

薏米蒸煮品质加工改良技术研究进展

郭晓燕^{1,2} 雷 静² 龙佩霖² 敖茂宏² 刘凡值² 杨小雨^{2,3}

(¹ 贵州大学生命科学学院/农业生物工程研究院,山地植物资源保护与保护种质创新教育部重点实验室,山地生态与农业生物工

程协同创新中心,贵阳 550025; ² 贵州省农业科学院亚热带作物研究所,兴义 562400;

³ 中国农业科学院作物科学研究所,北京 100081)

摘要: 薏苡具有极高的营养和药用价值,然而质地坚硬、蒸煮时间长等特点制约了薏米的开发应用。结合近年来薏米蒸煮品质相关的报道,介绍了薏米蒸煮品质的基本特性,并系统概述了浸泡、超声波、微波、高温高压、高温膨化、低温冷冻以及后续干燥工艺等以往应用于薏米蒸煮品质改良的加工方式对薏米蒸煮品质的改良效果以及对营养特性的影响。旨在探讨适宜的改善薏米蒸煮品质的方法,为薏米的生产加工与新产品研发提供参考和思路。

关键词: 薏米; 蒸煮品质; 加工改良

薏米为禾本科植物(Poaceae)薏苡(*Coix lachrymajobi* L.)的干燥成熟种仁,又名薏苡仁或薏仁米,是我国首批公布的药食同源食品之一,营养和药用价值兼具,备受市场青睐。薏苡主要种植消费于中国、泰国、印度、日本等东南亚国家。据报道,2019年我国薏苡的种植面积约7.33万hm²,年总产量约55万t,种植面积和产量均居世界首位。国内薏苡则主要种植分布于贵州、云南、广西、福建等4

个省区,其他省份也有零星种植。贵州省薏苡种质资源丰富、栽培历史悠久、生态气候条件适宜,其种植面积、产量常年居全国第一,生产量占全国2/3,薏米总产量近30万t。每年由贵州省生产加工销往全球各地的薏米,占据了全球同行业市场份额的70%以上,产值达43亿元^[1]。

薏米富含淀粉、蛋白、脂肪、人体必需氨基酸和微量矿质元素等营养成分,以及脂肪酸、甾醇、三萜和多糖类等生物活性成分。医药学和临床研究表明薏苡有抗肿瘤、免疫增强、降血糖、诱发排卵、抗溃疡、止泻、镇痛消炎、抗重度功能性痛经、治疗扁平疣、治疗痤疮等功能^[2]。除了用作传统的药材外,薏米最常见的就是用于煮粥或煲汤。近年来,市场上也涌现了大量薏米相关副食品,如薏米饼干、薏

基金项目: 国家自然科学基金(No.31701381);贵州省省级科技计划项目(黔科合支撑[2018]2310,黔科合支撑[2017]2508,黔科合支撑[2021]一般247);贵州省农业科学院院级项目(黔农科院青年科技基金[2021]20号;黔农科院国基后补助[2021]12号,黔农科院成培计[2021]02号);黔西南州科技计划项目(20201-02)

通信作者: 杨小雨

之间的关系。关于优质食味粳稻在不同氮素水平下不同氨基酸含量、不同蛋白质含量等营养指标的测定有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 殷春渊,王书玉,刘贺梅,孙建权,胡秀明,王和乐,田芳慧,马朝阳,张栩,张瑞平. 水稻食味品质性状间相关性分析及其与叶片光合作用的关系. 中国农业科技导报, 2021, 23(4): 119-127
- [2] 刘贺梅,王书玉,刘经纬,孙建权,张栩,殷春渊,田芳慧,张金霞,刘翼成. 优质食味粳稻新品种育种思路及主要技术措施. 中国种业, 2021(11): 30-32
- [4] 殷春渊,王书玉,刘贺梅,孙建权,胡秀明,王和乐,田芳慧,马朝阳,

张栩,胡宁,孙玉鐳,李勋,胡源. 河南省主栽优良粳稻品种食味品质研究. 中国种业, 2020(1): 41-45

- [5] 刘贺梅,王书玉,孙建权,胡秀明,殷春渊,王和乐,田芳慧,郭秋荣. 新稻系列粳稻新品种选育进程与育种思路分析. 农业科技通讯, 2020(6): 9-12
- [6] 张金霞,刘贺梅,孙建权,殷春渊,王和乐,胡秀明,田芳慧,王书玉. 分子标记技术在水稻品种改良中的应用. 中国种业, 2021(9): 14-18
- [7] 殷春渊,马晓红,王书玉,刘贺梅,孙建权,胡秀明,王和乐,魏芳. 水稻稻瘟病抗性鉴定及其评价标准初探. 中国农学通报, 2017, 33(28): 123-132

(收稿日期: 2022-02-15)

米茶及薏米乳酸饮料等。然而,薏米质地坚硬,直接粒食需经长时间浸泡和蒸煮,不仅耗时耗能还易造成营养流失、影响食用口感及其加工应用。为了克服薏米的上述不足、适应当下快节奏的生活方式,人们在生活生产和科研中发明了一系列改善薏米蒸煮品质的方法,主要有浸泡、超声波、微波、高温高压或膨化等预熟化工艺,低温冷冻及其后续干燥处理等等。本文结合近年来薏米蒸煮品质的相关报道,概述了薏米的蒸煮品质特性以及不同加工方式对薏米蒸煮品质及营养特性的影响,以期后续研究提供参考。

1 薏米的蒸煮品质

谷物蒸煮品质以稻米研究最为深入,近年来已有部分学者参考大米蒸煮品质评价方法对薏米进行了初步研究,相关指标有:蒸煮时间、吸水率、膨胀率、米汤碘蓝值及米汤 pH 值等。相较糜子、大米、糯米等谷物,薏米蒸煮时间极长:直接蒸煮,需 100min 以上;即使提前浸泡 1~3h,也需蒸煮 80min^[3-7]。吸水率和体积膨胀率间接反映了谷物的吸水能力,其值越小吸水力越差;相比其他谷物,薏米在蒸煮过程中较难吸水膨胀。米汤碘蓝值反映了谷物在蒸煮过程中溶解在米汤中的可溶性直链淀粉含量,值越大米汤越黏稠,品质越差。薏米的米汤碘蓝值较小,表示其可溶性直链淀粉含量少,品质较好。米汤 pH 值反映了米汤的酸度值,而酸度会影响米饭的口感;薏米与其他谷物相当,米汤均呈中性(表 1)。此外,糊化度以蒸煮过程中糊化淀粉所占谷物全部淀粉量的比例表示,也可以反映谷物的熟化程度。王辉^[3]比较了薏米与几种常见谷物的糊化度,在共同蒸煮 10min 后,糯米糊化度最高为 75.10%,粳米、籼米的糊化度其次,分别为 56.29% 和 38.75%,而薏米、玉米及莲子等糊化度最低,分别为 6.08%、3.35%、2.46%,说明薏米蒸煮过程中较难熟化。

2 不同加工方式对薏米蒸煮品质及营养的影响

为了克服薏米结构致密、蒸煮较难熟化的问题,缩短薏米的蒸煮时间,改善其适口性,生活生产和科研中涌现出了一系列改善薏米蒸煮品质的方法,这些方法对薏米蒸煮品质和营养特性都有不同程度的影响。

2.1 浸泡 浸泡可使谷物体积膨胀,淀粉颗粒间出现细小裂缝,这一变化有利于内部淀粉吸收水分及加热时均一糊化,从而缩短蒸煮时间。影响浸泡效果的最主要因素包括浸泡时间和浸泡温度。

不同的浸泡条件下薏米的蒸煮特性有明显区别。胡吟等^[8]研究发现在 2h 范围内,随浸泡时间延长,薏米的吸水率、膨胀率、弹性增大,硬度降低,蒸煮时间缩短。王辉^[3]研究表明了薏米适宜的浸泡时间为 3h,而且浸泡温度(30~60℃)越高,米粒吸水越快,米粒含水量达到饱和的时间越短。Ding 等^[9]研究不同浸泡温度对薏米蒸煮、理化特性的影响,发现在 70℃ 高温下浸泡,薏米内部水分的分布更均匀,但是其淀粉颗粒受到严重侵蚀。

总之,若浸泡时间不足、浸泡温度过低,则谷物吸收水分不足,蒸煮容易夹生;相反,若浸泡时间过长、温度过高,则会影响米饭的质地和食味,也易造成谷物中营养成分的流失、活性受损、营养价值降低。

2.2 超声波 超声波技术多用于淀粉的提取及改性研究,该技术仅引起淀粉颗粒表面结构的细微变化,对其完整性的影响最小。谷物以淀粉含量最多,前人研究发现超声波可疏松谷物结构、改变其吸水性,进而缩短其蒸煮时间^[3]。

超声波处理谷物时,处理温度和功率对谷物蒸煮品质均有重要影响。王辉^[3]将薏米在不同温度(25℃、40℃和 55℃)下进行超声波处理,发现

表 1 薏米和不同谷物间蒸煮品质比较

谷物类别	蒸煮时间(min)	吸水率(%)	体积膨胀率(%)	碘蓝值	米汤 pH 值	参考文献
薏米	100 以上	120~125	225~250	0.09~0.10	6.7~6.8	[3,5]
糜子	20	353~573	332~790	0.30~0.50	—	[4]
大米	20	310~320	370~380	0.45~0.50	6.9~7.0	[6~7]
糯米	40	300~310	330~340	—	6.8~6.9	[7]

“—”表示引用文献缺少相关数据

超声波处理后的薏米表面出现裂纹,其持水力和体积膨胀率显著提高,米汤中流失的固形物增加,蒸煮后薏米的硬度降低,咀嚼度、弹性增加。固定频率(16kHz)和功率(150W)的超声波处理30min,处理温度越高,相应的薏米含水率越高(22.14%、26.89%、30.12%),且最适蒸煮时间由80.5min分别缩短了4.7min、9.2min、13.2min。陶虹等^[10]研究发现不同功率的超声波(160W、280W、400W)处理糙米,糙米的吸水率随超声波功率增大而增加;400W超声波处理30min,吸水率最大为12.29%,硬度、胶黏性和咀嚼性显著下降12%以上,糙米蒸煮时间缩短4min左右。

可见适当的超声波处理可显著改善谷物的蒸煮品质,深入研究超声波处理对薏米蒸煮品质的影响机理及优化超声波处理条件,将该技术引入薏米加工生产中具有重要的应用价值。

2.3 微波 微波是300MHz~300GHz可产生高频电磁场的电磁波,使物料分子间产生高频振动引起分子间高速摩擦,迅速提升物料温度;微波加热穿透性强、能耗低、加热均匀迅速,对物料的营养影响较小。据报道有学者利用该方法处理薏米,达到了与大米同熟的效果。

孙军涛等^[11]比较了常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化技术处理薏米后对其营养成分、米饭质构和色泽的影响,结果表明:与其他两种方法相比,在微波熟化技术的最佳工艺条件下(料液比1:3、40℃浸泡1.5h、微波功率529W、微波时间5min、微波物料厚度2.8cm),微波处理对薏米营养成分的破坏较小,可以降低薏米的硬度,对薏米色泽的影响也小。刘佳男等^[12]采用恒温浸泡和微波膨化技术处理薏米,在浸泡温度46.4℃、浸泡时间3.9h、微波功率600W、微波时间85s的最佳工艺下,薏米能实现与大米的同熟,它的糊化度可达49.34%,感官评分达90分,且外观形态完整。

2.4 高温高压与高温膨化 目前研究和生产中用的最多的还是高温高压、超高压技术、高温短时气流膨化等方法,这些方法均提高了薏米的糊化度,改善了薏米的蒸煮条件。

孙军涛等^[11]研究了高温高压预熟化薏米的工艺,最佳工艺条件下(料液比1:3、40℃浸泡1h、115℃蒸煮3min,0.25MPa)薏米的糊化度达70%以

上,硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性等均明显提高,相比常温常压蒸煮的薏米,其硬度偏大,弹性、胶黏性和咀嚼性偏小。王俊国等^[13]研究了超高压(通常为100~1000MPa)处理后对薏米蒸煮和食用品质的影响,相比于未处理样品,经过300MPa压力处理后薏米的外观品质、蒸煮品质及食用品质均较好,含水率提高、白度增加、透光度略有降低;蒸煮时间缩短了17.6min、持水率增加;薏米的硬度降低,弹性、胶黏性、咀嚼度增加。高温短时气流膨化最大特点是可满足多种形状大小的物料无油和连续膨化加工,受热时间短、营养保持好。刘晓娟等^[14]采用该技术制备速食薏米,处理后的薏米较之未处理,蒸煮时间由85min缩短至22min,淀粉糊化度提高了4.77%,保留了较高的营养成分,淀粉、蛋白的消化特性变好,微观结构上薏米的空洞变大,蒸煮品质显著提升。

有学者利用上述方法开发了不同类型的速食薏米产品。例如:陈天兵^[15]将薏米在常压饱和蒸汽气蒸90~100min或常压水煮50~80min至完成熟化,采用热风干燥(干燥温度90~100℃)方式将薏米含水量降至10%~25%,从而得到速食薏米。李存芝等^[16]在真空微波下对薏米饼的膨化进行了研究,使薏米的食用更方便、快捷。

2.5 冷冻 当年轻人快节奏的生活方式带火了速冻米饭、速冻粥、速冻水饺等快消产品。以速冻米饭为例,是指将蒸煮好的米饭,在-40℃以下的环境中急速冷冻并在-18℃以下冻藏的产品,冷冻米饭复热后的风味和口感最接近新鲜米饭,相应的缩短了蒸煮时间,而且便捷卫生,备受市场青睐^[17]。

一般来讲冷冻温度和时间是影响速冻米饭的重要因素。信思悦^[18]研究不同冷冻温度(-20℃、-40℃、-80℃)处理方便粥对其营养及蒸煮食味品质的影响,结果表明:其营养成分无显著变化;而经-80℃快速冻结后方便粥复热后其食味品质接近鲜煮米粥;冻结温度越低,方便粥的冻结速率越快、冻结失水率越低,方便粥复热后水分含量越高,固形物含量越低。宋敏等^[19]探索不同冷冻时间对糙米米饭食用品质的影响,发现-23℃冷冻1h后,冷冻米饭复热后感官评分变高,食用品质提升。此外,谷物的生化组成会影响其是否适合做冷冻米饭。徐侃^[17]利用质构仪评价了10种不同的原料米制作的冷冻

米饭,分析发现直链淀粉含量 17% 左右的大米比较适合生产冷冻米饭。

冷冻型速食薏米相关技术和理论研究薄弱,今后在研究冷冻技术加工薏米时可以效仿其他谷物。先将其浸泡,然后冷冻处理,通过评价蒸煮品质指标如吸水率、体积膨胀率等,探索适宜薏米冷冻型速食米饭的工艺。对冷冻薏米米饭的研究,能促进薏米在方便食品领域的发展。

2.6 干燥方式对预熟化薏米品质的影响 干燥是薏米预熟化加工后最关键的环节,常见的干燥方式有热风干燥、微波干燥、真空冷冻干燥 3 种,不同干燥方式下薏米的营养成分、质构及色泽差异较大。张智超等^[20]对以上 3 种干燥方法进行了系统比较,结果表明鼓风干燥最佳工艺条件下(干燥温度 85℃、干燥时间 140min、物料厚度 0.5cm),薏米的脂肪和蛋白质含量升高;薏米的硬度与原料米相比下降,弹性、胶黏性与咀嚼性均增高;色泽上,其亮度增加,表面出现裂纹。微波干燥的最佳工艺条件下(微波功率 539W、干燥时间 5min、物料厚度 3cm),薏米的脂肪和蛋白质含量均升高;薏米的硬度与原料米接近,弹性、胶黏性与咀嚼性均增高;薏米表面有明显裂纹。真空冷冻干燥的最佳工艺条件下(温度 -49℃、干燥时间 5h、物料厚度 2.5cm),薏米的脂肪和蛋白质含量略有下降;硬度下降,弹性、胶黏性与咀嚼性与原料米接近;外观上薏米的亮度增加,表面无裂纹。说明真空冷冻干燥能最大限度地保留食品的口感,能够较好地保留食品原有的形貌特征。

3 展望

近年来随着居民健康意识增强,药食兼用的杂粮变得备受消费者青睐,薏米消费量明显提升。然而薏米质地坚硬、蒸煮耗时,既影响了消费者直接蒸煮食用也制约了其副产品加工,迫切需要研发薏米速食产品。

易煮薏米与传统薏米具有相似的营养价值、质地和风味,且可在短时间内烹饪,市场需求量很大,发展前景广阔。我国易煮薏米的加工技术研究尚处起步阶段,相关技术不够成熟,日后可从以下几点加强相关研究内容:一是进一步完善和研发薏米蒸煮品质改良的加工工艺,速食薏米加工中加强不同加工技术的协同应用;二是深入研究不同加工技术对其营养、活性组分的影响及其作用机制;三是建立薏

米加工原料的品质评价体系,为创制高品质、高营养的易蒸煮薏米提供参考。

参考文献

- [1] 李发耀,石明,黄其松. 薏仁米产业蓝皮书:中国薏仁米产业发展报告 No. 3 (2019). 北京:社会科学文献出版社,2019
- [2] Devaraj R D,Jeepipalli S P K,Xu B J. Phytochemistry and health promoting effects of Job's tears (*Coix lacryma-jobi* L.). Food Bioscience,2020,34: 100537-100547
- [3] 王辉. 薏仁蒸煮特性及改进技术的研究. 重庆:西南大学,2014
- [4] 杨清华. 粳糯糜子品种品质评价与蒸煮食味品质特性研究. 杨凌:西北农林科技大学,2020
- [5] 乔世玉. 基于稳定化处理技术的薏仁米熟化特性研究. 贵阳:贵州大学,2019
- [6] 周显青,张少昌,梁彦伟. 不同储藏条件下蒸谷米蒸煮特性的变化研究. 河南工业大学学报(自然科学版),2021,42(3): 77-84
- [7] 黄亚伟,徐晋,王若兰. 不同品种五常大米储藏期间蒸煮品质与质构变化规律及相关性研究. 粮食与油脂,2016,29(8): 33-38
- [8] 胡吟,叶雅瑜,陶霞,赵炫,高丹尔,郭旭,林亲录,丁玉琴. 浸泡时间对薏米蒸煮过程中水分分布的影响. 中国粮油学报,2018,33(12): 29-35
- [9] Ding Y Y,Zhang G P,Ni C L,Yu G P,Cheng J J,Zheng H Y. Understanding the mechanism of change in morphological structures, visualization features, and physicochemical characteristics of adlay seeds (*Coix lacryma-jobi* L.): The role of heat soaking. Journal of Cereal Science,2020,91: 1-9
- [10] 陶虹,夏强,李云飞. 超声波与超高压处理对全谷物糙米蒸煮品质和抗氧化活性的影响比较. 食品工业科技,2017,38(10): 91-95
- [11] 孙军涛,鄧文莉,张智超,李学进. 薏米预熟化工艺研究. 食品研究与开发,2021,42(1): 101-106
- [12] 刘佳男,于雷,李帅斐,王婷. 薏仁与大米共煮同熟工艺的研究. 粮食与油脂,2016,29(4): 62-67
- [13] 王俊国,汪鸿,耿浩源,陈俊,于殿宇,宋玉卿. 超高压处理对薏仁蒸煮及食用品质的影响. 食品工业,2020,41(6): 36-39
- [14] 刘晓娟,杨磊,毛新,赵力超,周爱梅,刘欣. 高温短时气流膨化后薏米的煮熟特性研究. 食品工业科技,2012,33(16): 153-156
- [15] 陈天兵. 一种全营养速食薏米及其制备方法: 中国,201510116297. 2. 2015-06-10
- [16] 李存芝,傅亮,虞兵,段瀚英,陈赋颖. 微波膨化薏米饼的研究. 食品工业科技,2010,31(3): 236-238
- [17] 徐侃. 冷冻米饭生产工艺及其品质特性的研究. 杭州:浙江工商大学,2011
- [18] 信思悦. 冷冻五谷方便粥及品质特性研究. 重庆:西南大学,2020
- [19] 宋敏,杨志明,王兆刚,付湘晋. 冻融法改善糙米食味品质的研究. 粮食与油脂,2015,28(3): 45-47
- [20] 张智超,李学进,孙军涛,鄧文莉. 干燥方式对预熟化薏米品质影响. 粮食与油脂,2021,34(4): 18-22,26

(收稿日期: 2022-02-16)