

# 中国传统糟制技术及糟制品研究进展

聂景贵, 张 宵, 李栩栩, 黄琪琳\*

(华中农业大学食品科学技术学院 国家大宗淡水鱼加工技术研发中心(武汉) 武汉 430070)

**摘要** 糟制是指原料经过适当的预处理后,辅以酒糟、调味料和香辛料进行包埋,在密封环境下,借助微生物自然发酵促进产品成熟的技术。应用糟制技术的主要目的是延长食品的保质期,并赋予产品酒香、米香、醋香相混合的独特风味。传统糟制技术受限于其复杂与耗时的工艺,随着技术发展及设备优化,现代糟制技术被广泛应用于各类肉制品的加工过程中,并逐渐实现工业化生产。本文概述糟制技术的起源、发展和工艺改良及糟制品的种类,重点阐述糟制技术对食物品质的改善作用,以及酒糟鱼独特风味的形成机理,总结现有研究中存在的不足,并分析糟制品的未来经济效益,以期对糟制技术未来的应用和发展提供理论和技术指导。

**关键词** 糟制技术; 糟制品; 预处理; 工艺改良; 品质改善; 风味形成机理

**文章编号** 1009-7848(2023)10-0379-14 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.10.037

糟制是基于盐腌、干燥预处理之后对原料施加的再加工技术,是传统发酵技术之一,因通过与酒糟混合辅助发酵,使食物原料具有独特的糟制风味而得名<sup>[1]</sup>。糟制食品是深受人们喜爱的美食,在我国江西、浙江、福建等地广为流传。科学证实糟制借助酒糟中残余的乙醇为原料,营造一种高醇环境,从而抑制杂菌生长,延长食物保质期<sup>[2]</sup>。此外,经过密封发酵,微生物分解原料成分产生风味物质,混合原料本身的风味,形成糟制品的独特发酵风味<sup>[3]</sup>。

糟制过程中使用的主要辅料为酒糟,通常选用糯米酒糟。酒糟是酿酒业的主要副产物,我国酿酒业兴盛,2018 年全国白酒酒糟的产量达 1.1 亿 t<sup>[4]</sup>。若将酒糟直接丢弃,会对空气、表层水和土壤造成严重的污染<sup>[5]</sup>。目前,大多数酒糟被直接用作廉价饲料或生产化工产品<sup>[4]</sup>,利用效益低,而糟制能够实现廉价酒糟的高值化利用,酒糟的再利用不仅能够提高酒糟的经济效益,还能避免排放带来的环境污染。

近年来,随着研究深入,糟制品的品质形成机制逐渐明晰,且在糟制品生产过程中引入了新的技术与设备,使糟制技术不断完善。然而,目前仍缺乏相关文献对糟制技术进行全面的介绍。本文

就糟制技术及糟制产品的相关研究现状进行综述,旨在规范糟制技术,并为其未来发展提供理论依据。

## 1 糟制技术的起源与发展

糟制食品醇香四溢,滋味浓郁,在我国具有上千年的食用历史。据史料记载,糟制最早起源于三千多年前的商周时期,是中国古代渔民发明的用于保藏鱼类的方法<sup>[6]</sup>。周代“八珍”、北魏《齐民要术》和宋朝《清异录》都有对糟制品的记载;唐代时期的浙江糟鱼名声大振,到元朝,糟姜、糟鱼、糟蟹成为一代饮食珍品;明代将朱元璋大战鄱湖时食用过的酒糟鱼列为皇家珍肴,清朝有曹雪芹在《红楼梦》中将贾母和宝玉吃糟鹅掌、糟鸭舌、糟鹌鹑的情景描绘得栩栩如生、惟妙惟肖<sup>[7]</sup>。因糟制品风味极佳,糟制工艺一直流传至今,并经历了诸多改良。对糟制品的科学化研究最早是由江西大学(现南昌大学)于 1988 年完成,并开发了首个正规的糟制产品——“明太祖酒糟鱼”,该科研成果在 1990 年被国家科委评选为国家级科技成果。同时期江西省国营康山食品罐头厂首次实现了糟制品的工业化生产。如今,最著名的糟制品当属江西省的非遗美食酒糟鱼,其年产量高达数千吨<sup>[8]</sup>。

## 2 糟制前的预处理及其作用

在糟制之前需要对原料进行适当的预处理,使原料处于适合进行糟制的状态。图 1a 为肉制品

收稿日期: 2022-10-03

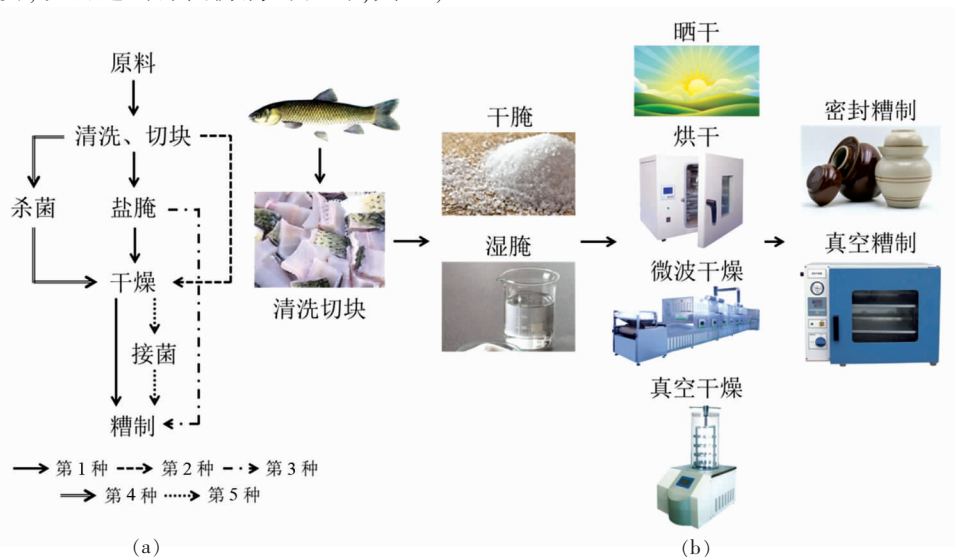
基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD2100105)

第一作者: 聂景贵,男,博士生

通信作者: 黄琪琳 E-mail: hql@mail.hzau.edu.cn

糟制前常采用的预处理简易流程,图1b为各步骤预处理可选择的方法。对肉制品的预处理有5种不同的流程,传统工艺中常用的预处理流程依次为清洗切块、盐腌和干燥(如图1a单实线箭头指示),每一步预处理都将影响后续糟制产品的品质<sup>[2,9-10]</sup>。原料的切块大小与厚度会影响盐腌和糟制过程中盐分和糟制液向原料内部的渗透速率,也会影响干燥过程中原料的干燥速率<sup>[11]</sup>。盐腌在糟制品生产中主要有两方面的作用。其一,降低原料的水分活度,从而达到抑菌防腐的目的;其二,

赋予原料一定的咸味,为后续调味创造有利条件<sup>[2,12]</sup>。糟制前对腌制原料进行干燥的主要目的是减少原料中的部分水分,获得半干制品,以此制作的糟制品具有更加紧实的肉质,更有嚼劲<sup>[2,13]</sup>。此外,干燥的肉质有利于提高糟制阶段糟制液向原料中的渗透速率,且能够吸收更多的糟制液,使产品具有更浓郁的风味<sup>[14-15]</sup>。此外,干燥可以进一步降低原料内部的水分活度,加强对腐败微生物的抑制作用<sup>[16]</sup>。



注:单实线箭头指示的步骤为糟制前的传统预处理流程,其余不同线型箭头指示的步骤代表其它4种预处理流程中不同于传统流程的步骤,除区别步骤外其余步骤与传统流程相同。

图1 肉制品糟制前预处理流程图(a)及方法选择(b)

Fig.1 Flowchart (a) and method selection of pretreatment (b) of meat products before wine- lees fermentation

基于传统预处理方法,研发人员开发了另外4种类似的肉制品预处理流程(如图1a不同线型箭头指示),其不同之处在于个别步骤的增减与替代。在第2、3种预处理流程中分别减少了盐腌和干燥步骤,主要目的是简化操作、节省时间,然而这也将影响最终糟制品的品质<sup>[17-18]</sup>。王秋丽等<sup>[17]</sup>在研制酒糟罗非鱼风味食品时,将食盐以适当的比例加入到糟料中,以弥补减少盐腌预处理带来的影响,获得的糟鱼同样具有较好的感官品质。第4种预处理流程中的不同之处在于用其它杀菌方法替代盐腌以达到抑菌防腐的作用,例如使用 $\text{ClO}_2$ 或75%乙醇溶液浸泡<sup>[19-20]</sup>。罗联钰等<sup>[19]</sup>研究发现使用150 mg/kg  $\text{ClO}_2$ 溶液浸泡20 min可以有效杀菌,提高酒糟鱼的保鲜效果,延长保鲜期。与传统

预处理流程不同的是,第5种是在干燥之后为原料接种发酵剂,即将菌悬液均匀地涂抹于干燥原料表面<sup>[21]</sup>。也有研究将该预处理与糟制合并,将菌种按一定比例添加到糟料中,再与原料混合糟制<sup>[20]</sup>。发酵剂由单一菌种或混合菌株组成,这些菌种是源自于原料或酒糟中的优势菌群,如植物乳杆菌、木糖葡萄球菌、短乳杆菌和酿酒酵母等<sup>[20-21]</sup>。优势菌自身及其之间的相互作用是影响糟制品品质的主要因素,通过接菌预处理可以提高糟制成熟的速率,并优化糟制品的品质<sup>[22]</sup>。

随着科学技术的发展,为预处理方法提供了不同的选择。图1b列出了在糟制前预处理中已经应用于实际的方法与设备,如盐腌预处理有干腌和湿腌两种方法,干燥预处理有日晒、热风、微波、

真空 4 种方法<sup>[1-2]</sup>。王少伟<sup>[2]</sup>在研发酒糟鱼工艺时比较了干腌和湿腌之间的差异,发现干腌过程中盐的渗透速率更快,而湿腌过程中盐在鱼肉中的分布更均匀,亚硝酸盐含量更低,且获得的鱼块保持更好的组织形态。不同干燥技术间的干燥效率存在差异,由此获得的干燥产品也具有品质优劣之分<sup>[23]</sup>。相比日晒和热风干燥,通过微波和真空干燥获得的产品普遍被认为具有更优质的品质,但是后者的能源消耗与设备成本也更高<sup>[24]</sup>。根据 Kim 等<sup>[25]</sup>的研究,低温真空干燥处理后的鱼干比热风干燥和冷冻干燥处理后的鱼干更柔软、更有咀嚼性,鱼肉的纹理损伤最小,组织有弹性,鱼油多,颜色为浅棕色。在选择预处理方法时,应根据原料本身的特性,如尺寸、质构、营养成分稳定性等,以及生产规模和经济效益进行合理的选择。

以上是对肉制品的预处理,对植物原料如竹笋的预处理则完全不同。竹笋在糟制之前要依次经过去壳切片、漂烫、保脆和沥干预处理<sup>[26]</sup>。漂烫能够灭活竹笋中的内源酶,如过氧化物酶,从而减少营养成分因氧化而造成的损失<sup>[27]</sup>。保脆能够增强笋体细胞间的连接,并增强笋片的脆度,使竹笋糟制之后依然保持清脆的口感<sup>[28]</sup>。

### 3 糟制技术的工艺改良

传统糟制技术通常是将预处理后的食品原料与糟料混合,然后在低温、密封条件下进行长时间发酵成熟。通过传统糟制技术制作的糟制品具有更加突出的特征性品质,而传统糟制技术中存在一些限制因素,导致糟制时间漫长、产品质量不易控制。因此,研发人员不断改良糟制的工艺参数,使糟制技术符合现代化生产。

#### 3.1 糟料配方

如表 1 所示,糟料分为固态与液态两种,即干糟与湿糟。干糟的配方可以由纯酒糟、酒糟和菌种或糯米和菌种组成。湿糟的糟料主要是由酒糟(或糟卤)、酒、白糖以及香辛料按照一定的比例配制而成。酒糟主要使用白色糯米酒糟和红曲酒糟,两者在营养成分与风味上均存在差异。此外,红曲酒糟中含有红曲色素,能够赋予糟制品诱人的红色<sup>[26]</sup>。糟卤是由从酒糟中压榨的卤汁,加入黄酒、食用盐、香辛料调配而成,可用于糟制食品<sup>[29-30]</sup>。在

糟料中加入菌种的目的是与第 2 节中进行接菌预处理的目的相同。张秀洁<sup>[20]</sup>在不使用真空糟制的情况下,通过接种混合菌群进行常压糟制将酒糟鱼的成熟时间缩短到 7 d,极大地节约了时间成本。周楠楠等<sup>[29]</sup>使用 <sup>1</sup>H 核磁共振分析了糟鸭在干糟和湿糟过程中滋味化合物的变化,发现湿糟对糟鸭滋味化合物含量的影响比干糟更显著,这可能是由于滋味化合物的湿糟渗透速率高于干糟。

#### 3.2 原料与糟料的配比

糟料中营养、滋味和风味成分组成丰富,因此原料与糟料的配比,简称料糟比,对糟制品品质的影响较大。如表 1 所示,在水产品糟制中常用的料糟比为 1:1 或 1:2(*m:m*),糟鹅为 1:4(*m:m*),糟竹笋为 2.5:1(*m:m*),按这些比例生产的糟制品具有较高的感官品质。据研究,随着酒糟用量提高,糟鱼中的还原糖含量逐渐上升,氯化钠、粗蛋白、氨基态氮和总酸的含量以及 TBA-N 值逐渐下降<sup>[32,48]</sup>。

#### 3.3 糟制温度

在民间传统糟制技术中,温度与湿度是限制糟制的主要原因。因为温度与湿度过高容易引起原料在腌制和干燥过程中快速腐败变质,所以人们常选择在温度、湿度较低的秋冬季节制作糟制品<sup>[2]</sup>。然而秋冬季节温度过低导致糟制过程中品质成熟缓慢。例如:糟鱼在冬季制作需长达 2~3 个月的成熟时间<sup>[36-37]</sup>。现代化生产中通过使用恒温恒湿设备克服了糟制品生产的季节限制,并根据有利微生物的生长条件适当地调整糟制温度以缩短糟制时间。曹雪等<sup>[33]</sup>研究发现在一定温度范围内,随着温度的升高,糟鱼发酵过程中优势菌(如乳菌和酵母菌)的生长速度和温度呈正相关关系。如表 1,大多数食品的糟制工艺经改良后,温度控制在 15~30 ℃,其中,糟鱼的成熟时间可以缩短到 1 个月。也有部分糟制品的生产仍延续了传统工艺,将糟制温度控制在 10 ℃以下,如糟虾仁、糟鹅和糟鸭。

#### 3.4 真空糟制

为了提高糟制的效率,真空技术被引入到食物原料的糟制过程中。从表 1 可知,采用真空辅助糟制可以将糟制速率提高 4~5 倍,真空糟制鱼的成熟时间从 1 个月缩短到 1 周左右,糟鱿鱼成熟

表1 各类糟制品糟制工艺参数

分类	糟制品	糟料配方	料糟比	温度/°C	真空度/MPa	时间	参考文献
水产	糟鱼	酒糟	1:1 (m:m)	20	-	30 d	[31]
			1:2 (m:m)	20	-	30 d	[32]
			1:2 (m:m)	15	-	30 d	[21],[33]
			1:2 (m:V)	20	0.09	6 d	[1],[34]
	酒糟、黄酒、白糖		1:1 (m:m)	20±5	-	30 d	[35]
			1:1 (m:m)	低温	-	2~3个月	[36]~[37]
			-	30	-	35 d	[3],[38]
	糟泥鳅 糟鲍鱼 糟鱿鱼 糟虾仁 糟鹅 糟鸭 糟蛋 糟竹笋	酒糟:白糖=1:1:0.057	1:2 (m:m)	15	0.08	8 d	[2]
		酒糟、25%黄酒、适量白砂糖、味精、精盐	1:2 (m:m)	25	0.05	7 d	[17]
		酒糟:白糖:复合香料:白糖:味精=60:20:15:4:1	1:1 (m:m)	20	-	7 d	[20]
		红曲酒糟、1%短乳杆菌、1%酿酒酵母	1:2 (m:m)	30	-	4 d	[39]
		糯米、1%甜酒药	1:2 (m:m)	20	-	10 d	[40]
			1:2 (m:V)	30	0.07	7.6 h	[41]
			1:2 (m:m)	25	0.080~0.095	6 d	[42]
			1:1.5 (m:m)	4	-	2 h	[30]
			1:4 (m:m)	5~10	-	3 d	[43]~[44]
			-	4	-	7d	[29]
禽蛋	糟鸭	酒糟、白酒、红糖、陈皮、花椒	-	室温	-	1年以上	[45]~[46]
		红曲酒糟、1.2%甜酒曲	2.5:1 (m:m)	30	-	20 d	[26],[47]

注:“-”表示料糟比未知或未使用真空。

需 6 d, 糟鲍鱼仅需 7.6 h。真空主要从两个方面缩短食品糟制发酵的成熟时间, 即真空促进渗透并为优势菌生长营造无氧环境。在糟制过程中, 糟料中的游离氨基酸、有机酸以及一些呈味物质(如核苷酸、醇、醛等)会向原料内部渗透, 加速品质成熟<sup>[2]</sup>。真空已被证明能够加速物质的渗透速率, 其机理是通过抽真空、维持真空以及恢复常压的操作, 在食物原料的内、外形成压力梯度, 从而加速食品基质和糟料之间的双向传质<sup>[49-50]</sup>。而且, 在真空作用下原料会产生一定程度的膨胀, 使得细胞之间间距变大, 糟制液更易渗透进原料内部, 提高糟制速率<sup>[51]</sup>。食物原料在密封糟制过程中, 特征性品质的形成主要依靠一些兼性厌氧型微生物, 如酵母菌和乳酸菌<sup>[33]</sup>。抽真空的操作可以营造无氧环境, 抑制杂菌生长, 有助于厌氧菌快速占据优势地位, 这对于糟制品风味形成有一定的促进作用<sup>[2]</sup>。据文献记载, 真空糟制技术早在 2001 年已经在酒糟鱼的工业化生产中实现了应用, 该技术能够将酒糟鱼的年产量提高 12 倍, 极大地提高了企业规模与效益<sup>[46]</sup>。

## 4 糟制品的种类

糟制技术最初被用于延长鱼的保质期, 随着工艺的不断改进, 糟制技术同时能够赋予食品令人愉悦的独特风味, 改善食品的感官品质与营养价值。目前, 糟制技术被广泛应用于各类食品的保藏与调味, 如表 1 所示, 研究人员已开发了包括水产类、禽肉类、禽蛋类和蔬菜类的各种糟制食品。

### 4.1 糟制水产品

我国是世界水产养殖大国, 拥有极为丰富的淡水鱼资源。根据 2021 年《中国渔业统计年鉴》显示, 我国 2021 年水产品年产量为 6 693 万 t, 其中, 养殖水产品产量为 5 388 万 t, 捕捞水产品产量为 1 305 万 t。水产品含水量较高, 以冰鲜销售为主, 货架期短, 易腐败, 每年造成大量的水产原料浪费<sup>[20]</sup>。采用糟制技术加工低值水产品, 不仅可实现水产品精深加工, 提高其利用率, 且延长了水产品的货架期<sup>[2]</sup>。如表 1 所示, 有关糟鱼的研究占半数, 文献中记载的现有糟鱼的类型包括多种常见的养殖淡水鱼, 如草鱼<sup>[52]</sup>、鲢鱼<sup>[2]</sup>、鲫鱼<sup>[1]</sup>、鲫鱼<sup>[53]</sup>、青鱼<sup>[15]</sup>、罗非鱼<sup>[34]</sup>, 还涉及部分经济型海水

鱼, 如鲮鱼<sup>[39]</sup>、大黄鱼<sup>[38]</sup>、带鱼<sup>[31]</sup>。除鱼类外, 泥鳅、鲍鱼、鱿鱼和虾也实现了糟制化处理。

以往的研究揭示了酒糟鱼在整个糟制发酵过程中各化学成分的变化规律。鱼肉中的还原糖、氨基态氮、总酸、水分的含量和 TVB-N 值均随糟制时间延长逐渐增加, 盐分、总蛋白、盐溶性蛋白质、总脂肪的含量和 TBA 值则逐渐下降。部分化学成分的含量在糟制末期趋于动态平衡, 这与酒糟鱼糟制发酵过程中观察到的微生物作用和渗透规律相符<sup>[1, 2, 54]</sup>。鲍鱼在糟制过程中观察到类似的成分变化规律<sup>[41]</sup>。然而, 在潘玲等<sup>[30]</sup>的研究中观察到与此相反的现象, 虾仁糟制过程中盐分含量逐渐上升, 水分含量逐渐下降。这是因为在该研究中使用的糟料含有高浓度的盐(7.2%), 且虾仁糟制前没有经过盐腌预处理。

### 4.2 糟制禽肉

我国对禽肉的加工常使用盐腌和干燥, 糟制发酵技术在禽肉加工中的应用还未推广。目前, 文献记载的禽肉糟制品有糟鹅、糟鸭和糟鹌鹑。郑小乐等<sup>[43]</sup>开发了软包装即食糟鹅产品, 发现对原料适度干燥有利于提高产品品质。张小涛等<sup>[44]</sup>在此基础上对糟鹅的糟制参数进行了优化, 由此制作的糟鹅成品肉质细腻, 香味纯正。周楠楠等<sup>[29]</sup>描述了糟鸭的干糟和湿糟工艺, 并分析了糟鸭中主要的滋味成分, 发现糟鸭中含量最高的滋味物质是乳酸、天冬氨酸、肌酸和葡萄糖。糟鹌鹑目前还仅限于民间制法, 据文献记载, 糟鹌鹑具有食疗功效, 食之可补五脏、益中气、实筋骨、耐寒暑、消积热、止泄泻<sup>[55]</sup>。糟制禽肉产品的开发不仅延长了禽肉的保质期, 还扩展了禽肉的销售范围, 以此适应现代人快节奏的生活方式。

### 4.3 糟制禽蛋与蔬菜

生活中常见的加工蛋制品是盐水蛋、皮蛋和卤蛋, 糟蛋是另一种鲜为人知的风味蛋制品。糟蛋的制作方法经过不同地区的改良, 形成了 3 种较为著名的糟蛋制品, 分别是平湖软壳糟蛋、四川宜宾叙府糟蛋和嘉兴新塍高公兴酱园的五香硬壳糟蛋, 三者工艺各不相同, 形成的风味也各具特色<sup>[45]</sup>。对糟制蔬菜的文献记载, 目前仅有糟竹笋。洪秀荣对竹笋的糟制工艺进行了优化, 并鉴定了竹笋糟制过程不同时期的优势微生物, 发现酵母菌是整

个糟制过程中的优势菌。此外,随糟制时间延长,竹筴中的粗纤维含量基本保持不变,总酸含量在发酵的前期和中期快速上升,发酵后期趋于平缓<sup>[26]</sup>。陈兴煌等<sup>[47]</sup>通过调整调味液配方研发了酸甜型和酸辣型两款糟筴。

## 5 糟制技术对食物原料的品质改善

糟制可以改善食物原料的感官品质。糟制过程中,微生物生长代谢和糟料渗透的共同作用使糟制品形成了独特的发酵风味,具有浓郁的酒香、米香和醋香<sup>[2]</sup>。水产品的腥味较重,尤其是淡水鱼具有浓厚的土腥味。经前期预处理和糟制处理后,大部分鱼腥味被去除,剩余鱼腥味也被浓郁的酒香味掩盖<sup>[39]</sup>。因此,糟制技术可以有效去除水产品的腥味,并赋予其诱人的发酵风味。传统糟制技术并不利于糟制品品质的形成,因为长时间浸泡,原料内部水分含量增加,肉质会出现一定程度的松软<sup>[1]</sup>。而改良后的真空干糟技术在压差的作用下,使肉质更加紧实,口感更佳<sup>[2]</sup>。糟制品具有独特的色泽,归因于糟制过程中的美拉德反应可加深黄亮色<sup>[20]</sup>,且 $\text{NO}_3^-$ 在微生物和酸的作用下还原为 $\text{NO}$ , $\text{NO}$ 与肌红蛋白结合生成亚硝基肌红蛋白,可以加深肉制品的红色<sup>[56]</sup>。此外,采用红曲酒糟辅助糟制时,酒糟中的红曲色素会附着在原料表面,并向原料内部迁移,使糟制品呈现诱人的红色<sup>[20]</sup>。

糟制可以提高食物原料的营养价值。酒糟是一种营养丰富、具有保健功能的天然食品,富含有机酸、蛋白质、脂肪、粗纤维、聚戊糖、多种矿物质和维生素等物质<sup>[57]</sup>。红曲酒糟中还含有红曲霉和红曲色素,它们具有降胆固醇、降血压和降血糖等功能<sup>[20]</sup>。在糟制过程中,酒糟中的营养物质会向原料中迁移扩散,增加原料本身没有的营养成分。密封糟制过程中,乳酸菌成为优势菌,它是人们普遍认可的保健因子<sup>[53]</sup>。

糟制可以延长食物原料的保质期,这主要体现在两个阶段。第一阶段是糟制过程,在传统糟制技术中,食物要经过漫长的发酵,其风味才能成熟。例如糟制鱼类大多需要1个月才可成熟,当糟制温度低于 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 时,甚至需要2~3个月<sup>[36]</sup>。第二阶段是糟制后的保藏,若不加入添加剂,糟鹅经真空包装和高温高压杀菌后,常温下具有6个月的

保质期<sup>[43]</sup>。糟制延长保质期的机理在于使用的原料经过预处理后,含菌量与水分含量都被极大程度的减少,且糟制与后期的保藏过程始终维持低水分含量、高盐、高醇的环境,这抑制了腐败微生物的生命活动<sup>[1-2]</sup>。

## 6 酒糟鱼独特风味的形成机理

目前,有关糟制品的风味研究主要是针对酒糟鱼的风味形成机理的深入分析。本节通过总结文献解析酒糟鱼的风味组成与形成机理,为糟制品风味的后续研究提供参考。

### 6.1 影响酒糟鱼风味形成的内源酶与微生物

在糟制过程中,特色风味的形成除了与蛋白质水解和脂肪降解密切相关,碳水化合物氧化分解也扮演着重要的角色,因为酒糟中存在大量的碳水化合物<sup>[58]</sup>。内源酶与微生物酶的作用是推进糟制风味形成的主要动力,与风味形成相关的酶主要包括蛋白酶、肽酶、过氧化物酶、脂肪酶等<sup>[15,59]</sup>。李思维<sup>[15]</sup>从酒糟鱼中分离了两种风味相关蛋白酶,一种为枯草芽孢杆菌分泌的中性金属蛋白酶,另一种为鱼肉中的内源性氨肽酶。氨肽酶能够水解寡肽释放游离氨基酸,游离氨基酸再通过Strecker降解和美拉德反应产生小分子风味化合物。赵品<sup>[11]</sup>研究了酒糟鱼制作过程中内源性脂肪酶的活性变化,揭示了脂肪酶活性与脂肪酸含量的关系。脂肪酸,尤其是不饱和脂肪酸是重要的风味物质或风味前体,不饱和脂肪酸在一定条件下进一步氧化可产生挥发性物质,促进产品风味的形成<sup>[60]</sup>。内源性脂肪酶主要分为两大类,即脂解酶和脂氧合酶,脂解酶负责降解脂质,脂氧合酶负责氧化脂质。脂解酶包括中性脂肪酶、酸性脂肪酶和磷脂酶,它们分别作用于三酰甘油和磷脂,促进游离脂肪酸尤其是不饱和脂肪酸的释放<sup>[61]</sup>。

糟制过程中,优势微生物能分泌各种酶,以此参与降解蛋白质和多肽、氧化分解糖类、降解脂肪及氨基酸代谢等一系列反应,进而影响糟制品的风味<sup>[31]</sup>。酒糟鱼的糟制过程处于密封、高盐、高醇的环境,因此,耐高浓度盐的兼性厌氧微生物能够快速繁殖成为优势菌群<sup>[2]</sup>。据研究,酒糟鱼糟制前期和中期的环境中存在大量的糖类和微量氧气残留,主要的优势微生物为酵母菌(如酿酒酵母、糖

化酵母和奥默柯达酵母)和枯草芽孢杆菌,糟制后期环境中完全无氧且酸度增加,主要的优势微生物为酵母菌、葡萄球菌和乳酸菌(如魏斯氏乳杆菌)<sup>[33,39,62]</sup>。其中,酿酒酵母、糖化酵母具有产脂肪酶的特性,芽孢杆菌、葡萄球菌和乳酸菌均具有产蛋白酶和脂肪酶的特性<sup>[39]</sup>。乳酸菌能够分泌细菌素,并通过糖酵解将糖类分解为乳酸,降低环境 pH 值,抑制杂菌生长<sup>[63-64]</sup>。而酵母菌可以在酸性环境中繁殖,且具有较强的产香能力<sup>[61]</sup>。因此,酵母

菌与乳酸菌在酒糟鱼中成为优势菌,不仅可以改善产品的风味,还可以延长产品的保质期。

## 6.2 酒糟鱼挥发性风味演变规律与机理

如图 2 所示,整理了存在于酒糟鱼糟制过程中常见的,且气味阈值小于 10 mg/m<sup>3</sup>(阈值越低越易被感知)的挥发性风味化合物,总计 44 种,主要分为烃类、醇类、酯类、醛类、酮类、酸类及其它<sup>[39,65]</sup>。在糟制的不同阶段,风味化合物的组成与含量存在差异。

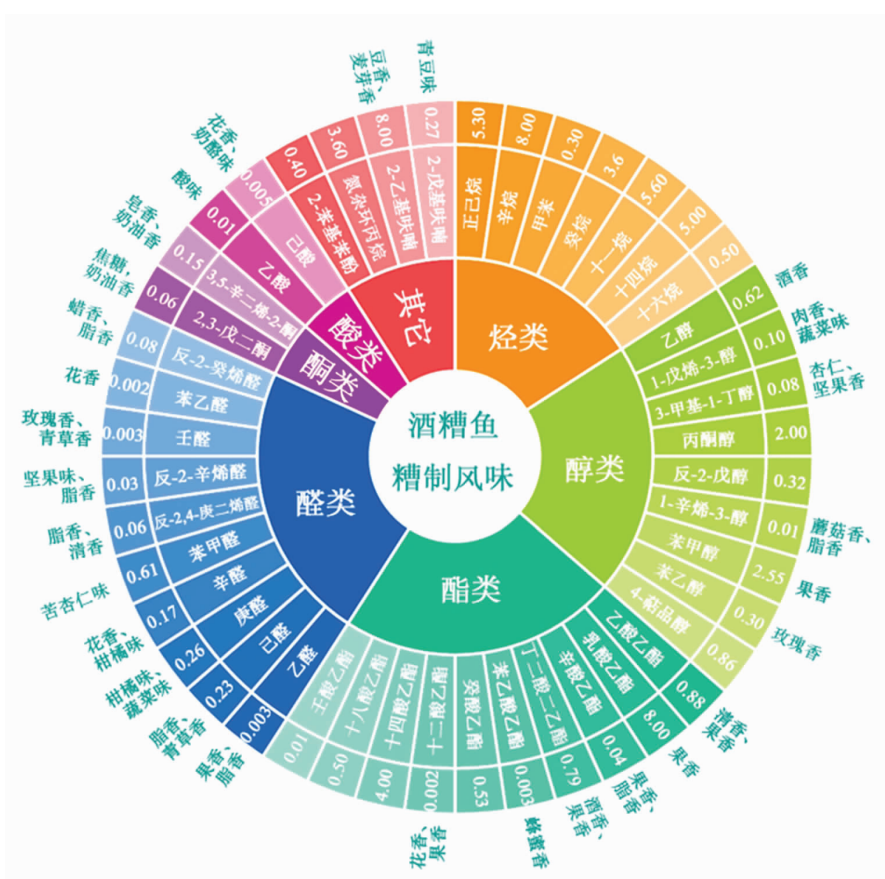


图 2 酒糟鱼糟制过程中存在的挥发性风味化合物及其阈值和气味描述

Fig.2 Volatile flavor compounds present during wine-lees fermentation of fish and their threshold and odor description

链状烃主要源于脂肪酸烷氧自由基的裂解<sup>[66]</sup>,而环烃则主要源于长链脂肪酸的氧化<sup>[67]</sup>。酒糟鱼烃类化合物的相对含量在糟制过程中变化显著,其含量从前期的 35%左右逐渐下降到后期的 4%左右,且种类逐渐减少<sup>[3]</sup>。烃类相对含量的下降可能是因其被进一步分解为其它化合物,有研究表明在一定条件下,烃可形成醛、酮和醇类等风味物质<sup>[68]</sup>。在成熟的酒糟鱼风味组成中只存在少

数几种烃类化合物,如十二烷、十四烷、2,6,10,14-四甲基十五烷等,且由于烃类化合物的阈值普遍较高,因此对酒糟鱼整体的风味影响较小<sup>[39,3]</sup>。

醇通常是由多不饱和脂肪酸的氧化和降解形成的,具有果蔬香味和酒香<sup>[69]</sup>。酒糟鱼醇类化合物的相对含量在糟制前期快速上升,在中、后期缓慢下降<sup>[3]</sup>。糟制前期,糟料中的醇会快速向鱼肉中渗透扩散,这是导致前期醇类化合物含量上升的主

要原因<sup>[2]</sup>。此外,在密封、无氧条件下,微生物代谢能够使多不饱和脂肪酸降解产生醇类化合物<sup>[3]</sup>。在糟制的中、后期,醇与某些产酸菌(如乳酸菌)代谢产生的酸发生酯化反应,导致醇类化合物含量下降<sup>[3]</sup>。糟料中含有丰富的醇类化合物,其中乙醇是赋予糟鱼酒香味的主要成分,糟鱼成品中的乙醇相对含量高达55%~75%。酒糟鱼中的1-辛烯-3-醇具有蘑菇香和脂香,是亚油酸的氢过氧化物降解产物,具有醇类化合物中最低的阈值(0.01),因此对酒糟鱼风味具有重要贡献<sup>[70]</sup>。

酯通常是由醇和有机酸的非酶酯化反应和微生物酶催化作用形成,大部分酯具有果香味<sup>[61]</sup>。如图2所示,除乳酸乙酯和十四酸乙酯外,其余所有酯的阈值均低于1,因此酯类是促进酒糟鱼风味成熟的重要物质。酒糟鱼糟制起始时几乎不含酯类化合物,其相对含量在糟制过程中逐渐增加,且种类也逐渐丰富,至糟制后期共检测到的18种酯类化合物<sup>[3]</sup>。由于酒糟的加入使糟制起始环境中含有大量的乙醇,随着产酸菌逐渐成为优势菌,酸的产生逐渐增加,乙醇与各种酸类化合物酯化生成种类繁多的乙酯类化合物<sup>[39]</sup>。例如魏斯氏乳杆菌作为糟制后期的优势菌,是一种异型发酵乳酸菌,可通过异型乳酸发酵中的磷酸解酮酶途径产生乳酸和乙酸,再由此生成乳酸乙酯和乙酸乙酯<sup>[71-72]</sup>。

醛主要由不饱和脂肪酸自氧化和氨基酸降解产生<sup>[58]</sup>,例如,亚油酸的自氧化生成13-氢过氧化物,13-氢过氧化物断裂则可生成己醛;油酸自氧化可生成壬醛<sup>[73]</sup>;亮氨酸和苯丙氨酸的Strecker降解可生成苯甲醛<sup>[3]</sup>。如图2所示,醛大多具有令人愉悦的气味,例如青草香、花香、坚果香和脂香,其整体阈值低于其它风味化合物,易被感知<sup>[65]</sup>。且醛类化合物有气味加和作用,即使微量存在也会显著影响产品的整体风味<sup>[74]</sup>。因此,醛类化合物也是决定酒糟鱼风味成熟的重要物质。醛类化合物的相对含量在糟制后期均呈下降趋势,它们可能在微生物酶的作用下逐渐被氧化或还原成相应的酸或醇<sup>[75]</sup>。其中,己醛相对含量降低反而有利于酒糟鱼风味形成,因为己醛在高浓度时呈现酸败味,在低浓度时呈现令人愉悦的青草香、果香<sup>[76]</sup>。有研究表明,乳酸菌对发酵鱼醛类化合物的产生具有促

进作用,其机理有待进一步揭示<sup>[77]</sup>。

酒糟鱼糟制过程中还存在少数几种酮类和酸类化合物,如具有独特奶香味和焦糖味的2,3-戊二酮和3,5-辛二烯-2-酮,以及具有酸味和奶酪味的乙酸和己酸,见图2。酮可以通过热氧化或多不饱和脂肪酸降解、微生物氧化、氨基酸降解或美拉德反应产生<sup>[65]</sup>,酸主要源于产酸菌代谢<sup>[61]</sup>。这几种风味化合物具有较低的阈值,然而在糟制成熟的酒糟鱼中相对含量较低,因此只对酒糟鱼风味形成起辅助作用<sup>[3]</sup>。酮类化合物含量较低的原因可能与醛类化合物类似,被酶氧化或还原成相应的酸或醇。酸类化合物含量较低是因为发生酯化反应转化为酯,酸含量适量下降能使酒糟鱼无酸败味,口感更加和谐<sup>[39]</sup>。

## 7 结语

糟制技术作为一项中国传统发酵技术,对食物原料各方面的品质均有一定的改善作用,未来在食品精深加工领域具有很好的应用前景。目前,在相关研究中还存在很多不足:1)因缺乏统一的、科学的标准,糟制技术的参数设置参差不齐,导致不同研究中的糟制品品质相差甚大;2)仅间接真空被应用于改良糟制工艺,变压、超声等辅助技术没有被应用;3)虽然已经明确渗透作用在促进糟制成熟中的重要性,但是没有研究对糟制过程中物质的渗透行为进行表征;4)除酒糟鱼,其它食品糟制过程中的微生物和风味演变机制没有被揭示;5)缺乏对糟制品微观结构表征方面的研究,如糟制过程中组织微观结构的变化、蛋白变性和脂质降解对微观结构的影响、微观结构的变化与宏观质构间的关系。

随着技术的不断发展,目前仍较复杂的糟制品生产工艺将不断优化,在保证品质的同时节约生产成本、提高糟制效率,将为糟制品带来更高的经济效益。目前,仅江西酒糟鱼和浙江香糟鸡拥有相关品牌,实现了产业化生产和网络销售。因此,糟制品的市场还具有很大的发展空间,未来可创建更多的糟制品品牌,通过网络销售创造更高的经济效益。



## 参 考 文 献

- [1] 赵品. 酒糟鱼半干制品加工工艺及品质研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.  
ZHAO P. The processing technology and quality of semi-dry products of vinasse fish [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016.
- [2] 王少伟. 酒糟鱼加工技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.  
WANG S W. The processing technology of wine-less fish[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.
- [3] 蔡瑞康. 糟制大黄鱼品质及微生物菌群多样性变化研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2017.  
CAI R K. Study on the quality and microbial diversity during the fermentation of large yellow croaker with sweet rice wine[D]. Hangzhou: Zhejiang industrial and Commercial University, 2017.
- [4] 胡志强, 李存福, 张国顺, 等. 白酒酒糟综合利用技术研究进展[J]. 山东化工, 2019, 48(15): 76-78.  
HU Z Q, LI C F, ZHANG G S, et al. Research progress of comprehensive utilization technique of distiller's grains [J]. Shandong Chemical Industry, 2019, 48(15): 76-78.
- [5] 顾翰琦. 酒糟高值化综合利用方式研究现状[J]. 南方农机, 2018, 49(12): 15-16.  
GU H Q. Research status of high value comprehensive utilization of distiller's grains[J]. Nanfang Agricultural Machinery, 2018, 49(12): 15-16.
- [6] 温宁. 渔船上的海鲜保鲜[J]. 海洋世界, 2016(4): 50-51.  
WEN N. Preservation of seafood on fishing boats[J]. Ocean world, 2016(4): 50-51.
- [7] 宾冬梅, 易诚, 李逢振, 等. 糟制湘菜开发现状与市场前景[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2011, 17(3): 28-30.  
BIN D M, YI C, LI F Z, et al. Development status and market prospects of brewer's the Hunan Cuisine[J]. Journal of Hunan Environment-Biological Polytechnic, 2011, 17(3): 28-30.
- [8] 余仁昌. 鄱湖明珠——酒糟鱼[J]. 经济师, 1993(1): 58.  
YU R C. Pearl of Puhu Lake--distiller's grains fish [J]. Economist, 1993(1): 58.
- [9] LONG Y, ZHANG M, DEVAHASTIN S, et al. Progresses in processing technologies for special foods with ultra-long shelf life[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2020, 62 (9): 2355-2374.
- [10] ZHAO Y, DE ALBA M, SUN D, et al. Principles and recent applications of novel non-thermal processing technologies for the fish industry—a review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2019, 59(5): 728-742.
- [11] CAO F F, ZHANG R Y, TANG J M, et al. Radio frequency combined hot air (RF-HA) drying of tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fillets: Drying kinetics and quality analysis[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2021, 74: 102791.
- [12] CHIRALT A, FITO P, BARAT J M, et al. Use of vacuum impregnation in food salting process[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(2/3): 141-151.
- [13] YU D, FENG T, JIANG Q, et al. The change characteristics in moisture distribution, physical properties and protein denaturation of slightly salted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during cold/hot air drying processing[J]. LWT - Food Science and Technology, 2021, 137: 110466.
- [14] SHI S, FENG J, AN G, et al. Dynamics of heat transfer and moisture in beef jerky during hot air drying[J]. Meat Science, 2021, 182: 108638.
- [15] 李思维. 两种酒糟鱼风味相关蛋白酶的纯化与性质分析[D]. 南昌: 江西农业大学, 2015.  
LI S W. Purification and characterization of two proteases related to the flavor of wine-less fish[J]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2015.
- [16] TAVARES J, MARTINS A, FIDALGO L G, et al. Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies [J]. Foods, 2021, 10(4): 780.
- [17] 王秋丽, 钟秋平. 酒糟罗非鱼即食休闲风味食品的研制[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 120-122.  
WANG Q L, ZHONG Q P. Study on the processing conditions for development flavor food of marinating drunk tilapia[J]. Food industry, 2015, 36(7): 120-122.
- [18] 湖南省市场监督管理局. 湖南衡东土菜第 3 部分: 酒糟鱼: DB43/T 1312.3-2017[S]. 湖南: 湖南科学技术出版社, 2017: 27-35.

- Hunan Provincial Market Supervision Administration. Hunan Hengdong native cuisine Part 3: wine-less fish; DB43/T 1312.3-2017[S]. Hunan: Hunan Science and Technology Press, 2017: 27-35.
- [19] 罗联钰, 钟机, 陈丽娇. 保鲜糟鱼关键工艺研究[J]. 科学养鱼, 2015(12): 75-77.
- LU L Y, ZHONG J, CHEN L J. Study on the key technology of preserving wine-less fish[J]. Scientific Fish Culture, 2015(12): 75-77.
- [20] 张秀洁. 养殖大黄鱼及糟制过程中品质特性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.
- ZHANG X J. Study on quality characteristics of cultured large yellow croaker and fermentation with red vinasse [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [21] 高沛, 曹雪, 姜启兴, 等. 接种发酵糟鱼的杀菌工艺[J]. 水产学报, 2021, 45(7): 1132-1139.
- GAO P, CAO X, JIANG Q X. et al. Sterilization process of inoculated rice mash fish[J]. Journal of Fisheries of China, 2021, 45(7): 1132-1139.
- [22] ZANG J H, XU Y S, XIA W S, et al. Correlations between microbiota succession and flavor formation during fermentation of Chinese low-salt fermented common carp (*Cyprinus carpio* L.) inoculated with mixed starter cultures[J]. Food Microbiology, 2020, 90: 103487.
- [23] 林家辉, 章学来, 张振涛. 水产品热泵干燥技术综述[J]. 制冷与空调, 2019, 19(9): 1-4, 11.
- LIN J H, ZHANG X L, ZHANG Z T. Summary of heat pump drying technology for aquatic products[J]. Refrigeration and Air-conditioning, 2019, 19(9): 1-4, 11.
- [24] MENON A, STOJCESKA V, TASSOU S A. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies [J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 100: 67-76.
- [25] KIM B, OH B, LEE J, et al. Effects of various drying methods on physicochemical characteristics and textural features of yellow croaker (*Larimichthys polyactis*)[J]. Foods, 2020, 9: 196.
- [26] 洪秀荣. 竹笋糟制工艺及其发酵不同时期微生物菌群研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- HONG X R. The study on grain-processing technology and microbial community in the process of grain-processing of bamboo shoots[D]. Fuzhou: Fujian agriculture and Forestry University, 2014.
- [27] WANG J, YANG X H, MUJUMDAR A S, et al. Effects of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) pretreatment on the change of antioxidant capacity, the degradation kinetics of red pigment, ascorbic acid in dehydrated red peppers during storage[J]. Food Chemistry, 2018, 259: 65-72.
- [28] 伍惠仪. 中央厨房配餐蔬菜护绿保脆研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- WU H Y. Study on green and crisp protection of vegetables served in central kitchen[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2020.
- [29] 周楠楠, 楼宵玮, 王颖, 等. <sup>1</sup>H核磁共振结合多元统计方法分析糟鸭加工过程中滋味化合物的变化[J]. 食品科学, 2019, 40(6): 232-238.
- ZHOU N N, LOU X W, WANG Y, et al. Changes in taste compounds during processing of vinasse-cured duck as studied by <sup>1</sup>H NMR combined with multivariate data analysis[J]. Food Science, 2019, 40(6): 232-238.
- [30] 潘玲, 周兵, 陶丹丹, 等. 糟卤虾仁预处理工艺优化的研究[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(5): 54-58.
- PAN L, ZHOU B, TAO D D, et al. Pretreatment process optimization of vinasse shrimps[J]. Food and Nutrition in China, 2016, 22(5): 54-58.
- [31] 陈学云. 糟制带鱼加工期间理化性质变化及其优势微生物分离鉴定[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2010.
- CHEN X Y. Study on physicochemical changes and isolation and identification of dominant microorganisms in hairtal during pickled process[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2010.
- [32] 谭汝成, 熊善柏, 张晖. 酒糟鱼糟制方法的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(7): 119-121, 188.
- TAN R C, XIONG S B, ZHANG H. Study on the preparation method of wine-less fish[J]. Food Industry Technology, 2007, 28(7): 119-121, 188.
- [33] 曹雪, 姜启兴, 夏文水, 等. 不同糟制温度对糟鱼品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(9): 111-117.
- CAO X, JIANG Q X, XIA W S, et al. Effects of temperature on the microbial and physicochemical properties of wine-lees fish[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2019, 38(9): 111-117.
- [34] 赵品, 林婉玲, 郝淑贤, 等. 酒糟罗非鱼间歇真空

- 糟制工艺研究[J]. 南方水产科学, 2016, 12(3): 84-90.
- ZHAO P, LIN W L, HAO S X, et al. Intermittent vacuum wine lees pickling processing of drunk fish (*Oreochromis mossambicus*)[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(3): 84-90.
- [35] 朱秀花, 林慧敏, 董天嘉, 等. 醉鱼糟制过程中酒糟液中的微生物群落[J]. 水产学报, 2019, 43(4): 1209-1219.
- ZHU X H, LIN H M, DONG T J, et al. Microbial community in vinasse liquid during processing of vinasse fish[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(4): 1209-1219.
- [36] 酒糟鱼加工技术[J]. 江西水产科技, 1997(3): 40-41.
- Processing technology of distiller's grains fish [J]. Jiangxi Fisheries Science and Technology, 1997(3): 40-41.
- [37] 戴永利. 四种特色鱼的加工技术[J]. 江苏调味副食品, 2007(1): 38-41.
- DAI Y L. Four kinds of fish processing technology [J]. Jiangsu Seasoning Non-staple Food, 2007(1): 38-41.
- [38] 陶文斌, 吴燕燕, 李来好. 养殖大黄鱼保鲜、加工技术现状[J]. 食品工业科技, 2018, 39(11): 339-343.
- TAO W B, WU Y Y, LI L H. Status of processing and preservation technology of breeding *Pseudosciaena crocea*[J]. Food Industry Science and Technology, 2018, 39(11): 339-343.
- [39] 李改燕. 糟鱼发酵过程中微生物菌群和风味变化的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2009.
- LI G Y. Study on the microorganism flora and flavor compounds from vinasse fish[D]. Ningbo: Ningbo University, 2009.
- [40] 李莹, 丁辰龙, 朱秀灵, 等. 不同杀菌条件对酒糟泥鳅品质的影响[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(5): 92-98.
- LI Y, DING C L, ZHU X L, et al. Effect of sterilization technology on quality of vinasse loach[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 36(5): 92-98.
- [41] 江铭福. 真空糟制鲍鱼加工工艺研究[J]. 福建农业科技, 2019(9): 22-27.
- JIANG M F. Study on processing technology of abalone prepared from vacuum tank[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2019(9): 22-27.
- [42] 何炯灵, 方旭波, 谢佳妮, 等. 风味香糟鱿鱼低盐发酵加工工艺研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(6): 240-244.
- HE J L, FANG X B, XIE J N, et al. Study on the low-salt fermentation process of the flavor aromatic grains squid [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(6): 240-244.
- [43] 郑小乐, 陈力巨, 曾王敏. 软包装即食糟鹅块的研制[J]. 肉类工业, 2005(11): 22-23.
- ZHENG X L, CHEN L J, ZENG W M. Development of soft packaged instant goose nuggets with lees[J]. Meat industry, 2005(11): 22-23.
- [44] 张小涛, 陈静, 周静峰. 浙东白鹅宰后糟制加工关键技术优化[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 9-13.
- ZHANG X T, CHEN J, ZHOU J F. Optimization of the key process of white goose from eastern Zhejiang in vinasse[J]. Food industry, 2019, 40(12): 9-13.
- [45] 汪建国, 尤明泰. 糟蛋的加工技艺和特征[J]. 中国酿造, 2010(9): 138-141.
- WANG J G, YOU M T. Process techniques and features of Chinese wine cured egg[J]. China Brewing, 2010(9): 138-141.
- [46] 叶青, 涂宗财, 刘戎梅, 等. 酒糟鱼工业化生产技术[J]. 食品与机械, 2001(3): 25-27.
- YE Q, TU Z C, LIU R M, et al. Technology of industrialized production of vinasse fish[J]. Food & Machinery, 2001(3): 25-27.
- [47] 陈兴煌, 胡志强. 竹笋的糟制工艺[J]. 福建农业大学学报, 1998(4): 88-91.
- CHEN X H, HU Z Q. Wine-lees fermentation technology of bamboo shoots[J]. Journal of Fujian Agricultural University, 1998(4): 88-91.
- [48] 徐大伦, 薛长湖, 杨文鸽, 等. 响应面分析法优化糟醉带鱼的糟醉工艺[J]. 食品工业科技, 2013, 34(4): 310-313, 317.
- XU D L, XUE C H, YANG W G, et al. Optimization of vinasse conditions for hairtail by response surface methodology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(4): 310-313, 317.
- [49] ZHAO X, CHEN L, WONGMANEEPRATIP W, et al. Effect of vacuum impregnated fish gelatin and grape seed extract on moisture state, microbiota composition, and quality of chilled seabass fillets[J]. Food Chemistry, 2021, 354: 129581.
- [50] 李水红, 李彦毅, 李论. 基于真空环境的低盐高效腌制淡水鱼加工技术研究[J]. 粮食科技与经济,

- 2019, 44(9): 90-92.
- LI S H, LI Y Y, LI L. Study on processing technology of low salt and high efficiency pickled freshwater fish based on vacuum environment[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2019, 44(9): 90-92.
- [51] 谢思芸, 李怡菲, 罗丹娴, 等. 真空腌制过程中鱼肉水分迁移和组织结构变化规律研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(14): 1-7.
- XIE S Y, LI Y F, LU D X, et al. Studies of water migration and tissue structure changes in fish during the vacuum curing process[J]. Food Research and Development, 2021, 42(14): 1-7.
- [52] 马肖肖, 赵利. 高通量测序分析酒糟鱼中微生物群落多样性[J]. 河北农机, 2020(8): 67-70.
- MA X X, ZHAO L. Analysis of microbial community diversity in wine-lees fish by high throughput sequencing [J]. Hebei Agricultural Machinery, 2020(8): 67-70.
- [53] 贺林娟. 发酵鲮鱼的制作工艺及挥发性风味成分的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013.
- HE L J. Effect of different ages on tenderness of cherry valley ducks breast during postmortem aging [D]. Ningbo: Ningbo University, 2013.
- [54] 裘迪红, 李改燕. 糟鱼发酵过程中非挥发性物质的变化[J]. 中国食品学报, 2011, 11(8): 183-190.
- QIU D H, LI G Y. Variety of the nonvolatile materials in fermentation process of fermentating fish[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(8): 183-190.
- [55] 丁正琪. 糟鹌鹑——趣话《红楼梦》食品[J]. 烹调知识, 2009(13): 63.
- DING Z Q. Wine-lees quail—funny story A *Dream of Red Mansions* food [J]. Cooking Knowledge, 2009(13): 63.
- [56] 曾雪峰. 淡水鱼发酵对酸鱼品质影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- ZENG X F. Study on the effect of Suan yu property of fermented freshwater fish[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [57] 李倩. 不同类型酒糟营养成分组成差异及瘤胃发酵特性的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2017.
- LI Q. Study on nutrients composition and ruminal fermentation characteristics of different types distillers' grains[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2017.
- [58] XU Y, ZANG J, REGENSTEIN J M, et al. Technological roles of microorganisms in fish fermentation: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2021, 61(6): 1000-1012.
- [59] ZHANG X C, XIE J. The differential effects of endogenous cathepsin and microorganisms on changes in the texture and flavor substances of grouper (*Epinephelus coioides*) fillets [J]. RSC Advances, 2020, 10: 10764.
- [60] XU Y, LI L, REGENSTEIN J M, et al. The contribution of autochthonous microflora on free fatty acids release and flavor development in low-salt fermented fish[J]. Food Chemistry, 2018, 256: 259-267.
- [61] FENG L, TANG N C, LIU R J, et al. The relationship between flavor formation, lipid metabolism, and microorganisms in fermented fish products [J]. Food Function, 2021, 12: 5685.
- [62] 蔡瑞康, 吴佳佳, 戴志远, 等. 大黄鱼糟制过程中宏基因组学研究[J]. 中国食品学报, 2019, 19(1): 190-199.
- CAI R K, WU J J, DAI Z Y, et al. Analysis of metagenomics in the muscle of fermented large yellow croaker[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(1): 190-199.
- [63] ZANG J H, XU Y S, XIA W S, et al. Quality, functionality, and microbiology of fermented fish: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2020, 60(7): 1228-1242.
- [64] LUCKE F K. Utilization of microbes to process and preserve meat[J]. Meat Science, 2000, 56(2): 105-115.
- [65] CHEN Z P, TANG H Q, OU C R, et al. A comparative study of volatile flavor components in four types of Zaoyu using comprehensive two-dimensional gas chromatography in combination with time-of-flight mass spectrometry[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, 45(3): e15230.
- [66] 王珏, 林亚楠, 马旭婷, 等. 鲈鱼干制过程中风味物质及风味活性物质分析[J]. 中国食品学报, 2019, 19(9): 269-278.
- WANG Y, LIN Y N, MA X T, et al. Analysis of volatile compounds and odor-active compounds in dried mackerel [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(9): 269-278.

- [67] SONG S, ZHANG X, HAYAT K, et al. Formation of the beef flavour precursors and their correlation with chemical parameters during the controlled thermal oxidation of tallow[J]. Food Chemistry, 2011, 124: 203–209.
- [68] 赵凤, 许萍, 曾诗雨, 等. 鲟鱼传统发酵过程中挥发性风味物质的分析评价[J]. 食品科学, 2019, 40(10): 236–242.
- ZHAO F, XU P, ZENG S Y, et al. Analysis of volatile compounds in fermented sturgeon[J]. Food science, 2019, 40(10): 236–242.
- [69] HAN J R, KONG T, WANG Q, et al. Regulation of microbial metabolism on the formation of characteristic flavor and quality formation in the traditional fish sauce during fermentation: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022, 63(25): 7564–7583.
- [70] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C, STUIBER D A. Identification of compounds characterizing the aroma of fresh whitefish (*Coregonus clupeaformis*)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1983, 31(2): 326–330.
- [71] 张凡凡. 纤维素分解菌与乳酸菌协同作用提高玉米青贮品质研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2017.
- ZHANG F F. Study on quality of corn silage by synergistic effect of cellulose decomposing and lactic acid bacteria colony[D]. Shihezi: Shihezi University, 2017.
- [72] DEATRAKSA J, SUNTHORNTHUMMAS S, RANGSIRUJI A, et al. Isolation of folate-producing *Weissella* spp. from Thai fermented fish (Pla Som Fug)[J]. LWT—Food Science and Technology, 2018, 89: 388–391.
- [73] LENEVEU–JENVRIN C, CHARLES F, BARBA F J, et al. Role of biological control agents and physical treatments in maintaining the quality of fresh and minimally –processed fruit and vegetables[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2020, 60(17): 2837–2855.
- [74] 康翠翠, 施文正, 刁玉段, 等. 加热温度对花鲈鱼肉挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 60–66.
- KANG C C, SHI W Z, DIAO Y D, et al. Effect of heating temperature on the volatile compounds of *Lateolabrax maculatus* meat analyzed by electronic nose and GC–MS[J]. Food Science, 2017, 38(18): 60–66.
- [75] 蔡瑞康, 吴佳佳, 朱建龙, 等. 大黄鱼糟制过程中风味物质及风味活性物质分析[J]. 中国食品学报, 2017, 17(2): 264–273.
- CAI R K, WU J J, ZHU J L, et al. Analysis of volatile compounds and odor –active compounds in fermented large yellow croaker[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(2): 264–273.
- [76] 郑平安, 黄健, 孙静, 等. HS–SPME 结合 GC–MS 法分析鲈鱼肉加热前后挥发性成分变化[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 242–246.
- ZHENG P A, HUANG J, SUN Q, et al. Analysis of volatile components in mackerel fish before and after heating by SPME and GC –MS[J]. Food Science, 2012, 33(14): 242–246.
- [77] ZHOU Y Q, WU S M, PENG Y L, et al. Effect of lactic acid bacteria on mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) seasoning quality and flavor during fermentation[J]. Food Bioscience, 2021, 41: 100971.

## Research Progress on Traditional Chinese Wine–lees Fermentation Technology and Its Products

Nie Jinggui, Zhang Xiao, Li Xuxu, Huang Qilin\*

(National R & D Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Wuhan), College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

**Abstract** Wine–lees fermentation refers to that the raw materials are properly pretreated, followed by embedding with distiller’s grains, seasonings and spices, and then maturing by the natural fermentation of microorganisms in a sealed environment. The main purposes of applying wine–lees fermentation technology are to prolong the shelf life of food and give the product a unique flavor mixed with wine, rice and vinegar. Traditional wine–lees fermentation technologies are limited by their complex and time–consuming processes. With the development of technology and the optimization of equipment, modern brewing technology has been widely used in the processing of various meat products, and has gradually realized

industrial production. This article reviewed the origin, development, and process improvement of wine-lees fermentation technology, and types of wine-lees fermentation products, emphasized the effect of wine-lees fermentation on the improvement of food quality, as well as the formation mechanism of the unique flavor in wine-lees fish. Finally, the shortcomings of existing research are summarized, and the future economic benefits of wine-lees fermentation products are analyzed so as to provide theoretical and technical references for the future application and development of wine-lees fermentation technology.

**Keywords** wine-lees fermentation technology; wine-lees fermentation products; pretreatment; process improvement; quality improvement; flavor formation mechanism