专家论坛专栏

编者按:提升水果的精深加工水平,不仅可以增加水果产品的附加值、降低采后损失率,更可以满足消费者日益增长的对高品质水果产品的需求。本期栏目特邀专家对桃、蓝莓这 2 种水果的国内外前沿加工科技及产业发展趋势进行专业阐释,期待为增强我国水果的精深加工能力、拓展果品增值途径提供借鉴。

(栏目策划:李 宁)

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.05.002 文章编号:2095-6002(2019)05-0007-09
引用格式:毕金峰,吕健,刘璇,等. 国内外桃加工科技与产业现状及展望[J]. 食品科学技术学报,2019,37(5):7 - 15.
BI Jinfeng, LÜ Jian, LIU Xuan, et al. Research on techniques and industry situation and prospect for peach processing in domestic and aboard[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(5):7 - 15.

国内外桃加工科技与产业现状及展望

毕金峰, 吕 健, 刘 璇, 金 鑫, 周 沫, 李 旋
(中国农业科学院 农产品加工研究所/农业农村部农产品加工重点实验室, 北京 100193)

摘 要: 中国的桃种植面积和产量均为世界第一,2017 年我国桃种植面积和总产量分别占世界总种植面积的 51.17% 和总产量的 57.96%。桃生产的季节性较强,在夏季集中上市,为降低因产季集中造成的浪费,桃深加工科技应运而生。阐述了国内外桃加工科技与产业现状及发展趋势,重点介绍了桃罐头生产加工中的去皮、杀菌及质构保持技术,桃汁(浆)生产加工中的色泽保持和品质稳定性保持技术,以及脱水桃制品生产中的热风干燥技术、真空冷冻技术和压差闪蒸技术。分析了我国桃罐头、桃汁、桃脱水制品、桃发酵制品等的加工技术与装备的发展方向与趋势;论述了我国桃由传统加工向现代加工产业转变和推进桃产业健康快速发展的必要性。最后对我国桃产业发展前景进行了展望。

关键词: 桃; 桃罐头; 桃汁; 加工科技; 产业现状
中图分类号: TS255.4 **文献标志码**: A

桃(*Amygdaluspersica* Linn),原产于中国,是蔷薇科(Rossaceae)李属(*Prunus*)植物果实,迄今已有 4000 年的栽培历史。据不完全统计,世界范围内桃栽培品种有 5 000 余种,美国选育及引进的桃品种有 700 余种,中国选育的品种有 1 000 余种。我国桃栽培区域分布广泛,品种间品质特性差异大,我国的桃品种类型主要有普通白肉鲜食桃、黄肉加工桃、油桃和蟠桃 4 种,其中以普通白肉桃居多。桃属于呼吸跃变型果实,采收期多集中在夏季高温高湿季节,由于采后的双呼吸高峰和乙烯释放高峰,后熟迅速,不耐贮运。在世界的产桃大国中,加工桃占有很大的比重,而我国桃以鲜食为主(约为 80%),加工量仅占原料总产量的 18%,难以满足市场需求。目前,世界范围内桃加工产品主要是桃罐头,其次为桃(复合)汁(浆)、桃脯、桃酱、桃干、桃酒、桃醋等。近年来,桃加工技术呈现多元化、创新型发展

收稿日期: 2019 - 08 - 01
基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-30-5-02)。
第一作者: 毕金峰,男,研究员,博士,国家现代农业产业技术体系桃加工岗位科学家,主要从事果蔬食品制造与营养科学方面的研究。

趋势,本文结合前人的科研成果,论述了国内外桃加工关键技术发展现状;结合多年对企业的实地走访、调研,全面解析我国桃加工产业现状与发展趋势,旨在为我国桃加工产业的发展提供理论及技术支撑。

1 国内外桃产业现状

1.1 国外桃产业现状

世界上桃商业栽培的主要产区分布在亚洲和欧洲,美洲、非洲、大洋洲栽培面积较小,亚洲主要分布在东亚。据联合国粮食和农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)统计,全球桃主产国有中国、西班牙、意大利等,见图1。过去20年,世界桃产量增长了2.20倍,中国增长了4.50倍,西班牙增长了1.87倍,希腊增长了2.70倍,意大利几乎没有增长,美国则减少了45.75%。2017年全球桃种植面积为152.8万ha,总产量为2 466.5万t,相比2016年,种植面积减少了5.5万ha,总产量增多了14.96万t。2018年因春季潮湿和持续寒冷的冬季气温,西班牙、意大利和法国的桃均受到损失,美国、智利两国的桃产量有所下降,澳大利亚、土耳其两国桃产量略有增长。

2018年因天气因素,全球桃产量下降,各主要进口国进口量均有所减少,减少至68.5万t,较2017年度下降3.6万t。主要进口国有俄罗斯、白俄罗斯、美国、加拿大等,其中俄罗斯和白俄罗斯桃进口量分别占全球进口总量的36%和10%。此外,欧盟是最大的桃出口地区。全球桃加工总量为360.1万t,中国为220万t,占61.09%;第二位是欧盟,为71.1万t,占全球总量的19.74%;第三位是美国32.1万t,占全球总量的8.91%。总体来看,全球桃产量有所下降,但消费量逐年缓慢上升;不同年份全球桃贸易总量虽有波动,但基本保持稳定。

世界桃产品加工贸易主要集中在欧洲、北美洲和亚洲,其中欧洲是最大的桃产品贸易区。桃加工品的主要出口国为希腊、中国和西班牙;而桃加工品的主要进口国则较为分散,全球的120个国家均有桃加工品的进口贸易,产品主要为用于烘焙产业的桃罐头、桃果酱。其中美国是世界上桃罐头的最大进口国,从中国进口桃罐头占其进口总量的61%;近年来,南非桃产业发展迅猛,黄桃品种达11种之多,2017—2018年桃罐头产量约为4.94万t,主要

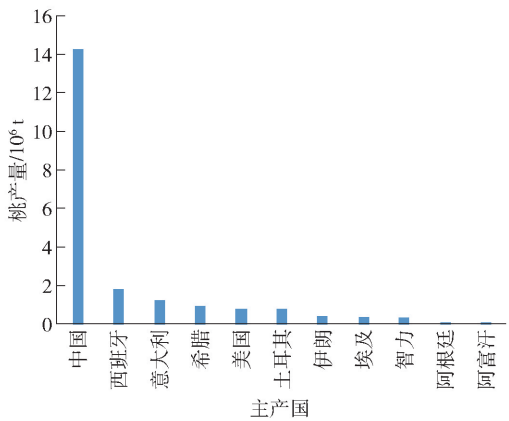

图1 2017年世界桃主产国桃产量

Fig. 1 Production of peach in leading producing countries in 2017

用于出口;阿根廷桃罐头产品约90%用于内销市场;巴西桃种植面积逐年提升,其中国内鲜销桃占总产量的61%,用于罐头加工为33%,用于果汁加工为5%,干品占1%,部分巴西罐头生产企业从中国进口速冻桃瓣用于罐头生产。目前,中国电商销售市场给桃加工制品带来了新的契机。

1.2 我国桃产业现状

桃是我国最主要的果树树种之一,在落叶果树中,仅次于苹果、梨,居第3位。全国34个省级行政区中,除海南省、内蒙古自治区和黑龙江省外,其余31个省均有桃的产业化栽培,可见,桃也是我国分布范围最广的果树之一[1]。2017年我国桃种植面积达78.19万ha,总产量达1 429万t,居世界第一位。我国的桃种植及加工产业主要分布在山东、河北、河南、湖北、四川、陕西、江苏、辽宁等地。其中,山东省桃种植面积和产量均占全国总种植面积和产量的50%以上。栽培面积排在前十位的省份占全国桃树总面积的77.81%;年产量排在前十位的省份占全国桃树总产量的83.03%。

我国桃品种繁多,其中鲜食白肉桃约为总量的80%~90%,以中晚熟品种为主,成熟期集中在每年7—8月。同时,我国鲜食桃的出口比例很小,主要出口到哈萨克斯坦、俄罗斯等国家。鲜食桃进口方面,我国从智利、澳大利亚、西班牙进口少量鲜桃,主要用于弥补季节供应和品种差异。由此可见,我国桃品种存在地域品种繁多、差异大、较分散、品种结构不合理等问题。

我国桃加工产品出口量逐年增加,美国和日本是中国桃加工制品最主要的市场。我国市场的桃加

工制品以罐头为主，其次为浓缩桃浆（汁）、速冻桃、桃蜜饯、脱水桃干等。桃罐头加工以黄桃为主，用于罐头加工黄桃优良品种主要为 NJC83、黄金冠、金童 5 号、金童 6 号、罐 5、NJC19 等。原料多以速冻桃周转暂存为主，占罐头加工用桃的 40% 左右，我国桃罐头加工制品主要依赖出口，受国际市场波动影响较大。罐头加工技术较为成熟，但自动化程度低；生产中多采用碱液去皮技术，导致耗水量高、环保处理成本高；此外加工过程中产生的桃核、桃仁等废弃物利用率低，在一定程度上影响了罐头产业的多元化发展。桃浆（汁）加工以中晚熟白肉桃品种为主，但缺乏低褐变度、低酸度和风味浓郁的加工专用桃品种；制浆、制汁技术，如冷破碎、冷打浆、热杀菌、低温无菌灌装技术等较为成熟。近年来，非热杀菌技术因可以最大限度地保持桃原有的风味、营养、色泽等品质而在果汁加工产业中呈现升温趋势，该技术在我国正处于起步阶段。此外，桃汁加工产生的大量皮渣有待进一步开发利用。桃干（桃脯等蜜饯、脱水桃脆片）加工呈现加工企业高度集中、加工技术创新发展的良好态势，但依然存在加工能耗高、感官品质（色泽、质构等）较差等问题。

可见，在桃加工技术与产业发展方面，还需切实加强桃深加工综合利用，拓展其增值途径，进一步提高桃的附加值，促进桃产业的可持续发展。将综合经济效益和强有力的市场竞争力同时并举，实现桃全果的充分利用，减少损耗，已成为桃科研工作者亟待解决并优化的问题。

2　国内外桃加工技术

2.1　桃罐头加工技术研究现状

2.1.1　桃去皮技术

去皮技术是罐头加工的重要工艺环节，目前工厂化生产主要采用高温高浓度碱液去皮法（碱液浸泡、碱液喷淋），氢氧化钠在果皮内扩散并发生化学反应，首先去除果皮表面蜡质和角质层，进一步在果皮内扩散，溶解细胞壁和中胶层[2]，最终使外果皮腐蚀、降解，在几分钟内达到去皮目的。碱液去皮工艺多根据经验确定，会在一定程度上破坏薄壁组织（果肉），造成果肉损失，导致质量损失增加，且会产生大量的工业废水、残碱及重金属残留，给生产企业造成巨大的环保排污压力。王丽娟等[3]以“未反应核模型”为基础，建立质量损失模型和质地随热效应的改变模型，可以根据去皮工艺参数及黄桃果皮厚度预测去皮时间，防止过度去皮、降低质量损失。

酶法去皮技术利用生物酶分解外果皮和果肉之间连接物质使之降解分离脱落，从而达到去除黄桃外果皮的目的。果皮中果胶与纤维素结合，形成具有黏性的中胶层，外果皮分解的开端是胞壁物质的降解于“经纬结构”总体结构的破坏，因此多选用果胶酶复配纤维素酶进行去皮技术研究，同时需要综合考虑料液比、作用温度、作用时间、质量浓度、pH 值等，从而保证桃果实良好的外观色泽、较高的营养成分保存率，并达到理想的去皮效果[4]。一般认为，复合酶制剂相比较单一酶可以更有效去除果皮。当纤维素酶和果胶酶同时作用且只有在果胶酶量多于纤维素酶量时才具有显著的去皮效果[5]；此外，复震荡联合生物复合酶法去皮，可以借助震荡产生的波浪和黄桃摆荡之间的撞击力量，使表面已经分离的外果皮脱落下来，并加速酶液向外果皮深层渗透，从而可以加快去皮速度。但是生物复合酶去皮技术要真正应用于企业生产，需要解决酶消耗量大、去皮时间长等问题。

2.1.2　杀菌及质构品质控制技术

质构品质是罐头产品的关键品质之一，加工环节中的热杀菌等工艺会促使果胶发生 β-消除降解，细胞间黏着性下降，引发细胞结构破坏[6]，从而导致罐头产品果肉软化、硬度降低等问题，一方面对桃品种有较高的质构要求，另一方面亟待开发果肉质构品质保持新技术。

高静压技术是一种新型的非热杀菌技术，与传统热杀菌相比，不仅可以有效杀灭食品中的微生物，延长保藏期，且可较好地保持食品中天然营养成分和风味[7]。高静压技术（high hydrostatic pressure，HHP）技术，也称为超高压技术，是指在室温或温和的热条件下利用 100 ~ 1 000 MPa 压力进行杀菌、钝酶的非热加工技术，其主要特点是避免了传统热加工对果汁带来的营养品质的破坏。此外，低 pH 值和压力之间对微生物失活具有协同作用，即 pH 值越低，微生物越易致死。黄桃罐头（pH < 4.6）属于酸性罐头，其中的主要污染细菌（丁酸厌氧菌、不产芽孢的杆菌类）对低 pH 较为敏感，因此高静压技术相对容易杀灭罐头中的细菌[8]。但是，当罐头中的糖浓度达到 40% 以上形成的高黏度介质对高压下的菌体有保护作用，糖液浓度愈高，对菌体的保护作用愈强。我国糖水型桃罐头糖液浓度为 10% ~

35%,运用高静压代替传统热杀菌对黄桃罐头进行杀菌处理发现,糖液对菌体具有一定的保护作用[9],因此需要提升高静压压力以达到商业无菌状态。高静压对食品质构和细胞的微观结构有显著的保持作用,在代替传统热杀菌、保持罐头产品良好质构品质方面表现出一定的应用潜力。高静压作用下能够降低果胶的分解速率,同时长时间保压,或者压力大于 300 MPa 时,果肉压力会重新恢复[10]。高静压杀菌不同形状果块(块状、条状、丁状)的罐头果肉硬度在食用期间内硬度一直高于热杀菌的罐头果肉,且块状的黄桃罐头在贮藏后质构品质最好[11]。因此,一些不适合热加工的黄桃品种可以通过高静压加工得到较好的质构品质[12]。

2.2 桃浆(汁)加工技术研究现状

2.2.1 桃浆(汁)色泽品质保持技术

桃浆(汁)加工技术相对成熟,但榨汁前的灭酶处理和加工过程中的热杀菌操作均会引发桃浆(汁)颜色变暗,因此保持色泽稳定性是桃浆(汁)加工方面的难题。桃浆(汁)加工过程中引发色泽变化的主要反应是美拉德反应、焦糖化反应、维生素 C 的降解反应和酚类化合物的氧化聚合反应。企业生产中常用的 3 个杀菌温度为 80、90、100 ℃,温度越高,发生褐变的反应活性较高,即越易发生褐变,其中由于热处理所引发的焦糖化反应和美拉德反应是导致桃汁颜色变暗的主要化学反应。在热加工过程中产生的 5-羟甲基糠醛(5-hodroxymethyl furfural, 5-HMF)含量,是影响桃汁颜色变暗的主要化学物质,因此可以通过抑制 5-HMF 的生成来控制桃汁色泽的稳定性[13]。Lyu 等[14]分别监测了色泽、维生素 C、氨基酸和 5-HMF 在桃汁贮藏过程中变化特性,实验结果发现贮藏 40 d 后,果汁亮度、维生素 C 含量显著降低,丝氨酸、谷氨酸降解严重,可能是发生了美拉德反应。对 5-HMF 与色泽指标(L、a、b)的相关性分析发现,a 值与 5-HMF 呈显著相关,因此可以用 a 值预测 5-HMF 的生成量,进而反应桃汁在贮藏过程中的褐变情况。

热协同超高压制备的鲜榨桃汁在不同温度(4、22、40 ℃)的贮藏条件色泽变化明显,可能是由酚类的氧化降解引发的非酶褐变导致的[15]。此时,果汁的褐变主要由酚类氧化聚合和维生素 C 的降解引起的,氨基酸也参与了褐变反应,但是美拉德反应不显著;果汁的褐变以及表儿茶素、低聚原花色素、绿原酸、维生素 C 的降解随贮藏时间延长和温度升高而加剧。缩合单宁的平均聚合度随贮藏时间的延长和温度的升高而变大,粒径分析表明贮藏过程中有新的颗粒产生,从而加重了贮藏过程中的褐变问题。

加工、贮藏过程中桃汁色泽变暗是由于褐变反应生成的有色化合物,可以采用吸附树脂去除,从而达到保持桃汁色泽品质的目的[16]。此外,多波长紫外线-可见光(UV-Vis)照射技术根据物质在不同波长处的吸收情况,能够有效清除由酶促反应和非酶反应产生的棕色物质,同时配合温度(45 ℃)作用 120 min 可以钝化 95% 的过氧化物酶(peroxidase, POD)和多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO),因而可以在很大程度上保持桃汁色泽品质[17]。UV-Vis 照射技术在桃汁加工方面的应用还需要考虑作用效率的提升。臭氧处理是操作相对简单、成本效益较高、环境友好型的一种非热加工技术。臭氧对果汁品质的作用主要取决于果汁本身的组成(如可溶性固形物含量、pH 值、有机酸含量等)以及臭氧的使用剂量和作用条件(时间、温度等)。将臭氧处理应用于桃汁加工,当 O_3 浓度达到 0.2 $mg \cdot min^{-1} \cdot mL^{-1}$ 时,作用时间 12 min,PPO 活性仅残余 0.2%;作用时间 1 min,POD 活性残余 3.7%[18]。因此,臭氧处理能够有效地降低由酶促反应引发的果汁褐变问题,在生产应用中需要注意臭氧的剂量及残留量,并联合其他处理解决由非酶促反应引发的果汁褐变问题。

2.2.2 桃浆(汁)稳定性的保持技术

桃浆(汁)加工过程中的果肉破碎等加工环节会促使果肉中的糖、酸、果胶等物质溶出,易形成胶态小颗粒,这些颗粒易黏附在一起形成絮状体,依靠重力的作用形成沉淀,导致桃浆(汁)发生分层现象。原因可能是,桃汁中移动的钙离子能够降低桃汁体系中的静电斥力,并引发体系中的带负电荷的物质(如果胶)聚集在胶态颗粒表面,从而破坏整个果汁体系的稳定性;另一方面,果胶甲基酯酶(pectinmethylesterase, PME)诱发桃内源性果胶生成能够与多价离子(如钙离子)结合的酸性低甲基果胶,最终形成不溶性的果胶酸沉淀,进而影响桃汁的稳定性[19]。热处理(巴氏杀菌等)是桃汁生产的传统加工技术,能够钝化 PME,但不可避免地会降低桃汁营养、风味等品质,因此非热加工技术日渐兴起。

高压二氧化碳技术(high pressure carbon dioxide, HPCD)作为新兴起的非热加工技术,可以有效钝化液体体系中的微生物。由于不同果品来源的 PME 具有不同的分子量、等电离点以及动力学特

性，因此将 HPCD 技术用于 PME 钝化的研究正处于适应性研究阶段。将 HPCD 技术应用于桃汁生产中发现，HPCD 技术并不能完全钝化桃汁体系中的 PME，从而由 PME 引发的果胶的脱甲基化反应依然存在，最终导致桃汁的表观黏度下降、水溶性果胶聚集，加速了果汁沉淀的发生[20]。由此可见，采用 HPCD 技术钝化果汁体系中的 PME，提高果汁稳定性，还需要深入研究。

一般 HHP 并不能完全钝化 PME[21]，低 HHP 处理会破坏水果果肉组织，使 PME 更分散的接触作用基质，从而加速 PME 所诱导的酶促反应。只有当压力达到 800 MPa、温度 70 ℃、作用时间超过 90 s，才可能完全钝化桃浆（汁）体系中的 PME[22]，而这一操作参数势必会大幅度增加桃浆（汁）加工的成本。

超声波技术产生的空泡效应能够将果汁体系中的大颗粒物质破碎为小粒径分子，起到修饰食品中蛋白质特性、钝化食品中酶活性的作用，进而改善果汁体系的稳定性[23]。超声波技术应用于桃汁加工，能够将传统加工过程中产生的悬浮大颗粒破碎为小颗粒，并且能够破坏果肉细胞壁，促进细胞内组分和多糖的降解释放，因而显著降低桃汁加工中沉淀的产生，并改善果汁的黏稠度，维持果汁的稳定性[24]。

Nisin 作为一种天然生物活性抗菌肽，对包括食品腐败菌和致病菌在内的许多革兰氏阳性菌具有强烈的抑制作用，是目前世界上唯一被允许用做食品添加剂的细菌素。Junior 等[25]将 Nisin（5 000 U/mL）应用于桃汁生产中，Nisin 在桃汁贮藏期间能够保持自身的稳定性、显著抑制微生物的生长，并基本上不会影响桃汁的商品品质。

2.3　脱水桃制品加工技术研究现状

2.3.1　热风干燥技术

热风干燥是最传统、最广泛应用的果蔬脱水加工技术，能够有效移除果品原料中的水分，从而可以抑制某些化学反应和微生物生长繁殖。此外，干燥技术能够降低果品重量、体积，减少果品包装、贮藏和运输的费用，有利于果品货架期的延长、减缓季节性需求矛盾。热风干燥制备的加工条件，如温度、湿度、风速、干燥时间以及原料的质构、装载量和采用的预处理方式都会显著影响终产品的品质。

热风干燥初期，物料与加热介质接触，物料表面温度率先升高，表面水分呈现蒸发趋势；随着热风干燥的进行，物料中的水分持续散失率呈线性下降趋势，这一阶段的质热传递为气相控制阶段，此时出现关键水分转换点；随后的降速阶段，物料水分散失速率降低，直至达到平衡，此时物料中水分主要为结合水。渗透脱水、烫漂等技术已经成为有效的预处理技术，能够有效降低热风干燥能耗和时间，并可以改善终产品色泽与风味。Rodriguez 等[26]运用菲克第二定律（Fick's second law）解释了桃片在渗透脱水过程中水分迁移规律，利用 logrithmic 和 Midillie 经典模型预测了桃片经山梨糖醇渗透脱水预处理后，于 80 ℃热风干燥条件下的干燥动力学，可以精确计算在任何干燥时间的桃片含水量。

2.3.2　真空冷冻技术

真空冷冻干燥（freeze-drying，FD）技术是将物料在其冰点以下冷冻，在低温低压条件下利用水的升华性能，使物料低温脱水而达到干燥的新型干燥手段。FD 技术能够赋予终产品饱满多孔的网络骨架，使物料组织保持较好地原有形态[27]，同时可以很好地保持物料中的生物活性物质，因此 FD 技术已经广泛应用于医药、生物制品、食品等行业。目前，全球蔬菜、肉类、海产品的冻干食品消费量已达 15～18 万 t，其中最大消费国为日本，年消费量 3 万 t 左右。国外 FD 技术及产业发展迅速，以欧美、日本市场为主导；冻干食品在国际市场的价格是普通热风干燥脱水食品的 4～6 倍，正成为国际贸易的大宗食品。我国 FD 技术起步较晚，早期食品冻干机以仿制为主，目前已经实现自主研发。现代化仪表和自动化控制技术，从根本上提高了我国大型食品冷冻干燥机的整体设计和控制水平。冻干果蔬脆片（如黄桃脆片等）已经成为市场上的主流产品。

相比较传统干燥技术，FD 技术能够最大程度的维持物料原有的质构、营养品质。Wang 等[28]以真空冷冻干燥方法为基础和对照，并将其与热风、微波、气流膨化 3 种方法进行组合干燥，结果发现，真空冷冻干燥桃片呈现出最低的硬度，同时保留了最多的细胞壁物质（如果胶、纤维素、半纤维素等），这与干燥桃片形成的多孔松软的纳米结构密切相关。FD 技术制备的产品因疏松多孔、表面积大，产品易吸潮发生氧化降解；真空低温环境导致产品易褪色、风味化合物不同程度损失，因此会造成产品风味变淡；此外，真空状态下多孔性物料的导热系数低，冷冻干燥时间长，因而 FD 技术依然存在能耗高等亟待解决的问题。

2.3.3　压差闪蒸干燥技术

压差闪蒸干燥技术（instant controlled pressure

drop drying,ICPDD)又称变温压差膨化干燥技术,是在传统的压差膨化技术上建立起来的一种农产品加工技术。传统的压差膨化技术作为一种重要的休闲食品加工技术,长期被用于玉米、稻米等农产品的膨化。国外的 ICPDD 技术可以追溯至 20 世纪 50 年代,至今法国学者 Allaf 已发明了第 3 代技术——可控瞬时压差加工技术(法语为 détente instantannnée contrôlée, DIC)[29],是指物料在特定的压力、温度和含水量状态下,瞬间经由高压(或大气压)至低压(真空状态)的过程,利用气体的瞬间相变和热压效应产生的膨胀,促使物料内部水分瞬间汽化并向外闪蒸,带来更大的体积膨胀和形成更酥松的多孔结构;同时由于强力的水分闪蒸作用带走更多的蒸发潜热,因此处理后样品的温度瞬间降至环境温度,使产品很快硬化并继续保持膨化后的组织状态[30-31]。国内 ICPDD 技术普遍采用蒸汽管道间接加热物料,因此初始压力略高于大气压,瞬间压差使得闪蒸强度和水分散失量相对较少,更有利于热敏性或不能接触饱和蒸汽得原料干燥加工。

物料经预处理(如渗透脱水、热风干燥、中短波红外干燥等)后的初始水分含量,是影响压差闪蒸干燥制品质构品质的重要因素。Lyu 等[32]探究了渗透脱水-中短波红外预处理桃片,确定水分含量干基质量分数的 50%时,桃片经压差闪蒸干燥技术处理可以获得最佳的质构品质(适宜的硬脆度)。渗透脱水预处理过程中,糖液大量渗入桃片组织,会导致其结构组织内部坚实、孔隙度降低及弹性的损失;并在表面形成结晶,增加干燥过程中水分散失的阻力,因此选择适宜的具有较高脱水效率的渗透溶质(如麦芽糖)[33]可以在一定程度上支撑桃片的结构组织,提升产品的膨化度。

3 桃加工科技及产业发展趋势

3.1 桃加工科技发展方向

3.1.1 桃加工品质形成物质基础研究

大力开展以桃原料特征物质为基础的多元化、个性化加工理论、技术与装备研究。针对桃加工技术的单元操作,如机械破碎与研磨、脱水处理、热处理、压力处理、酸碱处理等,明确与产品色、香、味、形、营养功能品质相关的特征性物质(如酚类、果胶、膳食纤维等)。系统解析桃加工过程中特征性物质可能发生的降解、聚合等衍化途径以及分子间的交互作用,阐述其与终产品品质形成关联性,进而提出相应的品质调控技术。

3.1.2 桃罐头和桃汁加工技术与装备研究

重视国内桃罐头的消费需求,从感官品质、产品规格、包装形式等多方面激活国内桃罐头的消费市场;借鉴国际市场,开发桃罐头在焙烤、预调理、预烹饪食品中的应用,拓宽桃罐头在国内市场的销售形式和消费场合。针对桃罐头加工去皮问题,着力开展桃新型生物去皮技术,实现节水、保质、降低排污压力;针对桃罐头贮藏期间出现的溶质问题,全力开展罐藏桃质构改善技术研究,突破桃罐头加工中的瓶颈问题,实现桃罐头加工技术的飞跃发展。

基于桃内源物质交互作用的自稳态活性物质保持技术,系统解决桃汁(浆)稳定性问题。引入桃汁(浆)加工新技术,全面实现桃汁(浆)加工产业升级。开展非热杀菌技术与装备研究,大幅度提升桃汁色泽、风味、营养品质;开展高效榨汁、超微技术研磨等非浓缩还原及鲜榨桃汁加工技术;开展桃复合果汁新产品研发,实现桃汁产品多元化、个性化发展。

3.1.3 脱水桃制品加工技术与装备研究

加快脱水桃制品新型节能干燥技术与装备研发,系统研究压差闪蒸干燥、真空冷冻干燥、热泵干燥、中短波红外干燥等新型加工技术在脱水桃制品方面的推广研究;深入开展渗透脱水、速冻加工、质构再造等预处理加工技术,实现高品质脱水桃制品的节能高效制备;开展低温超微粉碎技术与装备研究,拓宽脱水桃制品产品形式,实现桃全粉及复合桃粉(片)等定制化、个性化、功能化新产品的研制。

3.1.4 桃发酵制品加工技术与装备研究

推动桃发酵制品(桃酒、桃醋、桃酵素等)产业发展,加强桃发酵科学基础研究,建立桃发酵制品加工技术理论与装备支撑。解析传统发酵加工原理,突破当前加工技术瓶颈,缩短发酵周期、提升发酵效率、增强发酵风味;完善桃发酵制品加工工艺,加大科技投入,引进新技术、新设备,加强研究与开发;开展新型桃发酵制品研发,丰富桃发酵制品品类,打造桃发酵制品自主品牌,构建畅通的营销渠道,提高桃制品的市场份额;开拓桃发酵制品消费范围与层次,以新品开发顺应潮流、符合消费者营养健康需求,保障桃发酵产业集中升级,切实带动桃发酵产业经济长久发展。

3.2　桃加工产业发展方向

3.2.1　由传统加工向现代精深加工和全利用转变

深入挖掘桃传统产业（桃罐头、果脯、果酒等）存在的瓶颈问题，明确科学基础，解析加工过程中的品质变化机制，提出品质控制技术，推动传统产业工程化理论、技术与装备科技发展，实现桃传统加工产业向现代桃食品制造产业的转变。开展现代桃精深加工理论与技术研究，实现现代桃产品（果汁（浆）、脆片（单一和复合）、果胶、酵素、果醋）全面升级；创新桃加工产品形式，推动现代精深加工桃产业快速高效发展，促进单一产品向复合产品制造转变。加快推进桃产业全利用，加大产业链延伸力度，实现桃花、桃皮、桃渣、桃核、桃胶规模化开发，提升桃产业综合效益；深入开展桃果实功效成分（多酚、多糖等）提取、分离、纯化技术与装备研究，系统开展基于功效成分的功能性食品开发；全面推动桃仁脱苦、蛋白质、多肽制备技术与装备研发，开展桃仁功能油脂超临界流体萃取技术与装备研究等，实现桃及其副产物的梯度加工增值和可持续发展，提高桃产业经济效益和生态效益。

3.2.2　三产深度融合，推动桃产业健康快速发展

兼顾鲜食桃品质，选育耐贮运桃品种，降低地域性限制、扩大鲜食桃销售区域；提高鲜食桃果品品质，打造鲜食桃果品品牌价值、提高我国桃的出口比例，增强国际市场竞争力。注重桃加工专用品种的选育与推广，着力打造桃加工龙头企业。充分发挥龙头企业的带动作用，扩大桃的深加工比例，注重桃加工产品的销售服务过程，实现桃从源头到产品的全产业全面增值；发展桃文化旅游产业（桃花节），充分发挥桃遗传多样性，发掘其丰富的文化内涵，全面推动桃种植业增效、桃加工业繁荣、桃农增收。

4　结论与展望

基于我国桃种植分布与产量的优势，优化品种结构，增加加工用桃品种选育，促进桃加工市场多元化，加大桃产地通用性加工技术培育并实现工业化生产，实现桃附加值的大幅度提升；巩固发展桃传统加工产业（桃罐头、桃汁（浆）等），投入科技力量解决存在的瓶颈问题，实现传统产业提质升级；基于我国桃产业的资源优势，实现高校科研院所与桃加工企业的技术对接，联合攻关推动桃加工新技术新产品的落地生产，提升我国桃加工产业的综合实力；整合全国桃研发资源，构建政产学研商银一体化机制，联合攻关桃加工共性关键技术，创新桃加工产业驱动转型升级，提升我国桃加工业在国际市场的竞争力。

参考文献：

[1] 俞明亮，马瑞娟，沈志军，等. 中国桃种质资源研究进展[J]. 江苏农业学报，2010，26(6)：1418－1423.
YU M L, MA R J, SHEN Z J, et al. Research advances in peach germplasm in China [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Science, 2010, 26(6): 1418－1423.

[2] FLOROS J D, WETZSTEIN H Y, CHINNAN M S. Chemical (NaOH) peeling as viewed by scanning electron microscopy: pimiento peppers as a case study [J]. Journal of Food Science, 1987, 52(5): 1312－1316.

[3] 王丽娟，宋思圆，刘东红. 基于品质模型的黄桃去皮工艺优化及应用[J]. 中国食品学报，2018，18(7)：158－163.
WANG L J, SONG S Y, LIU D H. Optimization and application of peeling process of yellow peaches based on quality model [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(7): 158－163.

[4] 董明，王金祥，徐昊，等. 复合酶处理对金童 5 号黄桃去皮效果的影响[J]. 食品与机械，2013，29(1)：205－208.
DONG M, WANG J X, XU H, et al. Effect of composite enzyme treatment on peeling of Jintong 5 yellow peach [J]. Food and Machinery, 2013, 29(1): 205－208.

[5] 徐昊，董明，沈泉，等. 黄桃复合酶震荡去皮工艺研究[J]. 果树学报，2014，31(4)：697－703.
XU H, DONG M, SHEN Q, et al. Technological research on desquamating yellow peach epicarp by enzyme decomposition method [J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(4): 697－703.

[6] DE ROECK A, SILA D N, DUVETTER T, et al. Pectin fraction interconversions: insight into understanding texture evolution of thermally processed carrots [J]. Food Chemistry, 2008, 107(3): 1225－1235.

[7] OEY I, LILLE M, VAN LOEY A, et al. Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable-based food products: a review [J]. Trends in Food Science and Technology. 2008, 19(6): 320－328.

[8] MACKEY B, FORESTIERE K I N. Factors affecting the resistance of Listeria monocytogenes to high hydrostatic pressure [J]. Food Biotechnology, 1995(9): 1－11.

[9] 赵君，张甫生，林晨，等. 高静压处理对黄桃罐头微生物和质构的影响[J]. 食品工业科技，2011(3)：96－99.
ZHAO J, ZHANG F S, LIN C, et al. Effect of high hy-

drostatic pressure on microorganism and texture properties of canned yellow peach [J]. Science and Technology of Food Industry, 2011(3):96 - 99.

[10] KATO N, TERAMTO A, FUCHIGAMI M. Pectic substance degradation and texture of carrots as affected by pressurization [J]. Journal of Food Science, 1997, 62(2): 359 - 398.

[11] 姚佳,孔民,胡小松,等. 高静压杀菌对不同形状果块的黄桃罐头质地的影响[J]. 农业工程学报,2013,29:275 - 285.
YAO J, KONG M, HU X S, et al. Effects of high hydrostatic pressure sterilization on texture of yellow peach in pouch with different shapes [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013,29: 275 - 285.

[12] 张雅杰,姚佳,张燕,等. 高静压及热加工不同品种黄桃罐头的质构差异研究[J]. 高压物理学报,2014,28(2):232 - 238.
ZHANG Y J, YAO J, ZHANG Y, et al. Study on the effect of high hydrostatic pressure on the texture of canned yellow peach of different varieties [J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 2014,28(2):232 - 238.

[13] 阮卫红,邓放明,毕金峰,等. 桃汁热处理过程中非酶褐变动力学研究[J]. 食品科学,2014,35(1):50 - 55.
RUAN W H, DENG F M, BI J F, et al. Kinetic study of non-enzymatic browning of peach juice during thermal treatments [J]. Food Science, 2014,35(1):50 - 55.

[14] LYU J, LIU X, BI J F, et al. Kinetic modelling of non-enzymatic browning and changes of physio-chemical parameters of peach juice during storage [J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(3): 1003 - 1009.

[15] 周婧琦,赵光远,张培琪,等. 热协同超高压加工的鲜榨桃汁在贮藏过程中的稳定性变化[J]. 现代食品科技,2008,24(6):548 - 551.
ZHOU J Q, ZHAO G Y, ZHANG P Q, et al. Color stability of fresh peach juice prepared by heating at high pressure during storage [J]. Modern Food Science and Technology, 2008,24(6):548 - 551.

[16] IBARZ A, GARVÍN G A, PAGÁN J. Kinetics of peach clarified juice discoloration process with an adsorbent resin [J]. Food Science and Technology International, 2008,14: 57 - 62.

[17] AGUILAR K, GARVÍN A, IBARZ A. Effect of UV-Vis processing on enzymatic activity and the physicochemical properties of peach juices from different varieties [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2018, 48: 83 - 89.

[18] SÁNCHEZ G M J, LOREDO A B G, CONTIGIANI E V, et al. Inactivation kinetics of peroxidase and polyphenol oxidase in peach juice treated with gaseous ozone [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2018, 53: 347 - 355.

[19] GUIAVARCH Y, SEGVIA O, HENDRICKX M, et al. Purification, characterization, thermal and high-pressure inactivation of a pectin methylesterase from white grape fruit (*Citrus paradisi*) [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2005, 6: 363 - 371.

[20] ZHOU L Y, WANG Y T, LIU F X, et al. Effect of high pressure carbon dioxide on the properties of water soluble pectin in peach juice [J]. Food Hydrocolloids, 2014, 40: 173 - 181.

[21] RAO L, GUO X F, PANG X L, et al. Enzyme activity and nutritional quality of peach (*Prunus persica*) juice: effect of high hydrostatic pressure [J]. International Journal of Food Properties, 2014, 17: 1406 - 1417.

[22] BOULEKOU S S, KATSAROS G J, TAOUKIS P S. Inactivation kinetics of peach pulp pectin methylesterase as a function of high hydrostatic pressure and temperature process conditions [J]. Food and Bioprocess Technology, 2010, 3(5): 699 - 706.

[23] SAEEDUDDIN M, ABID M, JABBAR S, et al. Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 64(1): 452 - 458.

[24] ROJAS M L, LEITE T S, CRISTIANINI M, et al. Peach juice processed by the ultrasound technology: changes in tis microstructure improve its physical properties and stability [J]. Food Research International, 2016, 82: 22 - 33.

[25] JUNIOR A O, COUTO H G S A, BARBOSA A A T, et al. Stability, antimicrobial activity, and effect of nision on the physico-chemical properties of fruits juices [J]. International Journal of Food Microbiology, 2015, 211: 38 - 43.

[26] RODRÍGUEZ M M, MASCHERONI H R, QUINTERO-RAMOS A. Mathematical modeling of hot-air drying of osmo-dehydrated nectarines[J]. International Journal of Food Engineering, 2015, 11(4): 533 - 545.

[27] 王海欧,扶庆权,陈守江,等. 不同组合冷冻干燥方法对水蜜桃脆片品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2018,44(7):173 - 178.
WANG H O, FU Q Q, CHEN S J, et al. Effect of dif-

ferent combined freeze-drying methods on the qualities of peach chips [J]. Food and Fermentation Industries, 2018,44(7):173 – 178.

[28] WANG H O, BA L, ZHOU F. et al. Effect of different combined freeze-drying methods on components, nanostructure and nanomechanics of cell wall in dried peach chips[J]. Nanoscience and Nanotechnology Letters, 2019,11(7): 1017 – 1026.

[29] ALLAF T, ALLAF K. Instant controlled pressure drop (D.I.C) in food processing [M]. New York: Springer, 2014.

[30] 易建勇,毕金峰,彭健,等.农产品可控瞬时压差加工技术研究进展[J].现代食品科技,2017,33(5):311 – 318.
YI J Y, BI J F, PENG J, et al. Advances of instant controlled pressure drop (DIC) technique in agro-product processing [J]. Modern Food Science and Technology, 2017,33(5):311 – 318.

[31] 毕金峰,魏益民.果蔬变温压差膨化干燥技术研究进展[J].农业工程学报,2008,24(6):308 – 312.
BI J F, WEI Y M. Review on explosion puffing drying for fruits and vegetables at variable temperature and pressure difference [J]. Transactions of the CSAE, 2008,24(6):308 – 312.

[32] LYU J, YI J Y, BI J F, et al. Effect of sucrose concentration of osmotic dehydration pretreatment on drying characteristics and texture of peach chips dried by infrared drying coupled with explosion puffing drying [J]. Drying Technology, 2017, 35(15): 1887 – 1896.

[33] 张鹏飞,吕健,毕金峰,等.渗透脱水对变温压差膨化干燥桃片品质的影响[J].中国食品学报,2017,17(1):69 – 76.
ZHANG P F, LV J, BI J F, et al. Effect of osmotic dehydration on quality of peach chips prepared by explosion puffing drying[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017,17(1):69 – 76.

Research on Techniques and Industry Situation and Prospect for Peach Processing in Domestic and Aboard

BI Jinfeng, LÜ Jian, LIU Xuan, JIN Xin, ZHOU Mo, LI Xuan
(*Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing* 100193, *China*)

Abstract: China has the largest cultivated area and production quantity of peach in the world. In 2017, cultivated area and yield of peach in China were accounted for 51.17% and 57.96% of total in the world, respectively. The harvested period of peach was short and seasonal, which was mainly in summer. In order to avoid wasting, the processing products and technologies of peach were developed. This paper reviewed the development situation of peach industries in China and abroad. Technologies of peeling, sterilization and texture maintenance in canned peaches industry, color maintenance and stabilization processing technologies during peach juice production, and hot air drying, freeze drying and instant controlled pressure drop drying technologies during dehydrated peach products processing were emphatically introduced. The development direction of peach processing technologies and equipments for productions of canned peach, peach juice, dehydrated peach products, and fermentation peach were also focused. It also discussed the necessity of transforming peach industry from traditional processing to modern processing industry, and promoting health and rapid development of peach industry in China. Finally, the prospect of development trend of peach processing industry in China was also expected.

Keywords: peach; canned peaches; peach juice; processing technology; industry status quo

(责任编辑:李　宁)