

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.06.009

成林梢, 梁钦梅, 姚镇江, 等. 米粉品质评价及生产研究现状及展望[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(6): 71-79.

CHENG L S, LIANG Q M, YAO Z J, et al. Research status and prospect of rice noodles quality evaluation and manufacture[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(6): 71-79.

# 米粉品质评价及生产研究 现状及展望

成林梢<sup>1,2</sup>, 梁钦梅<sup>1</sup>, 姚镇江<sup>1,3</sup>✉, 林莹<sup>1</sup>

- (1. 广西大学 轻工与食品工程学院, 广西 南宁 530004;  
2. 柳州市质量检验检测研究中心, 广西 柳州 545005;  
3. 广西螺霸王食品科技有限公司, 广西 柳州 545005)

**摘要:** 米粉是我国的传统食品, 质构柔韧、富有弹性、口感爽滑, 深受百姓喜爱。但米粉种类繁多且具有地域性强的特点, 目前, 在米粉品质评价指标和米粉原料的选择中, 尚无统一的米粉类国家标准。因此, 根据现有的相关研究, 综述了米粉的分类, 并从米粉的感官评价、理化特性和质构特性三个方面探讨米粉的品质评价指标, 分析比较了适合生产米粉的大米所需要测定额指标及适宜范围, 并从发酵、磨粉、糊化、老化、干燥 5 个方面探讨了米粉生产工艺对米粉品质的影响, 论述了米粉生产过程中的微生物污染风险的控制要点, 以期为建立统一的米粉评价标准和米粉选料原则、优化米粉工艺技术提供参考, 并最大程度降低米粉生产过程中的微生物污染风险。

**关键词:** 米粉; 品质评价; 生产; 微生物

中图分类号: TS213.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)06-0071-09

## Research Status and Prospect of Rice Noodles Quality Evaluation and Manufacture

CHENG Lin-shao<sup>1,2</sup>, LIANG Qin-mei<sup>1</sup>, YAO Zhen-jiang<sup>1,3</sup>✉, LIN Yin<sup>1</sup>

- (1. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China;  
2. Liuzhou Quality Inspection and Testing Research Center, Liuzhou, Guangxi 545005, China;  
3. Guangxi No. Wang foods Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi 545005, China)

**Abstract:** Rice noodle is traditional food in China, with a soft, flexible and smooth texture, which is loved by the general public. However, there is a wide variety of rice noodles and has a strong regional character. At present, in the rice noodle quality evaluation indicators and the selection of raw material for rice noodles, there is no unified national standards for rice noodles class. Therefore, this paper reviewed the classification of rice noodles based on the existing relevant studies, and discussed the quality evaluation indexes of rice noodles from three aspects: sensory evaluation, physicochemical characteristics and texture characteristics of rice noodle. We also analyzed and compared the indicators and suitable range of rice suitable for rice noodle

收稿日期: 2022-06-24

作者简介: 成林梢, 女, 1990 年出生, 本科, 工程师, 研究方向为食品质量与安全。E-mail: 125186555@qq.com.

通讯作者: 姚镇江, 男, 1995 年出生, 研究方向为食品研发与加工。E-mail: 2627707144@qq.com.

production, and discussed the influence of the production process of rice noodle on the quality of rice noodle from five aspects: fermentation, milling, pasting, aging and drying. Finally, the main points of controlling the risk of microbial contamination during the production of rice noodle were discussed, order to provide reference for establishing unified evaluation standard for rice noodles and principles of rice noodles selection, optimizing rice noodles process technology, and minimizing the risk of microbial contamination during the production of rice noodles.

**Key words:** rice noodle; quality evaluation; manufacture; microbe

米粉是以大米为主要原料, 经过加工而成的产品, 是我国的传统食品, 尤其以我国南方地区最为流行, 如广西壮族自治区、广东省、湖南省、江西省、贵州省和云南省等, 且米粉具有鲜明的地方特色, 呈现出地域性强的特点, 如广西有南宁老友粉、柳州螺蛳粉、桂林米粉、桂平罗秀米粉、武鸣生榨粉、宾阳酸粉等, 深受当地百姓的喜爱。

由于米粉品种繁多且具有地域性强的特点, 目前我国尚无统一的米粉类国家标准, 但某些地区根据产品特征制定有相应的地方标准, 如广西出台了地方标准《食品安全地方标准 干制米粉》(DBS 45/051—2018)和《食品安全地方标准 鲜湿米粉》(DBS 45/050—2021), 每个地区还有特色米粉标准, 例如南宁老友粉有《食品安全地方标准 南宁老友粉》(DBS 45/053—2018)标准, 柳州螺蛳粉有《食品安全地方标准 柳州螺蛳粉》(DBS 45/034—2018)标准, 桂林米粉有《食品安全地方标准 桂林米粉》(DBS 45/042—2017)标准等。本文结合研究报道, 综述了米粉的分类及其品质评价指标、米粉品质的影响因素和米粉生产过程中的微生物控制, 以期为米粉的生产及品质控制提供参考。

## 1 米粉分类及品质评价指标

### 1.1 米粉分类

米粉是以大米为主要原料, 经过清洗、浸泡、磨浆(或粉碎)、调浆、发酵(或不发酵)、熟化、成型、冷却等步骤为主要工艺流程的一大类产品。李里特<sup>[1]</sup>按成型工艺将米粉品种划分为切粉(切条成型)和榨粉(挤压成型)两大类。此划分方式基本上囊括了常见的米粉品种。出台的广西地方标准还把米粉按制作工艺和含水量划分为鲜湿米粉( $\geq 70\%$ )、半干型米粉(20%~48%)和干

制米粉( $\leq 14\%$ )。鲜湿米粉、半干型米粉和干制米粉的主要区别在于后两者的制作工艺增加了干燥步骤, 减少了米粉中的水分含量, 以期方便运输和延长储存时间。半干型米粉具有口感好、食用方便、保质期长等优点, 克服了鲜湿米粉、干制米粉的不足, 满足了消费者的需求。但是市场上流通的半干型米粉存在复水时间长、品质不稳定的情况。因此, 缩短复水时间、抗老化和保鲜成为需要解决的技术难题。在广西干制米粉地标中的产品分类里, 按原料又可分为干米粉、调制干米粉(大米占比量 $\geq 55\%$ )和糙米干米粉, 按生产工艺也可分为发酵类和非发酵类。除此之外, 笔者建议还可以把米粉按食用方式分为即食类和非即食类, 以便制定合适的微生物限量值。

### 1.2 米粉的品质评价指标

米粉品质评价方法较多, 目前的评价指标主要集中在感官评价、理化特性(又称蒸煮品质)和质构特性三个方面。

#### 1.2.1 感官评价

感官评价指标为主观评价指标, 由于我国米粉品种多且地域性强, 米粉的感官评价方法缺乏统一的标准, 而各地区标准或各企业标准中仅作了粗略要求, 基本涉及色泽、外观、滋味与气味、杂质4个方面。因此, 研究米粉的感官评价有现实意义。罗文波<sup>[2]</sup>对鲜湿米粉的感官品质评价进行了初步研究, 根据感官品质评价之间的相关性分析结果, 得出第一因子是在色泽、组织形态和口感上有较大的相关性, 第二因子主要在气味上有较大的相关性, 因而最后选择色泽、组织形态和口感作为鲜湿米粉感官品质的核心指标。郭利利等<sup>[3]</sup>对压榨型鲜湿米粉的感官评价方法进行研究, 采用二元对比决定法计算各指标分值, 结合

定量描述分析与系统聚类分析法确定指标分级与分级具体描述,建立了感官评价方法的指标等级,一级指标共4项,二级指标为一级指标的详细项,共9项,如表1。

表1 米粉感官评价指标  
Table 1 Rice sensory evaluation indices

一级指标	二级指标
气味	米香色
外观结构	颜色
	光泽
	结构完整性
	均匀度
质地特性	黏性
	软硬度
	筋道感
食味	味道

该评价方法为目前米粉感官评价方法中的重要参考依据。米粉的感官评价作为对米粉品质最直观的反映,感官评价需要快速准确地给出结果,探讨感官品质评价之间的相关性分析,建立科学的、系统的米粉感官评价体系,对米粉产业的发展有现实意义。

### 1.2.2 理化特性

理化特性(蒸煮品质)指标为客观评价指标,主要包括断条率、蒸煮损失(吐浆值)、碘蓝值、透射比,这4个指标的测定方法并无较大差别。其中,断条率反映米粉蒸煮后的断裂程度,蒸煮损失(吐浆值)反映米粉蒸煮后汤汁中固形物的含量。成明华<sup>[4]</sup>指出断条率和蒸煮损失有显著相关关系,周显青<sup>[5]</sup>经研究发现,两者均与米粉内部的凝胶网络结构致密程度相关,凝胶品质差则断条率高,凝胶网络越松散则吐浆值越高,此两者指标可直观反映米粉的理化特性。碘蓝值反映米粉中直链淀粉的含量,直链淀粉含量越高则碘蓝值越高。透射比反映米粉汤的浑浊程度,透射比越高则米粉越不易糊汤,米粉品质越好。罗文波<sup>[2]</sup>对鲜湿米粉的研究结果选择熟断条率、吐浆值、碘蓝值和透射比作为鲜湿米粉理化性质的核心指标。而由于透射比和蒸煮损失从检测方法来看,均是反映米粉的糊汤现象,因此卿明义<sup>[6]</sup>根据研究结果认为鲜湿米粉的理化核心评价指标为蒸煮损失和熟断条率,半干型米粉的理化核心评

价指标为蒸煮损失和碘蓝值,而干米粉的理化核心评价指标为蒸煮损失、碘蓝值和熟断条率。此外,复水时间(蒸煮时间)、吸水率、入味性、水分含量、酶解值等指标也常用于评价米粉品质。

### 1.2.3 质构特性

Szczensniak<sup>[7]</sup>给出质构的定义为:质构是食品结构及其对施加外力反应方式的感官表现。她将食品质构分为力学特性、几何特性和其他特性三大类<sup>[8]</sup>。为避免感官评价受人员组成的变化和嗜好的影响,保证评价结果的准确性,因此常把质构特性作为米粉品质的客观评价指标。米粉质构特性的评价指标主要是力学特性,包括硬度、黏着性、弹性、内聚性、耐咀嚼性、回复性、拉伸性能、米粉的凝胶强度等。研究表明,口感爽滑的米粉具有良好的弹性、耐咀嚼性和回复性,而硬度值过高的米粉则呈现出硬而脆的特点。黏着性反映米粉的黏性,是米粉产品所不希望的。内聚性是米粉在咀嚼过程中结构的破裂程度,可以反映米粉的理化特性和咀嚼性。Supawadee等<sup>[9]</sup>、Charutigon等<sup>[10]</sup>将硬度、黏着性和弹性作为质构衡量指标。而丁文平等<sup>[11]</sup>通过实验研究米粉质构特性指标之间的相关性,建议将弹性和硬度作为质构特性的主要指标。卿明义<sup>[6]</sup>通过研究,建议将米粉的凝胶强度、拉伸强度和弹性作为鲜湿米粉质构核心评价指标,而半干型米粉的质构核心评价指标为米粉的凝胶强度,干米粉质构核心评价指标为凝胶强度和弹性。

不同研究者建立的感官评价方法易受个人主观因素影响,且感官体系构成因子不统一,认可度并不高。虽然米粉品种繁多,但优质米粉也有共同的物性特点:口感爽滑,柔软细腻,弹性适中,断条率低,蒸煮损失少等。罗文波<sup>[2]</sup>的研究表明鲜湿米粉的质构性质与感官评价的相关显著性不高,但理化性质与感官评价存在极显著相关性。高晓旭等<sup>[12]</sup>对鲜米粉的感官评价各项指标和质构特性各项指标进行了相关性分析,发现质构弹性和口感评价之间存在显著正相关性,但其他质构指标与感官评价之间不一定存在相关性。卿明义等<sup>[13]</sup>对米粉凝胶强度与米粉品质指标的相关性研究,发现当米粉凝胶强度在22.09~

36.66 g/mm<sup>2</sup> 的范围内时,可只测定硬度、粘度等指标便可对米粉品质进行评价。目前米粉的感官评价、理化特性和质构特性三者之间关系的研究相对较少,且研究方法相对单一。因此,在未来可以深入研究三者之间的关系。

## 2 米粉品质的影响因素

### 2.1 原料对米粉品质的影响

#### 2.1.1 大米的成分

一般米粉的主要原料为大米。大米的主要营养成分是淀粉(约80%)和蛋白质(约7%),而脂类、维生素和矿物质等所占比例小,因而大米中淀粉含量和蛋白质含量是影响米粉品质的重要因素。淀粉主要分为直链淀粉和支链淀粉。直链淀粉可形成淀粉凝胶网络结构,为米粉打下骨骼框架;支链淀粉可使米粉更柔软。蛋白质可增加米粉的凝胶结构框架的稳定性。

#### 2.1.2 大米品质指标

不同品种的大米,其直链淀粉和支链淀粉的含量各不相同,蛋白质含量也不同,因此并非所有大米都适合用来制作米粉,为选择适宜制作米粉的原料,确定相应的大米指标具有重要意义。目前,常用直链淀粉含量、蛋白质含量、胶稠度、糊化特性作为筛选大米品种的指标。胶稠度是衡量大米凝胶性质的指标,反映大米凝胶化冷却后的延展性。糊化特性主要包括糊化温度、粘度、崩解值、衰减值和回生值(又称老化值)。糊化温度是淀粉溶胀分裂形成均匀糊状溶液的温度;粘度反映淀粉的抗流动性,包括峰值粘度、最低粘度和最终粘度;崩解值为最高粘度和最低粘度之差,反映米粉的耐剪切能力;衰减值反映米粉糊的热稳定性;回生值反映淀粉糊在低温下老化的趋势或者冷糊的稳定性。笔者收集了当前适宜制作米粉的大米品质指标数值范围,如表2所示。

表2 大米品质指标范围  
Table 2 The range of rice quality indices

名称	研究结果	参考文献
直链淀粉	直链淀粉含量较高会增加米粉口感的弹性,降低蒸煮损失率和断条率,并使米粉质构特性等数据偏高,因此认为使用直链淀粉含量介于22.11%~26.14%的大米加工米粉的效果最好。	[14]
	直链淀粉含量24.3~27.3 g/100g、衰减值400~800 cP、最终黏度值3 500~3 900 cP、回生值1 600~1 850 cP的大米适合用于鲜湿米粉的原加工。	[15]
	直链淀粉含量大于26%、最终黏度大于3 852 Pa·s的大米适合加工鲜湿米粉。	[16]
	稻米直链淀粉含量大于25%,最低黏度大于2 134 cP,最终黏度大于3 553 cP,回生值643~1 005 cP,衰减值303~899 cP时,生产的米粉感官评价得分较好。	[17]
	直链淀粉含量≥20%、支链淀粉含量≤45%的大米更适宜生产鲜湿米粉。	[18]
	米粉的硬度和拉伸强度随直/支链淀粉比例的增大而增大,弹性、回复性、延展性随直/支链淀粉比例的增大而减小,为提高鲜湿米粉的品质,可把直/支链淀粉比例控制在25%左右。	[19]
蛋白质	当蛋白质含量高于3%后,米粉理化特性的碘蓝值较小。	[20]
	当大米蛋白质质量分数在6.0%~7.0%时,加工的鲜米粉柔软顺滑、口感较好,鲜米粉生产过程中可据此筛选大米品种。	[21]
	蛋白质含量和直链淀粉含量是进行米粉筛选的首要指标,两者分别在6.0%~7.0%和21%~25%时最适宜生产米粉。	[22]
胶稠度	胶稠度升高,米粉的断条率和蒸煮损失率也随之升高,选择胶稠度在35~50 mm之间的大米适合米粉生产。	[23]
回生值	回生值在1 526.5~2 036.7 cP区间时,生产的米粉品质优良。	[24]
	米粉的老化受原料性质和老化条件共同影响,建议选择直链淀粉含量高、胶稠度低、衰减值低、回生值高的大米制作米粉。	[25]

衡量大米品质的指标之间也有相关性,杨晓蓉<sup>[26]</sup>研究表明直链淀粉含量影响淀粉的糊化特性。王永辉等<sup>[14]</sup>研究发现,直链淀粉含量较低,则糊化的粘度大,因此米粉的黏连程度大;但直

链淀粉含量过高,则会提高糊化温度,降低米浆糊化后的流动性,导致米粉难以挤出成型。孙庆杰等<sup>[27]</sup>研究发现胶稠度越小所对应的直链淀粉含量越高,最低粘度、最终粘度和回生值越高,

崩解值越小,因此推荐用胶稠度来估计直链淀粉含量和凝胶性能。Baxter G<sup>[28]</sup>的研究表明,大米的糊化特性还与大米中的蛋白质有关。肖满凤<sup>[20]</sup>深入研究大米蛋白对大米糊化特性的影响,发现大米脱蛋白处理会降低大米糊化温度,并使粘度、回生值、衰减值降低,而崩解值显著升高。

综合以上研究,可以确定大米的直链淀粉含量为大米品种品质的核心指标;部分研究人员通过对大米的主成分分析,把蛋白质含量和胶稠度也作为大米品种品质的重要指标。目前,由于使用的大米品种各异,米粉种类加工工艺不同,试验条件和方法有差异,米粉品质评价也略有差异,导致适宜生产米粉的大米原料指标数值有偏差。虽然指标数值不能完全统一,但根据现有的研究结果,直链淀粉含量大致在21%~26%之间,蛋白质含量大于3%或者在6%~7%之间,胶稠度在35~50 mm范围内的大米制作出来的米粉品质较好,据此判断出大米中的籼米是比较适合用于制作米粉。

## 2.2 生产工艺对米粉品质的影响

米粉品质除了受原料大米品质的影响外,还受生产工艺的影响。米粉的生产工艺大同小异,一般包括发酵(或不发酵)、淘洗、磨粉、糊化、成型、老化(冷却)、干燥(或不干燥)、灭菌。

### 2.2.1 发酵工艺

米粉可分为发酵型和非发酵型。发酵型米粉是指原料大米浸泡时间为2~7 d后制作的米粉,具有特殊的风味及爽滑的口感,备受消费者喜欢。米粉的发酵分为自然发酵和纯种发酵。自然发酵是在室温下,利用环境及其自身所携带的微生物进行发酵,目前大多数工厂都是采用自然发酵来生产发酵米粉,但自然发酵具有随机性和不稳定性,每一批的产品品质不一,易引起米粉质量安全问题。纯种发酵是人为引入特定微生物,以厌氧发酵为主,优势菌群为乳酸菌和酵母菌<sup>[29]</sup>。易翠平<sup>[30]</sup>在对纯种发酵的研究中发现,乳酸菌主要作用于蛋白质、淀粉(含直链淀粉)和灰分,从而影响鲜湿米粉的拉伸力、质构特性和理化特性,酵母菌主要作用于脂质从而影响鲜湿米粉的风味。一些研究<sup>[31]</sup>还表明,乳酸菌发酵大米大量产

酸,浸米液 pH 值显著降低,使大米中的某些蛋白质不能结合重金属镉,从而降低大米中的镉含量。纯种发酵可使有益菌快速生长,能提高米粉的安全品质,但目前在米粉生产中应用纯菌发酵还是很少,因此,纯菌发酵将是未来研究的重点。

### 2.2.2 磨粉工艺

磨粉工艺一般有三种:干法制粉、半干法制粉和湿法制粉。干法制粉是最简单最直接的制粉工艺,将稻米去杂质后直接放入研磨机研磨,过一定数目筛网得成品粉,干磨制粉的物料粒径有较宽的范围。虽然工艺简单,却也存在一些弊端,如制粉过程中机器与物料间的剧烈摩擦造成物料温度过高,产出物料破损淀粉含量较多,这对物料的理化性质及米粉品质有较大影响。湿法制粉是我国的传统磨浆工艺,将物料加入大量水浸泡适当时间,再经磨浆、干燥工艺即可。湿法磨粉的损伤淀粉含量较低,生产出来的物料品质较好,但是(1)会造成营养物质会流失,如蛋白质<sup>[32]</sup>;(2)会产生大量的废水,污染环境;(3)且后续多了干燥的工序,增加了能耗。基于以上两种方法存在的弊端,学者们研究了半干法制粉。半干法制粉是指将带研磨物料加入一定量水分,或其他含水量较高的物料相混合,润米、调配后再进行研磨的工艺。研究表明,半干法制粉的粉质特性接近湿法磨粉<sup>[33]</sup>,且产生废水少、能耗低,将是未来工业化制粉的方式。磨粉可导致淀粉分子结构的改变,引起米制品的老化,但目前几乎没有相关研究证明磨粉导致的淀粉分子结构的改变会对米粉的老化产生影响<sup>[34]</sup>。

### 2.2.3 糊化工艺

糊化是米粉能够加工成型的关键工序。糊化的目的是使淀粉充分熟化(也有称胶化, $\alpha$ 化),同时使蛋白质受热发生变性。常温下的淀粉不溶于水,形成悬浮液。当淀粉与水的混合物受热升温时,淀粉的吸水量增大,颗粒体积随即膨胀,最后形成网状含水胶体。这是不可逆的吸水过程。当前,工厂中生产干米粉和鲜湿米粉的糊化工艺有一定的区别。干米粉一般是大米粉在挤压机内发生糊化,然后通过磨具挤压成型;鲜湿米粉一般是先在粉坯糊化,然后通过膜具挤压成型。糊

化过程主要受加水量、糊化温度和糊化时间的影响。加水量对糊化工序有较大影响,陈晓聪等<sup>[35]</sup>的研究表明,要制作综合品质较好的鲜湿米粉,糊化工序的加水量应控制在65%~70%范围内。糊化过程中的糊化温度对后续工艺也有很大影响,控制在92~98℃之间最好:温度过低挤丝出来的米粉不熟透,易脱浆;温度过高,挤丝出来的米粉易粘连,到老化工序,粉条粘在一起,松不透,成废品。糊化要经过一段时间才可以完成,时间过长会导致水分丧失,且会变成糊精,米粉的弹性下降;时间过短,淀粉颗粒不能形成凝胶网络结构。

#### 2.2.4 老化工艺

米粉老化实质是淀粉老化(也有称回生, $\beta$ 化),充分糊化后的淀粉经过冷却后,直链淀粉和支链淀粉重新进行有序排列。老化是糊化的逆过程,且老化是不可逆反应。淀粉老化后吸水能力明显下降,导致米粉的柔韧性下降,硬度上升。老化条件主要包括老化时间、老化温度和水分。米粉品种不同老化条件也不同,曹世阳<sup>[19]</sup>经过对大米淀粉凝胶品质的研究,给出了特定原料大米的鲜湿米粉最佳老化温度为3℃,老化时间为9.59 h,老化环境湿度为80%。

#### 2.2.5 干燥工艺

干燥工艺是干制米粉和半干型米粉生产的特殊工序之一,目的是为了减少米粉中的水分含量,从而延长保质期。在米粉生产中的干燥方法有自然干燥、热风干燥、微波干燥<sup>[36]</sup>、冷冻干燥<sup>[37]</sup>和红外干燥等,实际生产中最常用的是热风干燥。热风干燥的温度过高,米粉外层易快速形成坚硬的结晶体,从而导致米粉的断条率高;温度过低导致米粉干燥时间延长,易给微生物留下充足的生长时间,从而影响米粉的品质。因此,通常将温度控制在50~60℃。

### 2.3 米粉生产过程中的微生物控制

米粉由于原料营养丰富,极易受到微生物的污染,常有报道鲜湿米粉的菌落总数指标、大肠菌群指标超标。石文松等<sup>[38]</sup>对33批预包装湿米粉里的微生物群落进行研究,发现所有样品均有微生物污染且菌落总数随时间越长而增加,其中

的优势菌群为芽孢杆菌、肠杆菌、葡萄球菌、乳酸菌、霉菌、酵母菌。郝娟等<sup>[39]</sup>对市售的139份鲜湿米粉进行了金黄色葡萄球菌的检测,检测率为27.3%。近年来广东省连续发生多起非发酵鲜湿米粉类食物中毒事件,致病元凶是椰毒假单胞菌酵米面亚种产生的米酵菌酸<sup>[40]</sup>。

把控好生产过程中的关键控制点,可以有针对性地解决微生物污染的问题。林亲录等<sup>[41]</sup>把HACCP体系运用于鲜湿米粉的生产过程中,通过对生产工艺流程的危害性分析,把原辅料及包装材料接收、浸泡、金属检测、杀菌确定为4个关键控制点,并提出相应的关键限值。也有研究表明原料大米经过洗米、浸米、磨浆、调浆后菌落总数变得更严重<sup>[42-43]</sup>。但吴军辉<sup>[44]</sup>研究湿米粉加工环节微生物污染情况得出米浆经过在102℃、1.2 min的蒸汽后,微生物降至安全水平。张玮等<sup>[43]</sup>研究杀菌工艺对鲜湿米粉的保鲜效果,得出水浴温度95℃、水浴时间40 min的杀菌效果较好,此时鲜湿米粉的感官品质没被显著影响,但大部分微生物能被杀死,保鲜期可长达3月以上。白芸等<sup>[43]</sup>通过对鲜湿米粉关键生产环节的菌落总数和大肠菌群的生长情况调查,发现浸米温度、pH值、冷却工艺和器具消毒方法对鲜湿米粉的污染影响最大,并提出了相应的数值。

综合以上研究讨论,根据微生物的消长过程,笔者建议把米粉生产工艺流程大致分为两部分,第一部分包括洗米、浸米、磨浆和蒸皮,第二部分包括成型、冷却和杀菌。第一部分虽然在蒸皮步骤可以灭杀之前工序的大部分微生物,但是微生物产生的有害物质不一定能消除,且蒸皮的温度和时间会随着米粉品种工艺的不同而变化。彻底清洗原料大米可以有效减少初始微生物量,且在浸米过程中,控制浸米温度和pH值可以降低微生物繁殖的作用,从而减少微生物产生有害物质。第二部分的冷却工艺种类常用的有水冷模式和风冷模式。白芸<sup>[43]</sup>建议水冷工艺需提高冷却水中 $\text{ClO}_2$ 的有效浓度到20 mg/L,且使用125 mg/L的 $\text{ClO}_2$ 溶液对冷却水槽进行消毒处理。风冷工艺则需要适宜的洁净环境,且设备布局合理,不能形成交叉污染。

此外,食品加工操作人员、机械设备、加工用水、加工环境等在米粉加工过程中,都有可能成为微生物污染源,其中,机械设备是导致食品微生物危害的主要因素,容易引发耐热菌的污染。在米粉生产加工过程中,相关操作人员应养成良好的工作习惯,严格遵守规范生产流程,积极参加职业安全卫生培训,可有效避免病原性微生物出现。同时,构建良好的生产加工环境,是食品加工生产部门的重要职责之一,食品生产加工环境应符合国家规范要求,并尽量选用食品级不锈钢材料作为接触食品的设备 and 容器,最大限度降低微生物交叉感染发生率。最后,还应根据国家相关标准,选择无菌包装袋作为食品包装材料,尽可能减少外源微生物的污染。

### 3 展望

米粉是一种极具地方特色的米制传统食品,且随着国家监管部门的规范化和互联网发展推进的全球一体化,米粉行业目前已经进入了发展快车道。传统米粉工业化发展必然成为大趋势,制定统一的相关米粉标准是工业化发展的基础。科学论证米粉品质评价中感官评价、理化特性和质构特性三者的关系,以米粉品质评价指标作为基石,系统地研究原料大米和加工工艺对米粉品质的影响,确定适宜生产米粉的原料大米指标,优化米粉加工工艺,深入排查生产过程中的微生物污染风险关键控制点,为建立现代化的米粉加工企业提供有利的科学保障。

#### 参考文献:

- [1] 李里特,成明华. 米粉的生产与研究现状[J]. 食品与机械, 2000(3): 10-12.  
LI L T, CHENG M H. Production and research status of rice noodle[J]. Food and Machinery, 2000(3): 10-12.
- [2] 罗文波. 鲜湿米粉的品质评价、原料适应性及保鲜研究[D]. 中南林业科技大学, 2012.  
LUO W B. The study on the quality evaluation, processing suitability and preservation of fresh rice noodles[D]. Central South University of Forestry and Technology, 2012.
- [3] 郭利利,周显青,熊宁,等. 压榨型鲜湿米粉条感官评价方法的研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 253-261.  
GUO L L, ZHOU X Q, XIONG N, et al. Research on sensory evaluation methods for pressed and fresh rice noodles[J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(2): 253-261.
- [4] 成明华,李里特,辰己英三. 非发酵型米粉的品质评价体系[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(5): 14-18.  
CHENG M H, LI L T, TATSUMI E. The evaluation systems of non-fermented rice noodle[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2000, 15(5): 14-18.
- [5] 周显青,张玉荣. 米粉(线)加工及品质评价方法研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 38(3): 123-130.  
ZHOU X Q, ZHANG Y R. Advance of processing and quality evaluation method of rice noodles[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2017, 38(3): 123-130.
- [6] 卿明义. 半干型调制方便米粉生产工艺的研究[D]. 广西大学, 2018.  
QING M Y. Study on the process of semi-dry modulated instant rice noodles[D]. Guangxi University, 2018.
- [7] SZCZESNIAK A S. Texture: is it still an overlooked food attribute[J]. Food Technology, 1990, 44(9): 86-95.
- [8] SZCZESNIAK A S. Classification of textural characteristics[J]. Journal of Food Science, 1963, 28(4): 385-389.
- [9] SUPAWADEE C, PRISANA S. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality[J]. Journal of Cereal Science, 2010, 51(3): 284-291.
- [10] CHARUTIGON C, JITPUPAKDREE J, NAMSREE P, et al. Effect of processing conditions and the use of modified starch and monoglyceride on some properties of extruded rice vermicelli[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(4): 642-651.
- [11] 丁文平,王月慧,夏文水. 米线生产中原粮选择指标的确定[J]. 食品科技, 2004(10): 24-26.  
DING W P, WANG Y H, XIA W S. Determination on choosing standard of raw material in manufacturing rice noodle[J]. Food Science and Technology, 2004(10): 24-26.
- [12] 高晓旭,佟立涛,钟葵,等. 鲜米粉加工专用原料的选择[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(2): 1-5.  
GAO X X, TONG L T, ZHONG K, et al. Raw material selection for fresh rice noodles[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(2): 1-5.
- [13] 卿明义,林莹. 米粉凝胶强度与米粉品质指标的相关性研究[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(1): 103-108.  
QING M Y, LIN Y. Study on the correlation between the Gel Strength and the Quality Parameters of Rice Noodle[J]. Storage and Process, 2020, 20(1): 103-108.
- [14] 王永辉,张业辉,张明位,等. 不同水稻品种大米直链淀粉含量对加工米粉丝品质的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(1): 109-120.  
WANG Y H, ZHANG Y H, ZHANG M W, et al. Effect of amylose content of different rice varieties on the qualities of rice vermicelli[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(1): 109-120.
- [15] 张聪男,薛薇,冯晓宇,等. 鲜湿米粉原料加工适应性及配米技术研究[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(11): 1-7.

- ZHANG C N, XUE W, FENG X Y, et al. Adaptability of rice noodle raw material and rice blending[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(11): 1-7.
- [16] 雷婉莹. 鲜湿米粉配米原料选择及加工工艺研究[D]. 湖南农业大学, 2019.
- LEI W Y. Study on blended rice selection and processing technology of fresh rice noodles[D]. Hunan Agricultural University, 2019.
- [17] 孙婷琳, 熊宁, 郭利利, 等. 基于主成分分析的鲜湿米粉感官品质的预测[J], 食品科技, 2016, 41(1): 269-274.
- SUN L T, XIONG N, GUO L L, et al. Sensory quality of fresh rice noodles based on principal component analysis[J]. Food Science and Technology, 2016, 41(1): 269-274.
- [18] 李琳, 陈洁, 王远辉, 等. 大米原料对鲜湿米粉品质影响[J]. 食品工业, 2019, 40(6): 177-182.
- LI L, CHEN J, WANG Y H, et al. The raw material selection of instant fresh rice noodle[J]. Food Industry, 2019, 40(6): 177-182.
- [19] 曹世阳. 影响大米淀粉凝胶品质的因素及其对鲜湿米粉食用品质影响的研究[D]. 广西大学, 2017.
- CAO S Y. Study on the factors affecting the quality of rice starch gel and the effect on the edible quality of fresh[D]. Guangxi University, 2017.
- [20] 肖满凤, 徐晓辉, 李宏升, 等. 大米蛋白对大米淀粉糊化特性及鲜湿米粉品质影响的研究[J]. 食品科技, 2016, 41(4): 168-172.
- XIAO M F, XU X H, LI H S, et al. Effect of rice protein content on rice starch gelatinization property and wet rice noodle quality[J]. Food Science and Technology, 2016, 41(4): 168-172.
- [21] 高晓旭, 佟立涛, 钟葵, 等. 鲜米粉加工专用原料的选择[J], 中国粮油学报, 2015, 30(2): 1-5.
- GAO X X, TONG L T, ZHONG K, et al. Raw material selection for fresh rice noodles[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(2): 1-5.
- [22] 梅小弟. 常德米粉原料适应性及生产工艺研究[D]. 中南林业科技大学, 2016.
- MEI X D. Technology characteristic research on the adaptability of material of rice noodle in Changde region[D]. Central South University of Forestry and Technology, 2016.
- [23] 徐晓辉. 鲜湿米粉原料工艺特性的研究[D]. 广西大学, 2014.
- XU X H. Study on the process property of raw material of fresh rice noodles[D]. Guangxi University, 2014.
- [24] 周显青, 彭超, 张玉荣, 等. 早籼稻的品质分析与其压榨型鲜湿米粉加工适应性[J], 食品科学, 2018, 39(19): 36-43.
- ZHOU X Q, PENG C, ZHANG Y Y, et al. Quality analysis of early indica rice cultivars and their suitability for processing of pressed fresh noodles[J]. Food Science, 2018, 39(19): 36-43.
- [25] 李刚凤, 陈洁, 吕莹果, 等. 大米原料性质对米粉老化品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(2): 39-42.
- LI G F, CHEN J, Lü Y G, et al. Influence of raw material properties on retrogradation characteristics of rice noodles[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2013, 34(2): 39-42.
- [26] 杨晓蓉, 李歆, 凌家煜. 不同类别大米糊化特性和直链淀粉含量的差异研究[J]. 中国粮油学报, 2001, 16(6): 37-42.
- YANG X R, LI X LING J Y. Differences among rice categories in pasting characteristics and amylose content[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2001, 16(6): 37-42.
- [27] 孙庆杰, 丁文平, 丁霄霖, 等. 米粉(米线)原料标准的研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(1): 12-15.
- SUN Q J, DING W P, DING X L, et al. Studies on the standard for rice noodle material[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2004, 19(1): 12-15.
- [28] BAXTER G, BLANCHARD C, ZHAO J. Effects of prolamin on the textural and pasting properties of rice flour and starch[J]. Journal of Cereal Science, 2004, 40(3): 205-211.
- [29] 鲁战会. 生物发酵米粉的淀粉改性及凝胶机理研究[D]. 中国农业大学, 2002.
- LU Z H. Raw starch modification in rice noodles and its gelatinization mechanism induced by biological fermentation process[D]. China Agricultural University, 2002.
- [30] 易翠平, 任梦影, 周素梅, 等. 纯种发酵对鲜湿米粉品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(4): 20-25.
- YI C P, REN M Y, ZHOU S M, et al. Effect of pure culture fermentation on qualities of rice noodle[J]. Food Science, 2017, 38(4): 20-25.
- [31] 陈青. 乳酸菌发酵对大米镉结合蛋白的影响[D]. 中南林业科技大学, 2019.
- CHEN Q. Effect of lactic acid bacteria fermentation on cadmium binding protein in rice[D]. Central South University of Forestry and Technology, 2019.
- [32] 夏稳稳. 糯米粉加工关键工艺参数优化及工艺设计[D]. 河南工业大学, 2013.
- XIA W W. Optimizing key parameters and the technology design for waxy rice flour processing[D]. Henan University of Technology, 2013.
- [33] 彭国泰. 磨粉方式对糙米粉性质及米线品质的影响[D]. 湖南农业大学, 2017.
- PENG G T. Effects of grinding methods on properties of brown rice and quality of rice noodle[D]. Hunan Agricultural University, 2017.
- [34] 陈凤莲, 孙贵尧, 郭银梅, 等. 米制品抗老化研究的发展与展望[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(4): 39-44.
- CHEN F L, SUN G Y, GUO Y M, et al. Development and prospect of anti-aging research on rice products[J]. Cereals and Oils, 2022, 35(4): 39-44.
- [35] 陈晓聪, 肖满凤, 林莹. 水分对淀粉糊化度及鲜湿米粉品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(3): 41-44.
- CHEN X C, XIAO M F, LIN Y. Effect of water addition on

- starch gelatinization degree and quality of fresh and wet rice flour[J]. *Cereals and Oils*, 2018, 31(3): 41-44.
- [36] 赵红霞, 王应强, 杨丰, 等. 不同干燥方法对速食小米粉品质及体外抗氧化活性的影响[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(10): 36-42.
- ZHAO H X, WANG Y Q, YANG F, et al. Effect of different drying methods on quality and antioxidant of instant millet flour[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(10): 36-42.
- [37] 刘成梅, 左艳娜, 万婕, 等. 干燥方法对方便米粉老化特性的影响[J]. *中国粮油学报*, 2014, 29(5): 1-4+35.
- LIU C M, ZUO Y N, WAN J, et al. Effects of drying methods on the retrogradation of instant rice noodles[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2014, 29(5): 1-4+35.
- [38] 石文松, 胡卓, 罗雨阳, 等. 某市预包装湿米粉微生物污染状况调查[J]. *检验检疫学刊*, 2019, 29(3): 61-62+76.
- SHI W S, HU Z, LUO Y Y, et al. Investigation of microbial contamination of packaged wet rice noodle in a certain city[J]. *Journal of Inspection and Quarantine*, 2019, 29(3): 61-62+76.
- [39] 郇娟, 杨永, 董华夏, 等. 鲜湿米粉中金黄色葡萄球菌污染状况研究[J]. *粮食与油脂*, 2019, 32(6): 75-77.
- LI J, YANG Y, DONG H X, et al. Study on contamination of *Staphylococcus aureus* in fresh rice noodles[J]. *Cereals and Oils*, 2019, 32(6): 75-77.
- [40] 梅灿辉, 李汴生, 阮征, 等. 鲜湿粉类食品中产生米酵菌酸风险点的探讨[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(6): 460-466.
- MEI C H, LI B S, RUAN Z, et al. Discussion on risk points of producing bongkrelic acid in fresh wet rice noodles and vermicelli[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(6): 460-466.
- [41] 林亲录, 吴跃, 王婧, 等. 鲜湿米粉生产中 HACCP 关键控制点分析[J]. *食品与机械*, 2011, 27(5): 163-164+181.
- LIN Q L, WU Y, WANG J, et al. Analysis of HACCP critical control point in fresh wet rice noodles production[J]. *Food & Machinery*, 2011, 27(5): 163-164+181.
- [42] 刘壮, 凌彬, 谢子江, 等. 湿米粉在存放过程中的品质变化[J]. *粮食与饲料工业*, 2010(8): 16-18.
- LIU Z, LING B, XIE Z J, et al. Quality variation of wet rice noodle during storage physical and chemical[J]. *Cereal and Feed Industry*, 2010(8): 16-18.
- [43] 白芸, 王子颖, 蓝伟杰, 等. 鲜湿米粉生产过程微生物污染调查及控制[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(24): 194-199+224.
- BAI Y, WANG Z Y, LAN W J, et al. Investigation and control of microbial contamination in the production of fresh and wet rice flour[J]. *Food Research and Development*, 2020, 41(24): 193-199+224.
- [44] 吴军辉, 梁兰兰, 幸芳, 等. 湿米粉加工环节微生物污染情况调查[J]. *粮食与饲料工业*, 2012(6): 28-30+35.
- WU J H, LIANG L L, XIN F, et al. Investigation on microbial contamination in wet rice noodle processing[J]. *Cereal and Feed Industry*, 2012(6): 28-30+35.
- [45] 张玮, 陈洁, 陈玲. 杀菌工艺对鲜湿米粉的保鲜效果及品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019, 10(5): 32-37.
- ZHANG W, CHEN J, CHEN L. Effect of sterilization process on preservation and quality of fresh wet rice noodles[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2019, 10(5): 32-37. ☞