃,出口温度 85~95℃;最后加入一些糖,使香蕉牛奶混合粉的糖质量分数达到 42.5%。中国台北的 King V A E 1985 年研究了喷雾干燥生产香蕉果汁粉^[14]。

王建立^[3]等 1995 年进行了香蕉粉的喷雾干燥实验,主要结果是:(1)香蕉富含果胶和糖类,粘稠度大,一般难以喷雾成粉,采用微胶囊技术解决了这一技术难题。(2)香蕉粘性较大,不能用一般物料喷雾的浓度。香蕉肉加 1~1.5 倍的水比较合

适,同时采取了预处理措施,降低了浆液的粘滞性,取得了较好的效果。进料速度由出口温度决定,以保持额定温度范围为准。(3)香蕉含糖量高、温度过高造成焦化,过低干燥不好、生产效率低。进口温度 250~300℃,出口温度 80~90℃ 比较适宜。喷雾干燥生产的香蕉粉产品呈粉末状,颜色乳白至乳黄色,保持了原果肉的颜色,气味芳香,亲水性较好,出干率为果肉的 20%、整蕉的 12%,含水率<6%,营养成分保存良好。糖质量分数 62.7%、粗蛋白质量分数 3.98%、粗脂肪质量分数 0.3%、粗纤维质量分数 0.2%,含丰富的 VA、VB₂、VC 和尼克酸,含 18 种氨基酸,其中包括 8 种必需氨基酸,总氨基酸达 3.36%,营养价值很高。矿物元素分析表明,含有丰富的人体必需的钾、铁、磷、钙、锌、锰、锶等有益元素。铅、砷等有毒元素和 SO₂ 含量低于国家食品卫生规定标准。

3.2 真空冷冻干燥加工香蕉粉

真空冷冻干燥是利用冰晶升华原理,先将物料冻结到共晶点温度以下,使水分变成固态的冰,然后在高真空度的室内保持物料温度在三相点以下,给予必需的升华热使物料中的水分由冰晶直接转化为水蒸气,被真空系统中的水汽凝结器冷凝除去,从而获得干燥制品的技术。它是在真空、低温条件下对物料进行的干燥,适用于热敏性和易氧化物料,能够较好地保持食品原有的色、香、味、形和维生素等营养物质。但真空冷冻干燥设备一次性投资较大、耗能大、干燥时间长等缺点制约了它的大规模推广应用。

余风强^[15]等 2004 年研究了香蕉粉的真空冷冻干燥,利用电阻法测得了香蕉浆的共晶点温度为 -10℃,操作时预冻结温度要低于共晶点温度,使香蕉中的水分充分冻结。对香蕉浆的真空冷冻干燥进行了两因素三水平的正交试验,结果表明搁板加热温度和干燥室工作压力对冻干过程缩短干燥时间有影响,其中工作压力影响相对较显著,搁板加热温度次之。在其实验条件下得到最佳工艺参数,即固定物料厚度和解析段的加热温度和工作压力,其升华段的最佳工艺参数为加热温度 20℃,工作压力 40 Pa,并得到了相应冻干曲线。

台湾省以冷冻及真空低温干燥方法使香蕉肉成干、研磨成粉,国际市场上售价 6 美元/kg 以上^[3,16]。

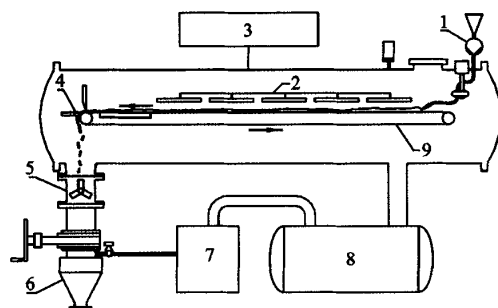
除上述两种干燥方法外,也能用简易的方法制取香蕉粉,例如 Mugula J K^[17]等人 1994 年研究了非酒精香蕉饮料粉的生产及储藏稳定性,比较了日

照及烘箱干燥香蕉粉的维生素、糖含量及微生物指标,但产品的营养损失较严重。

4 香蕉粉加工的几种新技术

4.1 真空带式连续干燥

真空带式连续干燥指的是在真空条件下,将干燥物料连续地、均匀地铺放在传送带上,然后提供热量,物料呈沸腾发泡状态,内部水分扩散、蒸发,被真空泵抽走,从而得到多孔、高品质的干制品^[18-19]。设备简图见图 1。



1. 喂入分布机构; 2. 辐射加热区; 3. 电气控制板; 4. 物料剥离机构; 5. 物料破碎机构; 6. 干物料排出机构; 7. 真空系统; 8. 冷凝系统; 9. 输送带

图 1 真空带式干燥机

Fig. 1 The diagram of vacuum belt dryer

真空带式连续干燥是一种新兴的对物料进行精细加工的干燥方式,适用于固体、液体,尤其适合高粘性、带有微粒的物料干燥。它具有干燥温度低、时间短(约为真空冷冻干燥的 1/5)、保护易氧化及热敏性物料、节能、连续作业、产品品质高等优势。其设备一次性投资适中,运作成本较低,值得在大规模工业生产中推广使用。德国、瑞士、日本等国对真空带式干燥设备的研制已进行了 20 余年,开发了大中型及实验用机。我国对设备及相应干燥工艺的研究尚处于起步阶段^[20-24]。

笔者以广东省农业机械研究所研制开发的 GZD-S 型真空带式干燥实验设备为平台,研究了香蕉粉的真空带式干燥。实验结果表明,香蕉粉产品较好地保持了香蕉的色泽和 VC 等营养成分,水分质量分数 6%,溶解性好。真空连续干燥是在低氧、密封的环境下进行的,产品的质量及安全性有保障。由于香蕉粉尚无质量标准,参考类似粉类产品的国家标准,香蕉粉的菌落总数、重金属及 SO₂ 残留量都符合相关标准,表明香蕉粉有较高的安全性^[25-26]。



图2 真空带式干燥的香蕉粉产品

Fig. 2 Banana powder dehydrated by vacuum belt dryer

4.2 微波真空干燥

微波真空干燥是利用微波加热原理,将微波技术和真空技术相结合的一种新型微波能应用试验装置,使待干燥物料在压力低时,通过减小气相中的水蒸气分压,降低其沸点温度,使物料在低温状态下进行脱水,加快水分扩散速度,较好地保护物料中的成分。微波为真空干燥提供热源,对材料直接进行加热,使其能够快速干燥,获得良好的干燥结果,它具备了微波及真空干燥的干燥周期短、效率高、产品质量好、杀菌、加工成本低等优点,是在研究物料干燥过程中的物理变化、内外热量交换,以及真空条件下水分迁移理论的研究基础上发展起来的一项新技术、新工艺,可有效地解决食品干燥过程中质量和效益之间的矛盾,近年来受到国内外学者和工业界的广泛关注^[27-28]。

笔者利用 WZD4S-05 型微波真空干燥试验装置(南京三乐微波科技发展有限公司提供),研究了将酶解香蕉果肉制得的香蕉汁干燥成速溶香蕉粉的工艺,并比较热风干燥与微波真空干燥的效果。结果表明微波真空干燥后产品的多项指标均优于热风干燥的,干燥的较佳工艺是 600 g 香蕉汁中添加 Per-2003 淀粉 15%,在 1 500 W 微波功率下干燥 30 min。所得产品水分质量分数为 4.7%,且组织膨松,浅黄色,色泽明亮,均匀,能迅速溶于水且溶解后有香蕉清香,无杂质,微生物指标符合国家固体饮料的标准^[29]。

4.3 挤压膨化技术

挤压膨化技术实际上是一种现代的高温短时

加工方法,原料在套筒内部由于受到螺杆的混合、压缩、捏合和机械剪切等的综合作用而被糊化和蒸煮,成为均匀、粘稠的浆状溶胶,溶胶形成一种连续相,将分散的颗粒物质束缚在一起,物料在套筒内停留 10 多秒至数 10 秒钟的时间,当糊化后的物料通过挤压模孔的一瞬间,高压急剧释放,物料水分得到迅速蒸发,使物料膨化,内部产生许多有微小空隙的组织疏松体,使组织细胞受到破坏,而细胞壁的破坏对后续加工和食用者的消化吸收都有好处;同时高温短时的挤压膨化过程使物料的营养成分的破坏降低到最低的程度,还能把物料中的抗营养因子(胰蛋白酶抑制素、脂肪酶、脂肪氧化酶、血球凝集素、细菌等)除去或部分除去。挤压成型是以淀粉和蛋白质为原料来生产各种色、香、味、形齐全的质感食品的加工技术。随着加工技术的发展,目前的挤压成型机将加热、压缩、剪切及膨润等复杂的工序融为一体,为挤压膨化食品的研究开发提供了极大的便利和机会^[30-34]。

本课题组拟采用在香蕉原浆中加入部分淀粉,利用双螺杆挤压膨化技术生产香蕉粉,预计能够较好地保持香蕉的色、香、味及营养价值,研究结果将专题发表。

5 结 语

香蕉是一种呼吸跃变型果实,供求矛盾比较突出,但是它营养非常丰富且具有多种保健功能,实为一种值得研究开发的水果,这不仅是为了解决日益严峻的卖果难的问题,也是为了满足人们追求健康、向往保健食品的需要。相信随着新技术、新设备的出现,香蕉加工中的技术难点将会一一被攻克。

本课题组正致力于从根本上解决香蕉加工的难题并实现综合利用及产业化,已经承担并基本完成了国家星火计划和广东省科技攻关 3 个相关项目,取得了突破性进展,相信通过不懈的努力有望支持香蕉加工产业化、规模化,促进香蕉加工业的持续健康发展。

参考文献(References):

- [1] 蔡健. 浅谈香蕉的保健作用[J]. 食品与药品, 2005, 7(3A): 65-67.
CAI Jian. A brief study on the function of banana for health[J]. *Food and Drug*, 2005, 7(3A): 65-67. (in Chinese)
- [2] 濮文辉. 1996~2005 年世界香蕉主产国的产量情况[J]. 世界热带农业信息, 2006 (2): 28.
PU Wen-hui. The banana production of main producing countries from 1996 to 2005[J]. *World Tropical Agriculture Infor-*

- mation, 2006 (2):28. (in Chinese)
- [3] 王建立, 管正学, 张学予. 我国香蕉资源的加工利用研究[J]. 资源科学, 1995 (1):57-62.
WANG Jian-li, GUAN Zheng-xue, ZHANG Xue-yu. Study on banana resource and its processing and utilization in China [J]. *Resources Science*, 1995 (1):57-62. (in Chinese)
- [4] Goel R K, Gupta S, Shankar R, et al. Anti-ulcerogenic effect of banana powder (*Musa sapientum* var. *paradisica*) and its effect on mucosal resistance[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 1986, 18(1): 33-44.
- [5] Mukhopadhyaya K, Bhattacharya D, Chakraborty A, et al. Effect of banana powder (*Musa sapientum* var. *paradisica*) on gastric mucosal shedding[J]. *Journal Of Ethnopharmacology*, 1987, 21 (1):11-9.
- [6] Best R, Lewis D A, Nasser N. The anti-ulcerogenic activity of the unripe plantain banana (*Musa species*)[J]. *British Journal Of Pharmacology*, 1984, 82 (1): 107-116.
- [7] Lewis D A, Fields W N, Shaw G P. A natural flavonoid present in unripe plantain banana pulp (*Musa sapientum* L. var. *paradisica*) protects the gastric mucosa from aspirin-induced erosions[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 1999, 65 (3): 283-288.
- [8] 汪开治. 保健佳果——香蕉[J]. 植物杂志, 1997(6):12.
WANG Kai-zhi. Banana-good fruit for health[J]. *Plants*, 1997(6):12. (in Chinese)
- [9] 朱瑜安. 香蕉及其保健功能[J]. 中国食物与营养, 2006(3):51-52.
ZHU Yu-an. Banana and its health function[J]. *Food and Nutrition in China*, 2006(3):51-52. (in Chinese)
- [10] Mc Carthy A I, Palmer J K, Shaw C P, et al. Correlation of gas chromatographic data with flavour profiles of fresh banana fruit[J]. *Journal of Food Science*, 1963, 28: 378-381.
- [11] Eduardo J F Miranda, Regina I Nogueira, Sérgio M Pontes, et al. Odour-active compounds of banana passa identified by aroma extract dilution analysis[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2001,16(4):281-285.
- [12] 王素雅, 王璋. 香蕉汁加工过程中褐变原因初探[J]. 食品工业科技, 2002,23(5):13-16.
WANG Su-ya, WANG Zhang. Researches on the reasons of banana juice browning during processing[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2002,23(5):13-16. (in Chinese)
- [13] Laxminarayana G S, Ghosh B C, Kulkarni S. Technology of ready-to-use banana milk shake powder[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 1997, 34(1): 41-45.
- [14] King V A E. Studies on the production of banana juice powder using spray drying[J]. *Chung-kuo-Nung-Yeh-Hua-Hsueh-Hui-Chih-J-Chin-Agric-Chem-Soc*, 1985, 23 (1/2):62-72.
- [15] 余凤强, 陈人人, 张进疆, 等. 香蕉粉真空冷冻干燥实验研究[J]. 干燥技术与设备, 2004(2):34-36.
YU Feng-qiang, CHEN Ren-ren, ZHANG Jin-jiang et al. Experiment and research on the freeze-drying for the banana powder[J]. *Drying Technology & Equipment*, 2004(2):34-36. (in Chinese)
- [16] 赵国建, 杨公明. 香蕉的加工现状及发展对策[J]. 食品与机械, 2005, 21(2): 81-82.
ZHAO Guo-jian, YANG Gong-ming. The situation and developing countermeasure of processing banana[J]. *Food and Machinery*, 2005, 21(2): 81-82. (in Chinese)
- [17] Mugula J K, Lyimo M H, Kessy F L. Production and storage stability of non alcoholic banana beverage powder[J]. *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 1994, 45(2):155-163.
- [18] 徐成海, 张世伟, 关奎之. 真空干燥[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004:167-172.
- [19] 余凤强. 真空带式连续干燥设备干燥特性研究[D]. 沈阳: 东北大学. 2005.
- [20] Hayashi H. Continuous vacuum drying equipment of foods[J]. *Japanese-Journal-of-Dairy-and-Food-Science*, 1982, 31(6): 295-300.
- [21] Meisel N. Continuous vacuum drying: more and more applications[J]. *Industries-Alimentaires-et-Agricoles(France)*, 1988, 105(4): 281-285.
- [22] Kumazawa E, Saiki Y, Ishioka Y, et al. Continuous vacuum drying for high viscous and heat sensitive foods[J]. *Proceedings-International-Symposium-on-Drying (USA)*, 1980, 2: 244-250.
- [23] Ferrari F. Continuous vacuum drying: the alternative for careful product handling[J]. *Innovations-in-Food-Technology*, 2002 (17): 26-28.
- [24] Anon. Vacuum belt drying- a continuous drying system for multiple applications[J]. *Food-Marketing-&-Technology*, 2000,14(2): 38.
- [25] 王娟, 李远志, 陈人人, 等. 带式连续真空干燥香蕉粉的失水特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(6): 19-21.
WANG Juan, LI Yuan-zhi, CHEN Ren-ren, et al. Dehydrating characters of banana powder by cinctured continuous vacu-

- um dryer[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2005, 31(6): 19-21. (in Chinese)
- [26] 王娟,李远志,杨公明,等. 带式连续真空干燥加工香蕉粉的工艺研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(9): 163-167.
WANG Juan, LI Yuan-zhi, YANG Gong-ming, et al. Study on process of banana powder with using continuous vacuum belt dryer[J]. *Food Science*, 2006, 27(9): 163-167. (in Chinese)
- [27] 张国琛,徐振方,潘澜澜. 微波真空干燥技术在食品工业中的应用与展望[J]. *大连水产学院学报*, 2004, 19(4): 292-296.
ZHANG Guo-chen, XU Zhen-fang, PAN Lan-lan. The development and application of microwave vacuum drying technology in food industry[J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2004, 19(4): 292-296. (in Chinese)
- [28] 王喜鹏,张进疆,徐成海,等. 胡萝卜的真空微波干燥特性研究及工艺优化[J]. *现代农业装备*, 2005(9): 84-88.
WANG Xi-peng, ZHANG Jin-jiang, XU Cheng-hai, et al. The drying characteristics of carrot by vacuum microwave and improving the craft[J]. *Modern Agricultural Equipments*, 2005(9): 84-88. (in Chinese)
- [29] 李远志,王娟,陈人人,等. 微波真空干燥速溶香蕉粉的工艺研究[J]. *食品科学*, 2005, 26(增刊): 31-34.
LI Yuan-zhi, WANG Juan, CHEN Ren-ren, et al. Study on the process of drying resolvable banana powder by using microwave vacuum equipment[J]. *Food Science*, 2005, 26(S1): 31-34. (in Chinese)
- [30] Choudhury G S, Gautam A. Screw configuration effects on macroscopic characteristics of extrudates produced by twin-screw extrusion of rice flour[J]. *Journal of Food Science*, 1999, 64(3): 479-487.
- [31] Suknard K, Philips R D, Chinnan M S. Physical properties of directly expanded extrudates formulated from partially defatted peanut flour and different types of starch[J]. *Food Research International*, 1997, 30(8): 575-583.
- [32] 金海珠,付学军,金一星,等. 添加海藻粉及海藻提取物的米类挤压膨化物的特性[J]. *河南工业大学学报*, 2005, 26(3): 5-8.
JIN Hai-zhu, FU Xue-jun, Kim E H, et al. Properties of rice extrudates with adding the powder and extracts of seaweeds[J]. *Journal of Zhengzhou Institute of Technology*, 2005, 26(3): 5-8. (in Chinese)
- [33] 贾富国,周福君,申德超. 挤压膨化技术在农产品加工及大豆榨油预处理中的应用[J]. *农机化研究*, 1999, 11(4): 76-78.
JIA Fu-guo, ZHOU Fu-jun, SHEN De-chao. Application of extrusion technique in agriculture processing and pretreatment of soy pressing[J]. *Journal of agriculture mechanization research*, 1999, 11(4): 76-78. (in Chinese)
- [34] 杨勇,肖志刚,毛兴疆. 挤压膨化技术在啤酒工业中的应用研究进展[J]. *酿酒*, 2005, 32(5): 78-79.
YANG Yong, XIAO Zhi-gang, MAO Xing-jiang. The extrusion technique and its application in beer brewing industry[J]. *Liquor-making*, 2005, 32(5): 78-79. (in Chinese)
- [35] 赵国建,鲍金勇,杨公明. 香蕉营养保健价值及综合利用[J]. *食品研究与开发*, 2006, 26(6): 175-178.
ZHAO Guo-jian, BAO Jin-yong, YANG Gong-ming. Hygienic nutrition function of banana and its utilization[J]. *Food Research and Development*, 2006, 26(6): 175-178. (in Chinese)
- [36] 鲍金勇,赵国建,梁淑如,等. 香蕉皮多酚氧化酶和过氧化物酶特性的研究[J]. *食品科技*, 2005(11): 17-20.
BAO Jin-yong, ZHAO Guo-jian, LIANG Shu-ru, et al. Study on the characteristics of polyphenol oxidase and peroxidase from banana peel[J]. *Food Science and Technology*, 2005(11): 17-20. (in Chinese)
- [37] 赵国建,鲍金勇,杨公明. 三种香蕉淀粉颗粒性质的研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(2): 46-49.
ZHAO Guo-jian, BAO Jin-yong, YANG Gong-ming. Study on the properties of three kinds of banana starch[J]. *Food Science*, 2006, 27(2): 46-49. (in Chinese)
- [38] 鲍金勇,梁淑如,赵国建,等. 香蕉皮单宁的提取工艺及其与褐变关系的研究[J]. *食品研究与开发*, 2006, 26(6): 3-6.
BAO Jin-yong, LIANG Shu-ru, ZHAO Guo-jian, et al. Study on extraction technology and relations with browning of tannins from banana peel[J]. *Food Research and Development*, 2006, 26(6): 3-6. (in Chinese)
- [39] 鲍金勇,王娟,赵国建,等. 香蕉皮膳食纤维在面包中的应用研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2006(6): 41-43.
BAO Jin-yong, WANG Juan, ZHAO Guo-jian, et al. A study on application of banana peel dietary fiber in bread[J]. *Cereal & Feed Industry*, 2006, 26(6): 3-6. (in Chinese)

(责任编辑:秦和平)