

食用槟榔货架期内品质控制研究

Study on quality control of edible areca during shelf life

李良怡^{1,2}潘飞兵³周文化^{1,2}钱鑫^{1,2}LI Liang-yi^{1,2}PAN Fei-bing³ZHOU Wen-hua^{1,2}QIAN Xin^{1,2}汪友仁⁴莫华⁴WANG You-ren⁴ MO Hua⁴

(1. 特医食品加工湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410004; 2. 中南林业科技大学食品科学与工程
学院, 湖南 长沙 410004; 3. 海南华创槟榔研究院, 海南 海口 570000;
4. 湖南应用技术学院, 湖南 常德 415000)

(1. Hunan Key Laboratory of Processed Food for Special Medical Purpose, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Food Science and Engineering, Central South Forestry University of Science and Technology University, Changsha, Hunan 410004, China; 3. Huachuang Institute of Areca Research-Hainan, Haikou, Hainan 570000, China; 4. Hunan Applied Technology University, Changde, Hunan 415000, China)

摘要:目的:探究食用槟榔返卤返白的原因。方法:主要通过搜集 2000—2020 年涉及食用槟榔卤水专利,以及相关工厂案例进行研究与分析。结果:在食用槟榔卤水的制备过程中原料的粒径大小、环境温度与湿度的高低、样品中水分含量及设备的自动化程度均可能造成食用槟榔返卤返白。结论:加工槟榔时应采取以严格控制水分、复配添加剂使用为主,工艺包装调整为辅,给予低温贮藏市售环境的方法,抑制返卤返白的产生。

关键词:食用槟榔;卤水;返卤返白;防治措施

Abstract: Objective: The reasons for the brining and whitening of the edible betel nut were investigated. Methods: conducts research and analysis by collecting patents related to edible betel nut brine between 2000 and 2020, as well as related factory cases. Results: In the preparation process of edible betel nut brine, the particle size of raw materials, the temperature and humidity of the environment, the moisture content in the sample and the automation of the equipment may cause the edible betel nut to return to brine and white. Conclusion: In the processing of areca

nuts, the methods of strictly controlling water content, mainly using compound additives, supplemented by process packaging adjustment, and giving low-temperature storage and marketing environment should be adopted to inhibit the production of rehaling and bleaching.

Keywords: edible betel nut; brine; halogen return to white; preventive measure

槟榔为棕榈科常绿乔木槟榔(*Areca catechu* L.)的果实,主产于印度、马来西亚、越南、泰国、菲律宾等东南亚沿海地区,以及中国海南、台湾。槟榔分为药用和食用,药用槟榔主要为槟榔全籽部位,食用槟榔主要为槟榔壳部位,其食用方法因地而异,湖南生产的槟榔与世界其他地方的不同。自 20 世纪 90 年代开始,随着家庭作坊式食品生产企业转型为工业化生产,湖南食用槟榔实现了从家庭作坊式—工业化生产—自动化生产—智能化生产转变,但制约槟榔工业化生产的卤水品质不稳定问题一直未得到解决,其主要原因在于槟榔卤水成分极其复杂。研究拟通过分析 2000—2020 年涉及食用槟榔卤水专利文献,结合收集的相关工厂案例,研究食用槟榔返卤返白原因,并在此基础上,提出抑制食用槟榔返卤返白的解决措施,以期为食用槟榔产业提供参考。

1 资料与方法

1.1 收集策略

以主题词“卤水”“食用槟榔”“槟榔”检索中国知识资源总库(CNKI)、万方数据库和维普数据库,时间设置为

基金项目:海南华创槟榔研究院院长基金(编号:HCBL2020YZ-001);长沙市自然科学基金(编号:kq2014150);湖南省创新平台与人才计划(编号:2017TP1021);湖南省重点研发计划(编号:2020NK2020);湖南省创新型省份建设专项(编号:2019TP2011);长沙市科技计划(编号:KC17040007)

作者简介:李良怡,男,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:周文化(1969—),男,中南林业科技大学教授,博士。
E-mail: 1479674265@qq.com

收稿日期:2021-04-09

2000—2020年,检索期刊论文与专利,检索日期为2020年12月8日。在湖南省长株潭和益阳地区开展市场调研,收集出现返卤返白现象的食用槟榔,收集时间为2020年4—11月。

1.2 纳入标准

通过研读收集的论文与专利,采纳有关食用槟榔返卤返白的生产实践研究、专家经验、案例报道、理论探讨的文献,且该文献具有完整的处理方法;在市场调研时,选择不同的地理位置、季节、气候环境、市售环境,以及不同的生产厂家作为调查条件,进行返卤返白样品的收集。

1.3 排除标准

研究进展、综述类文献、会议文献以及重复发表的文献专利;关于食用槟榔安全性、毒性和口腔癌的文獻;有关槟榔产业、文化的文献;槟榔中微量成分测定的文献;排除不是食用槟榔卤水制备或槟榔制备或点卤的相关专利;排除不同地理位置,同一季节、气候环境、市售环境以及同一生产厂家的槟榔;排除临近或已超过保质期时效的槟榔;排除包装已损坏的槟榔。

1.4 数据提取与处理

共检索到126篇文献、189项专利,依据纳入及排除标准,最终纳入8篇文献、49项专利,将数据录入Excel 2012软件中,并进行统计与分析,使用Origin 2017作图;市场调研中,共收集1260片出现返卤返白的食用槟榔,依据纳入及排除标准,最终收集1020片返卤返白样品,将样品通过独立真空包装置于5℃冰箱中冷藏保存。

2 研究与分析

2.1 食用槟榔卤水返卤返白危害分析

通过槟榔卤水制备方法^[1-18]专利统计与分析得知,食用槟榔是指以未完全成熟的槟榔干果为原料,经选籽、分级、清洗、蒸煮、发制、焖香、压制、烘烤、切片、去核、点卤、凉籽以及包装等工艺制作而成的槟榔片。槟榔卤水主要由饴糖(30%~80%)、食品级氢氧化钙(10%~40%)、添加剂(0.5%~5.0%)及天然香精香料等物质组成,在槟榔片内腔部位点卤、凉籽后呈黑褐色或黑色,表

面光泽(见图1)。卤水对食用槟榔的风味具有重要作用,能提供特殊的作用(如提神抗疲劳、促进消化等)以及独特的口感(如劲道)。

基于市场调研和生产实践表明,槟榔返卤主要是指经上述加工工艺制作而成的槟榔片在运输和销售过程中内腔部位的卤水出现融化,呈流动性状态(见图2);而返白是指经上述加工工艺制作而成的槟榔片在运输和销售过程中内腔部位的卤水出现零星式白点或淡黄色点状物或正片白点或淡黄色点状物,看似霉变(见图3)。

槟榔卤水返卤返白给槟榔带来的影响主要有:

(1) 影响口感。食用槟榔在货架期内品质逐渐下降,在30~45 d内易出现返卤现象,环境温度高时尤其严重,返卤的槟榔易产生粘牙现象。曾有部分厂家通过使用干燥剂解决此问题,而实际效果并不显著,其主要原因是由于干燥剂的使用会吸收槟榔片和卤水中的水分,造成两者之间的水分分布差异更为显著,导致嚼块过干、口感劣变。

(2) 影响外观。已凝结好的卤水在货架期内出现浸润感,流动性加大,污染成品外观,或是在货架期内出现白色点或淡黄色点状物,严重影响槟榔片的外观形态,使消费者误以为产品变质。若使用干燥剂解决此问题,干燥剂的包装袋与槟榔片之间的摩擦接触和卤水析出的水分等物质交互作用,易破坏槟榔片表面由明胶等物质形成的外膜而使其失去光泽,从而影响产品的销售。

2.2 食用槟榔卤水返卤返白原因分析

2.2.1 专利文献分析 通过中国知网、万方和维普等数据库收集2000—2020年关于食用槟榔卤水专利^[11-46],按其专利的主要作用进行统计与分类(见图4),主要集中在降低对口腔的刺激性、改善口味和降低卤水黏度方面,解决槟榔返卤返白问题的专利较少。郭志光等^[43]提出了槟榔返卤问题,并指出了食用槟榔在高温高湿环境下易出现返卤现象;扶承荣等^[44]提出了槟榔卤水返白的问题,其返白为白色或淡黄色的点状物,这可能是未完全反应的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或已生成的糖钙(饴糖与钙离子组成)在水的作用下,解离为 Ca^{2+} 与空气中 CO_2 解离的 CO_3^{2-} 反应,生



图1 成品的食用槟榔

Figure 1 Finished edible betel nut



图2 返卤的食用槟榔

Figure 2 Rehaled edible betel nut



图3 返白的食用槟榔

Figure 3 Whitened edible betel nuts

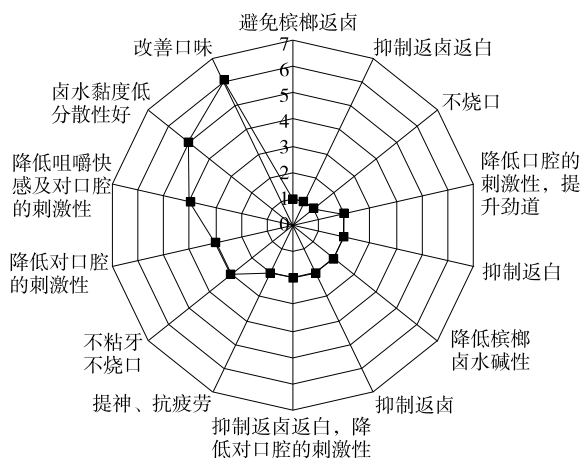


图 4 槟榔卤水专利的主要作用分布图

Figure 4 Distribution map of main functions of areca nut brine patents

成 CaCO_3 白色晶体。

文献专利研究表明槟榔返卤返白有以下原因：

(1) 卤水中饴糖、石灰添加量之间的差异。卤水中的饴糖是一种易吸水的还原性双糖,添加量过高可导致卤水凝结慢,从而增大返卤概率;卤水中石灰添加量过高,卤水会快速凝结,易产生返白,出现打口(烧口)现象^[47]。

(2) 卤水与槟榔片之间的交互作用。未经点卤的槟榔片经两次干燥后水分含量为 26%~28%,其卤水的水分含量为 35%~38%,经点卤凉籽后成品槟榔水分含量为 21%~23%。在点卤、凉籽以及贮藏过程中,卤水与槟榔片中的水分和各组分分子可能存在因含量的高低而发生分子间的交互作用,导致返卤返白^[48-49]。

2.2.2 实证研究 将 2020 年 4—11 月通过市场调研收集的返卤返白样品,按其返卤返白程度可分为三大类:纯返白、纯返卤和既返卤又返白(见图 5~图 7),分别有 358,453,209 片样品。调研中发现:槟榔返卤主要集中在夏季高温时期,在此期间长株潭及益阳地区所属环境温度和湿度较高,均可导致槟榔返卤^[50];而在秋冬低温干燥

季节,槟榔返白逐渐增多,可能是环境温度及湿度低,槟榔水分会随其降低,从而导致卤水返白;即使同一批槟榔使用同一批次制备的卤水点卤时,也会存在部分槟榔出现返卤返白现象,为克服类似问题,许多槟榔企业采取维持点卤车间恒定的温度与湿度的措施。

生产实践与市场调研均表明,卤水质构和环境温度的影响会造成槟榔返卤返白。卤水制备过程中,随着卤水表面温度下降会形成一层膜(若油水体系未充分混匀易形成光泽外表),呈无定型形态;当受到外力作用时,卤水表面会发生形变;当外力解除后,形变可以恢复。然而,这种状态在槟榔卤水中称为高弹态或膨化态。卤水制备得成功与否,在于保持高弹态或膨化态,氢氧化钙粉末、饴糖、油、水等组分均匀,无析出现象。经制备而成的卤水利用油水分子间作用力、离子键、盐桥、偶极、氢键等复杂体系可维持相对平衡态,但在凉籽、包装、储藏以及运输等过程中,此平衡极易被打破,固形物的黏度低,无法支撑多孔结构而造成塌陷,黏流态形成,自由体积增大,分子扩散加快,从而导致一些物质晶体的析出,造成槟榔返白,影响产品外观和商品价值。

3 返卤返白防治措施

3.1 严格控制水分含量,调整水分状态

水是卤水加工中重要的组成部分,不仅是一种溶剂,还是一种天然的增塑剂和润滑剂,其卤水中水分含量的高低、分布和结合状态的不同,对卤水的结构、外观形态、风味、色泽以及稳定性等影响显著。食品体系中的水可分为 3 类:结合水、自由水、介于结合水和自由水之间的非结合水,后两者与食品中大分子或粒子易发生质子交换^[51]。匡凤姣等^[23]提出卤水的含水量应保持在 26%~27%,实例 3 和实例 4 制备的卤水含水量分别为 29%,30%,经试验观察实例 3 在第 15 天开始返卤;实例 4 在第 7 天开始返卤,从而推测出含水量的高低对槟榔返卤时间有一定的影响。

笔者利用卤素快速水分测定仪和低场核磁共振,分



图 5 纯返卤槟榔

Figure 5 Pure rehlogenated areca nut



图 6 纯返白槟榔

Figure 6 Pure white betelnut



图 7 返卤返白槟榔

Figure 7 Rehlation of betelnut

别对市场上同一品牌同一批次生产的槟榔中出现返卤、返白和返卤返白的样品进行含水量和水分状态的测定,发现返卤、返白、返卤返白和正常品的槟榔平均含水量分别为19.5%,17.6%,20.9%,16.3%;研究发现返卤部分原因是槟榔卤水中的半结合水逐渐向自由水转变所致,而返白可能是由于结合水含量的下降导致卤水中一些晶体析出。

鉴于此,在槟榔制备过程中应严格控制卤水和槟榔片的水分含量,其一是为了防止槟榔片中的水分子与卤水中水分子之间产生交互作用;二是在含水量不变的前提下,尽可能使其水分以结合水和半结合水状态存在,减少自由水含量。

3.2 选择合适的食品添加剂

在食用槟榔卤水的制备过程中使用食品添加剂不仅可以改善食品的“色香味形”,还可以延长食品保质期,从而维护食品安全。基于槟榔卤水专利分析,研究发现食品添加剂已被广泛应用于槟榔行业。如匡凤姣等^[23]研制了一种防止槟榔返卤返白的方法及卤水,通过分别添加0.2%~3.0%,0.05%~1.00%,0.01%~0.05%的乳化剂、甜味剂和防腐剂,并控制卤水水分为26%,其抑制返白时间为20 d;郭志光等^[52]在食用槟榔卤水制备过程中通过添加0.1%~3.0%卡拉胶、0.1%~3.0%甘油和0.2%~2.0%柠檬酸使其返卤时间延长至30 d以上;扶承荣等^[44]在一种槟榔卤水和改善槟榔卤水返白的抑制剂的专利中通过添加不同量的乳化剂、甜味剂、增稠剂、水分保持剂,研究发现水分保持剂、增稠剂、食用油和乳化剂等添加量分别在22.50%,0.25%,4.00%,0.25%时可实现卤水在60 d内不返白;肖东等^[15]通过向卤水中添加复配的增稠剂、水分保持剂以及乳化剂而使其抑制返卤,抑制时间为65 d。

综上,复配添加剂的使用可显著抑制卤水返卤返白的产生,且与单一添加剂相比,复配添加剂更具有协同增效、用量少、成本低、副作用小以及便于运输与使用等优势。为此建议在卤水制备过程中尽量采用复配添加剂,这样不仅能解决短期内销售的槟榔品质问题,且同时不会影响槟榔的风味和口感。

3.3 优化工艺设备

基于槟榔卤水制备方法专利^[41-46]统计与分析得知,槟榔卤水主要是由饴糖、食品级氢氧化钙两种原料经熬制膨化而成,其基本工艺为食品级氢氧化钙+水→石灰乳+饴糖→老卤水→加入食品添加剂→过胶体磨、熬制→卤水。采用胶体磨可能是由于其剪切、研磨及高频振动作用使卤水各成分的粒径变细,相互摩擦与碰撞的次数增多,接触紧密,分布均匀,从而改善卤水的质构,使其在凉籽后形成的凝胶体系硬度增强。为解决返卤返白问题,陈耕等^[53]研制了一种无卤水的新型食用青果槟榔,采

用改良槟榔果加工过程并选用合适的香精香料,结果表明,护色、原果预处理、食用香精香料的使用、炮制等显著影响槟榔产品质量,并且在不加卤水情况下可以加工出风味独特的食用槟榔。在食用槟榔的制备过程中切籽、去核和点卤3道工序目前已实现自动化生产,减少了人工操作带来的食品安全风险,降低了人工成本^[3]。笔者利用球磨机使氢氧化钙粉末达到微米级,并配上乳化泵、高压均质、胶体磨等设备制备的卤水与传统工艺制备的卤水在加速试验下对照发现,采用上述设备制备的卤水在加速试验下46 d出现返卤,从未出现返白。这表明采用上述工艺设备制备的卤水可显著改善卤水的稳定性,抑制返卤返白的现象。

3.4 环境的控制

食用槟榔易在(37±2)℃、湿度为(70±5)%的环境下产生返卤返白。为此在生产制备过程中,通过降低环境湿度和温度,可抑制卤水因高温而融化或吸湿性导致返卤现象。其次,在槟榔包装方式上采用单片独立(真空)包装,可阻断空气中水分和槟榔片之间的交互作用的影响,槟榔在运输和销售过程中仅受温度变化带来的影响,从而在一定程度上减少了返卤返白的产生。零售过程中使槟榔处于恒定的低温环境也可进一步抑制返卤返白。

4 结论

文章主要就槟榔返卤返白危害与原因进行了分析,得出造成槟榔返卤返白的原因主要是水分含量的高低和分布不均匀、添加剂的使用不当、工艺设备未及时更新换代、贮藏市售环境的影响。对此在加工槟榔时,应采取以严格控制水分、复配添加剂使用为主,工艺包装调整为辅,给予低温贮藏市售环境的方法,从而抑制食用槟榔卤水返卤返白的现象。

参考文献

- [1] 严聘,李彦.食用槟榔的加工工艺研究[J].食品与机械,2003,19(6):34-35.
YAN Dan, LI Yan. Study on the processing technology of edible areca nut[J]. Food & Machinery, 2003, 19(6): 34-35.
- [2] 巢雨舟,夏延斌,赵志友,等.食用槟榔超声酶解软化工艺优化[J].农产品加工,2016(21):14-17,21.
CHAO Yu-zhou, XIA Yan-bing, ZHAO Zhi-you, et al. Optimization of ultrasonic enzymatic softening process for edible areca nut[J]. Farm Products Processing, 2016(21): 14-17, 21.
- [3] 邓建阳,李浩,蒋雪薇,等.食用槟榔加工工艺及其化学与微生物污染研究进展[J].食品与机械,2018,34(1):173-176.
DENG Jian-yang, LI hao, JIANG Xue-wei, et al. Research progress of edible areca processing technology and its chemical and microbial pollution[J]. Food & Machinery, 2018, 34(1): 173-176.

- [4] 宾海龙, 简小鹏, 高晓婷. 一种益生菌枸杞槟榔的制备方法: CN111728163A[P]. 2020-10-02.
BING Hai-long, JIAN Xiao-peng, GAO Xiao-ting. Preparation method of a wolfberry betelnut: CN111728163A[P]. 2020-10-02.
- [5] 肖东, 赵志友, 袁河, 等. 一种不伤口有劲道且卤水无游离碱的槟榔制作工艺: CN111034958A[P]. 2020-04-21.
XIAO Dong, ZHAO Zhi-you, YUAN He, et al. A areca nut production process with no wound and no free alkali in brine: CN111034958A[P]. 2020-04-21.
- [6] 王巧. 槟榔的制作工艺: CN109527461A[P]. 2019-03-29.
WANG Qiao. The production process of areca nut: CN109527461A[P]. 2019-03-29.
- [7] 蒋成, 肖人钟. 一种玉竹槟榔的制作方法: CN110897113A[P]. 2020-03-24.
JIANG Cheng, XIAO Ren-zhong. A method for making areca nuts: CN110897113A[P]. 2020-03-24.
- [8] 蒋成, 肖人钟. 一种具备改善口腔微生态功效的铁皮石斛槟榔的制作方法: CN110859288A[P]. 2020-03-06.
JIANG Cheng, XIAO Ren-zhong. A method for making areca nuts: CN110859288A[P]. 2020-03-06.
- [9] 陈辉龙. 一种富硒槟榔枸杞的制作方法: CN109247538A[P]. 2019-01-22.
CHEN Hui-long. A preparation method of selenium-rich betel nut wolfberry: CN109247538A[P]. 2019-01-22.
- [10] 宾海龙. 一种枸杞槟榔的制备方法: CN108669498A[P]. 2018-10-19.
BING Hai-long. A preparation method of wolfberry betelnut: CN108669498A[P]. 2018-10-19.
- [11] 肖东, 谷成云, 袁河, 等. 一种食用富硒槟榔卤水及用其制备槟榔的方法: CN106539048B[P]. 2020-02-21.
XIAO Dong, GU Cheng-yun, YUAN He, et al. A method of edible selenium-rich areca nut brine and preparation of areca nut: CN106539048B[P]. 2020-02-21.
- [12] 匡凤姣, 匡凤军, 刘群, 等. 一种功能型槟榔卤水及其制备方法和槟榔的制作方法: CN108651904A[P]. 2018-10-16.
KUANG Feng-jiao, KUANG Feng-jun, LIU Qun, et al. A functional betel nut brine and its preparation method and betel nut production method: CN108651904A[P]. 2018-10-16.
- [13] 巢雨舟, 赵志友, 肖东. 一种新型槟榔卤水制备方法: CN107440062B[P]. 2020-08-25.
CHAO Yu-zhou, ZHAO Zhi-you, XIAO Dong. A new preparation method of betelnut brine: CN107440062B[P]. 2020-08-25.
- [14] 李智. 一种槟榔卤水及其制作工艺: CN104187527A[P]. 2014-12-10.
LI Zhi. A areca brine and its manufacturing process: CN104187527A[P]. 2014-12-10.
- [15] 肖东, 赵志友, 吴耀祥. 一种可抑制槟榔返卤的食用槟榔卤水及其制备方法: CN106551365B[P]. 2020-11-17.
XIAO Dong, ZHAO Zhi-you, WU Yao-xiang. An edible areca brine which can inhibit the rehlogenation of areca and its preparation method: CN106551365B[P]. 2020-11-17.
- [16] 谭树华, 聂娜, 孙远东, 等. 一种新型槟榔卤水及制备方法: CN106942683B[P]. 2020-10-27.
TAN Shu-hua, NIE Na, SUN Yuan-dong, et al. A new type of betelnut brine and its preparation method: CN106942683B[P]. 2020-10-27.
- [17] 尹修权, 徐健, 雷勇, 等. 一种益生菌卤水及其在槟榔加工中的应用: CN111567777A[P]. 2020-08-25.
YIN Xiu-quan, XU Jian, LEI Yong, et al. A probiotic brine and its application in areca processing: CN111567777A[P]. 2020-08-25.
- [18] 一种食用槟榔卤水的制备方法: CN111053223A[P]. 2020-04-24.
A preparation method for edible betelnut brine: CN111053223A[P]. 2020-04-24.
- [19] 袁勋, 陈文新, 冯焕兵. 一种无氢氧化钙槟榔卤水及其制备方法: CN110140926A[P]. 2019-08-20.
YUAN Xun, CHEN Wen-xin, FENG Huan-bing. A calcium hydroxide-free areca nut brine and its preparation method: CN110140926A[P]. 2019-08-20.
- [20] 谭树华, 聂娜, 黄晓霞, 等. 一种不含铅糖的功能性槟榔卤水及其制备方法: CN109170791A[P]. 2019-01-11.
TAN Shu-hua, NIE Na, HUANG Xiao-xia, et al. A functional areca brine without maltose and its preparation method: CN109170791A[P]. 2019-01-11.
- [21] 陈晓, 肖东, 赵志友, 等. 一种天然甜橙油胶囊槟榔卤水及其制备方法: CN109007738A[P]. 2018-12-18.
CHEN Xiao, XIAO Dong, ZHAO Zhi-you, et al. A natural sweet orange oil capsule betelnut brine and its preparation method: CN109007738A[P]. 2018-12-18.
- [22] 蒋成, 肖人钟. 一种石斛多糖爆珠及其在食用槟榔中的应用: CN110916123A[P]. 2020-03-27.
JIANG Cheng, XIAO Ren-zhong. A kind of dendrobium polysaccharide beads and its application in edible areca: CN110916123A[P]. 2020-03-27.
- [23] 匡凤姣, 匡凤军, 匡凤仙, 等. 一种防止槟榔返卤返白的方法及卤水: CN108651903A[P]. 2018-10-16.
KUANG Feng-jiao, KUANG Feng-jun, KUANG Feng-xian, et al. A method for preventing areca from returning brine to white and brine: CN108651903A[P]. 2018-10-16.
- [24] 赵志友, 巢雨舟, 肖东. 一种新型槟榔卤水制备方法: CN107440062A[P]. 2017-12-08.
ZHAO Zhi-you, CHAO Yu-zhou, XIAO Dong. A new preparation method of betelnut brine: CN107440062A[P]. 2017-12-08.
- [25] 刘建, 周湘池, 姜永江. 一种低粘度的液态碳酸氢钠槟榔卤水: CN104705598A[P]. 2015-06-17.
LIU Jian, ZHOU Xiang-chi, LOU Yong-jiang. A low viscosity liquid sodium bicarbonate areca nut brine: CN104705598A[P]. 2015-06-17.
- [26] 康效宁, 吉建邦, 唐明湘, 等. 一种食用槟榔新型卤水的合成方法: CN111758949A[P]. 2020-10-13.
KANG Xiao-ning, JI Jian-bang, TANG Ming-xiang, et al. A new

- synthetic method for edible betelnut brine: CN111758949A [P]. 2020-10-13.
- [27] 蒋成, 肖人钟. 一种石斛多糖爆珠及其在食用槟榔中的应用: CN110916122A[P]. 2020-03-27.
JIANG Cheng, XIAO Ren-zhong. A kind of dendrobium polysaccharide beads and its application in edible areca: CN110916122A[P]. 2020-03-27.
- [28] 卢克强, 蒋小平, 刘梅森, 等. 一种爆珠槟榔: CN209002836U[P]. 2019-06-21.
LU Ke-qiang, JIANG Xiao-ping, LIU Mei-sen et al. One kind of pop pearl betel nut: CN209002836U[P]. 2019-06-21.
- [29] 邱旷. 一种改善口味的槟榔爆珠及槟榔的制备方法: CN109480237A[P]. 2019-03-19.
QIU Kuang. A method for preparing betel nut beads and betel nuts to improve taste: CN109480237A[P]. 2019-03-19.
- [30] 黄华学, 熊瑶, 龙伟岸, 等. 一种罗汉果味槟榔及制备方法: CN108294258A[P]. 2018-07-20.
HUANG Hua-xue, XIONG Yao, LONG Wei-an, et al. A kind of betel nut with Luohangguo flavor and its preparation method: CN108294258A[P]. 2018-07-20.
- [31] 许和生. 一种咖啡槟榔的制备方法: CN1864536[P]. 2006-11-22.
XU He-sheng. A preparation method of coffee areca nut: CN1864536[P]. 2006-11-22.
- [32] 陈高超, 熊久松, 王冬明. 一种提高槟榔劲道的槟榔加工方法: CN106387737A[P]. 2017-02-15.
CHEN Gao-chao, XIONG Jiu-song, WANG Dong-ming. A processing method of betel nut to improve the strength of betel nut: CN106387737A[P]. 2017-02-15.
- [33] 郭志光. 一种甘草槟榔及制备方法: CN101268822[P]. 2008-09-24.
GUO Zhi-guang. A licorice betel nut and its preparation method: CN101268822[P]. 2008-09-24.
- [34] 刘婷, 周湘池, 娄永江. 一种使用精氨酸和赖氨酸制备的槟榔卤水: CN104719694A[P]. 2015-06-24.
LIU Ting, ZHOU Xiang-chi, LOU Yong-jiang. Areca nut brine prepared by arginine and lysine: CN104719694A[P]. 2015-06-24.
- [35] 朱艳超, 周湘池, 娄永江. 一种低粘度液态槟榔卤水: CN104686878A[P]. 2015-06-10.
ZHU Yan-chao, ZHOU Xiang-chi, LOU Yong-jiang. A low viscosity liquid areca nut brine: CN104686878A[P]. 2015-06-10.
- [36] 刘建, 周湘池, 娄永江. 一种含赖氨酸的槟榔卤水: CN104705599A[P]. 2015-06-17.
LIU Jian, ZHOU Xiang-chi, LOU Yong-jiang. Areca nut brine containing lysine: CN104705599A[P]. 2015-06-17.
- [37] 朱艳超, 周湘池, 娄永江. 一种含精氨酸的槟榔卤水: CN104687066A[P]. 2015-06-10.
ZHU Yan-chao, ZHOU Xiang-chi, LOU Yong-jiang. Areca nut brine containing arginine: CN104687066A[P]. 2015-06-10.
- [38] 廖文斌, 何泽湘, 曾胜强, 等. 一种清凉提神槟榔及其制备方法: CN107125755A[P]. 2017-09-05.
LIAO Wen-bin, HE Ze-xiang, ZENG Sheng-qiang, et al. A cool refreshing betel nut and its preparation method: CN107125755A[P]. 2017-09-05.
- [39] 陈晓, 肖东, 赵志友, 等. 一种芝麻风味槟榔制作方法: CN108770982A[P]. 2018-11-09.
CHEN Xiao, XIAO Dong, ZHAO Zhi-you, et al. A preparation method of sesame flavor betel nut: CN108770982A[P]. 2018-11-09.
- [40] 陈辉. 一种提神纤维槟榔及其制作工艺: CN108740878A[P]. 2018-11-06.
CHEN Hui. A nerve fiber areca nut and its production process: CN108740878A[P]. 2018-11-06.
- [41] 李少洋. 一种槟榔卤水制作工艺: CN104431911A[P]. 2015-03-25.
LI Shao-yang. A betel nut brine production process: CN104431911A[P]. 2015-03-25.
- [42] 张淑华. 一种槟榔卤水制作工艺: CN104413377A[P]. 2015-03-18.
ZHANG Shu-hua. A betel nut brine production process: CN104413377A[P]. 2015-03-18.
- [43] 郭志光, 匡凤姣, 匡凤军, 等. 食用槟榔卤水及其制作方法: CN101843305A[P]. 2010-09-29.
GUO Zhi-guang, KUANG Feng-jiao, KUANG Feng-jun, et al. Edible betelnut brine and its preparation method: CN101843305A[P]. 2010-09-29.
- [44] 扶承荣, 陈永恒, 李炎松. 一种槟榔卤水和改善槟榔卤水返白的抑制剂: CN104304846A[P]. 2015-01-28.
FU Cheng-rong, CHEN Yong-heng, LI Yan-song. An inhibitor of betel nut brine and improvement of betel nut brine whitening: CN104304846A[P]. 2015-01-28.
- [45] 周湘池, 刘必谦, 刘凌. 一种槟榔卤水: CN102835641A[P]. 2012-12-26.
ZHOU Xiang-chi, LIU Bi-qian, LIU Ling. A kind of betelnut brine: CN102835641A[P]. 2012-12-26.
- [46] 张国浩. 原味槟榔、原味槟榔卤水及其制作方法: CN1481720[P]. 2004-03-17.
ZHANG Guo-hao. Original betel nut, original betel nut brine and its preparation method: CN1481720[P]. 2004-03-17.
- [47] 扶承荣. 槟榔卤水返卤改良剂在卤水中的应用(上)[N]. 中国食品报, 2012-06-11(006).
FU Cheng-rong. The application of areca nut brine rehalant modifier in brine (I)[N]. Chinese Food Newspaper, 2012-06-11(006).
- [48] 吴耀森, 刘清化, 龙成树, 等. 卤水槟榔批量干燥加工工艺研究[J]. 食品科技, 2017, 42(1): 120-125.
WU Yao-seng, LIU Qing-hua, LONG Cheng-shu, et al. Study on batch drying process of areca nuts[J]. Food Technology, 2017, 42(1): 120-125.
- [49] 陈辉龙. 一种槟榔枸杞的制作方法: CN109247539A[P]. 2019-01-22.
CHEN Hui-long. A production method of betel nut wolfberry: CN109247539A[P]. 2019-01-22.

(下转第 218 页)

- of starch subjected to microwave heating: A review from the perspective of dielectric properties[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, 99: 593-607.
- [30] BRASOVEANU M, NEMTANU M R. Behaviour of starch exposed to microwave radiation treatment[J]. *Starch-Starke*, 2014, 66(1/2): 3-14.
- [31] JIANG Qian-qian, XU Xue-ming, JIN Zheng-yu, et al. Physico-chemical properties of rice starch gels: Effect of different heat treatments[J]. *Journal of Food Engineering*, 2011, 107(3): 353-357.
- [32] LIM S. A comparison of native and acid thinned normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2007, 40(9): 1 527-1 536.
- [33] COLMAN T, DEMIATE I. The effect of microwave radiation on some thermal, rheological and structural properties of cassava starch[J]. *Journal of Thermal Analysis & Calorimetry*, 2014, 115(3): 2 245-2 252.
- [34] LEWANDOWICZ G, FORMAL J W A, LKOWSKI A. Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of potato and tapioca starches[J]. *Carbohydrate Polymers*, 1997, 34(4): 213-220.
- [35] SZEPES A, HASZNOS-NEZDEI M, KOVÁCS J, et al. Microwave processing of natural biopolymers—studies on the properties of different starches[J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 2005, 302(1/2): 166-171.
- [36] FAN Da-ming, LIN Lu-fen, WANG Li-yun, et al. The influence of metal ions on the dielectric enhancement and radical generation of rice starch during microwave processing[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 94: 266-270.
- [37] FAN Zhu. Modifications of starch by electric field based techniques[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, 75: 158-169.
- [38] BACHMAN S, WITKOWSKI S, PITKA M. Effect of ^{60}Co radiation on some chemical changes in potato starch pastes and gels[J]. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1987, 118(3): 185-191.
- [39] LI Dan-dan, JIANG Li-ming, TAO Yang, et al. Enhancement of efficient and selective hydrolysis of maize starch via induced electric field[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021, 143: 111190.
- [40] HENRY F, COSTA L C, AYMES-CHODUR C. Influence of ionizing radiation on physical properties of native and chemically modified starches[J]. *Radiation Physics and Chemistry*, 2010, 79(1): 75-82.
- [41] BRAOVEANU M, NEMANU M R. Pasting properties modeling and comparative analysis of starch exposed to ionizing radiation[J]. *Radiation Physics and Chemistry*, 2020, 168: 108492.
- [42] COELHO C C S, CERQUEIRA M A, PEREIRA R N, et al. Effect of moderate electric fields in the properties of starch and chitosan films reinforced with microcrystalline cellulose[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2017, 174: 1 181-1 191.
- [43] XUE Pei-yu, ZHAO Yue, WEN Cheng-rong, et al. Effects of electron beam irradiation on physicochemical properties of corn flour and improvement of the gelatinization inhibition[J]. *Food Chemistry*, 2017, 233: 467-475.
- [44] KUMAR P, PRAKASH K S, JAN K, et al. Effects of gamma irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of brown rice starch [J]. *Journal of Cereal Science*, 2017, 77: 194-200.
- [45] 张喻, 谭兴和, 熊兴耀, 等. ^{60}Co - γ 射线对马铃薯淀粉颗粒性质影响研究[J]. *食品与机械*, 2009, 25(6): 22-25.
- ZHANG Yu, TAN Xing-he, XIONG Xing-yao, et al. Effects of ^{60}Co - γ radiation on the granule property of potato starch[J]. *Food & Machinery*, 2009, 25(6): 22-25.
- [46] LI Dan-dan, YANG Na, ZHOU Xing, et al. Characterization of acid hydrolysis of granular potato starch under induced electric field[J]. *Food Hydrocolloids*, 2017, 71: 198-206.
- [47] XUE Li-ping, MA Ya-lu, YANG Na, et al. Modification of corn starch via innovative contactless thermal effect from induced electric field[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2021, 255: 117378.
- [48] PAN Li-hong, XING Jia-li, ZHANG Hao, et al. Electron beam irradiation as a tool for rice grain storage and its effects on the physicochemical properties of rice starch[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 164: 2 915-2 921.
- [49] ZHOU Xing, YE Xiao-jai, HE Jian, et al. Effects of electron beam irradiation on the properties of waxy maize starch and its films[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 151: 239-246.
- (上接第 193 页)
- [50] 张曦, 黎鑫. 湖南省夏季高温热浪时空分布特征及其成因[J]. *气候与环境研究*, 2017, 22(6): 747-756.
- ZHANG Xi, LI Xin. Temporal and spatial distribution characteristics and causes of summer high temperature heat waves in Hunan province[J]. *Climate and environment research*, 2017, 22(6): 747-756.
- [51] 范明辉, 范崇东, 王淼. 利用脉冲 NMR 研究食品体系中的水分性质[J]. *食品与机械*, 2004, 20(2): 45-48.
- FAN Ming-hui, FAN Chong-dong, WANG Miao. Water properties in food systems were studied by pulsed NMR[J]. *Food & Machinery*, 2004, 20(2): 45-48.
- [52] 郭志光, 匡凤姣, 唐选明, 等. 食用槟榔卤水添加剂及应用: CN101843304A[P]. 2010-09-29.
- GUO Zhi-guang, KUANG Feng-jiao, TANG Xuan-ming, et al. Edible areca nut brine additives and application: CN101843304A[P]. 2010-09-29.
- [53] 陈耕, 刘忠义. 食用青果槟榔加工工艺研究[J]. *食品科技*, 2009, 34(8): 80-83.
- CHEN Geng, LIU Zhong-yi. Study on processing technology of edible green betel nut[J]. *Food Technology*, 2009, 34(8): 80-83.