

果蔬产业中绿色加工技术的研究与应用

黄林华^{1,2}, 吴厚玖^{1,2*}

(1. 西南大学柑桔研究所, 重庆 400712; 2. 中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712)

摘要: 随着社会的持续发展和技术的不断创新, 我国果蔬产业经历了一个快速发展时期。诸多新技术、新材料和新理念被应用到果蔬加工中。绿色食品正是为了满足消费者日益增长的食品需求而提出的理念, 应用绿色加工技术是未来果蔬加工的必然趋势。本文提出了果蔬绿色加工技术的定义, 阐述了绿色加工技术在果蔬产业中的研究和应用现状及存在的问题, 并就果蔬绿色加工技术前景进行了展望, 以期引起果蔬加工产业各方的重视和共鸣, 推动果蔬绿色加工技术的持续研究和应用。

关键词: 食品工业; 果蔬; 绿色加工技术

Research and application of green processing technology in fruit and vegetable industry

HUANG Lin-Hua^{1,2}, WU Hou-Jiu^{1,2*}

(1. Citrus Research Institute, Southwest University, Chongqing 400712, China; 2. Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China)

ABSTRACT: With the continuous development of society and innovation of technology, fruit and vegetable industry in China has also undergone a rapid development period. More and more new technologies, materials and concepts have been applied into the fruit and vegetable industry. The concept of green food has been proposed to meet the increasing requirement on fruit and vegetable processing in the future. It is an inevitable trend that the green processing technology applied in the fruit and vegetable industry. This paper defined the green processing technology of fruit and vegetable, and stated the current status and problems of research and application situation of green processing technologies. This paper also focused on the developmental outlook of the green fruit and vegetable processing technology, which could appeal more attentions to facilitate the continuous research and application of green fruit and vegetable processing technology.

KEY WORDS: food industry; fruits and vegetables; green processing technology

1 引言

果蔬产业已是我国仅次于粮食作物的第二大农业支

柱产业。我国丰富的果蔬资源为果蔬加工业的发展提供了充足的原料, 果蔬制品已成为不可或缺的餐桌食品。果蔬加工业在我国农业和农村经济发展中的地位日趋重要, 已

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD31B10)、中央高校基本科研业务费专项(XDJK2015C086)

Fund: Supported by “Twelfth Five-Year” National Science and Technology Project (2012BAD31B10), Fundamental Research Funds for the Central Universities (XDJK2015C086)

*通讯作者: 吴厚玖, 研究员, 主要研究方向为柑桔加工及资源化利用。E-mail: wuhoujiu@cric.cn

*Corresponding author: WU Hou-Jiu, Researcher, Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China. E-mail: wuhoujiu@cric.cn

成为我国广大农村和农民经济发展和增收的主要新增长点。积极发展果蔬加工业,不仅能够大幅度地提高果蔬附加值,满足餐桌和营养新需求,还能够带动果蔬相关产业的快速发展,吸收大量农村剩余劳动力。目前,我国果蔬产业“西移”趋势已经开始呈现,抓住国家产业调整机遇,积极推进西部地区果蔬加工业的发展,将有助于推进西部开发进程。我国是农业大国,正在通过科技创新和体制改革迈向农业强国的行列。因此,高新技术的应用是未来果蔬加工的必然趋势。

绿色食品是按可持续发展原则和特定的方式生产、加工、储运、销售,有专门机构认证,达到绿色食品标准,可使用绿色标志和商标,无污染、安全、优质、营养的食品^[1]。绿色食品的理念由来已久,其原料生产、加工、销售和管理的相关技术也凝聚了许多国内外研究者的工作成果^[2,3]。随着食品工业的快速发展,新技术、新原料、新工艺以及新产品的采用,食品在加工中二次污染的风险越来越大。因此,绿色食品加工应尽量选择对食品营养价值破坏少,避免二次污染的先进生产工艺。绿色加工技术是食品原料在加工环节中对其“绿色”品质的保证,也是对环境“友好”和对资源“吃干榨尽”理念的最佳体现^[4]。

2 绿色加工技术

有学者将绿色加工技术定义为基于绿色环保理念,在传统加工工艺的基础上,结合各类先进的机械控制技术、生物加工技术、材料科学技术等高新技术进行生产加工的一系列现代化技术^[5];还有学者认为绿色加工的目的就是合理利用资源,降低生产成本,减少加工对环境造成的污染和破坏。绿色加工技术的概念常用于机械加工中具有低能耗、低水耗,尤其是指少量或者不需要切削的加工技术^[6]。目前,绿色加工技术已经被应用到农机制造^[7]、汽车制造^[8]、纺织印染^[9]等生产加工过程中。作者认为果蔬绿色加工技术是指利用低能耗、低排放、低成本、高科技、高效率、高保真的技术生产安全健康、美味方便和原汁原味的果蔬加工精细产品。该技术可以实现果蔬资源化利用,增加农产品附加值,保证农产品安全和营养。该技术适用于果蔬加工各环节、各领域。

3 果蔬绿色加工技术的研究

3.1 生物加工技术

3.1.1 微生物发酵

发酵是我国果蔬加工的传统方法之一。由于能改变果蔬制品的风味,减少某些有害物质并增加营养成分的含量、延长食品货架期等特点,食品发酵技术得到食品生产和加工从业者的传承和创新^[10]。目前,特殊菌种的接种和可控式发酵逐渐取代了果蔬原料的自然发酵^[11],这种技术在果酒、果醋和泡菜等食品的生产中得到应用。果蔬加工过程

中往往产生大量的皮渣和废水,利用这些加工废弃物生产副产物既能充分利用果蔬资源,提高附加值,又能避免其污染环境。利用农业废弃物如柑橘皮渣^[12]、葡萄皮渣^[13]等中的残糖,通过微生物发酵生产燃料酒精和工业甲醇等,同步实现废弃物处理和资源化利用^[14]。另外,还可以利用微生物发酵进行食品加工污水的处理并有效回收污水中可利用的有效成分^[15,16]。

3.1.2 生物酶法

酶是生物细胞产生的有催化活性的蛋白质,生物体中所发生的各种代谢反应,几乎都需要在酶的催化下进行。酶制剂在果蔬加工中应用范围很广,例如:(1)通过降解果胶,提高出汁率和澄清果蔬汁,同时可做果浆处理剂,将果浆中的果肉液化变成流质。用果胶酶处理的果汁即使浓缩也不会凝聚成冻,故可制作高浓度果汁。(2)用于降解柑橘类水果果汁中的苦味物质柚皮苷和柠檬碱等,从而达到脱苦目的。如通过柚苷酶的作用,可以将苦味的柚皮苷水解成无苦味的鼠李糖、葡萄糖和柚皮素^[17]。(3)用于防止带果肉橘子汁和桔瓣罐头上白色沉淀的产生。利用黑曲霉发酵生产的橙皮苷酶将引起白色浑浊沉淀的橙皮苷分子中的鼠李糖与葡萄糖切下,转变为水溶性橙皮素。在橘汁中加入酶液保温半小时,可将引起白色沉淀的橙皮苷溶解除去。(4)用于柑橘果皮和囊衣的脱除。在加工橘子和甜橙囊瓣或汁胞过程中,目前的生产企业一般用手工去皮,酸碱法脱囊衣,1吨产品要排出60多吨废水。用酶法去皮脱囊衣不仅具有营养损失少、节省人工和无酸碱污染等优势,而且耗水量不到酸碱去皮脱囊衣的十分之一,但其成本较高,效率较低的不足严重制约酶法技术的应用。有研究者在酶解过程中尝试借助超声波^[18]、微波或真空作用提高酶解效果^[19,20]。中国农科院柑桔研究所从上世纪90年代开始了生物酶法脱去紫皮柑橘果皮的研究。蒋大斌等^[21]通过利用果胶酶脱囊衣发现无论糖、酸及V_C的损失均比酸碱法处理要低,且橘瓣成型好,能保持其原有风味和色泽。蓝航莲等^[22]采用先注水去除脐橙外果皮,再采用酶法去除脐橙囊衣的方法,虽然效果不错,但注水去除外果皮仍比较麻烦。在实验室前期研究基础上,李杰等^[23]通过真空辅助的方法解决水解时间长的问题,一步实现去皮脱囊衣,酶解时间缩短到45 min以内。真空辅助酶法能够降低技术应用成本,特别是酶制剂使用成本低,有效提高加工效率。(5)用于柑橘皮精油回收^[24]。柑橘皮精油是世界最大天然香油产品,价值很高。利用酶法可以降解油泥中的果胶等粘稠成分,从而提高皮精油的回收率。(6)用于改善果蔬汁香气和风味。用葡萄糖氧化酶可以减少果汁中氧气和葡萄糖,达到改善香气和风味目的。 β -葡萄糖苷酶可改进某些果汁的香气构成^[25]。美国研究利用蛋白酶水解小麦面筋生成香料;用脂肪酶水解脂肪生成香气成分。如用适当工艺将风味酶制剂添加到加工过的果蔬汁产品中,可使果蔬汁恢复原有的新鲜风味。

3.2 冷加工技术

冷加工技术又称非热加工技术,是指不通过加热的方式实现食品性状改变、杀菌、灭酶等加工过程的技术^[26]。随着工业技术的发展,速冻、冷冻浓缩或干燥、超高压等加工技术被应用到食品加工过程中,吸引了很多研究者和食品生产企业的兴趣。

3.2.1 速冻保鲜

速冻食品包括速冻水饺、速冻果蔬等因其方便快捷越来越受到快节奏生活的消费者的青睐。速冻食品是指在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的低温环境中使食品在30 min之内通过其最大冰晶生成带,中心温度达到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$,并在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的低温中贮藏和流通的方便食品^[27]。速冻食品是近年来发展最快的食品加工技术之一,速冻果蔬是冷冻食品工业中的四大类产品之一,可长期贮藏,并能较大幅度地保持果蔬原有的色泽、风味营养成分,食用方便,能实现果蔬制品的周年供应。目前,我国已基本形成从生产厂家至商店及家庭的速冻食品储运冷冻链,并且在不断提高国际贸易份额,具有十分广阔的发展前景。近年来虽然我国速冻蔬菜生产设备有所发展,但与一些发达国家相比还是有一定的差距。目前国内连续式速冻蔬菜生产和低温贮运装备的开发能力严重不足。速冻设备仍以传统的压缩制冷机为冷源,其制冷效率非常有限,供出口速冻蔬菜生产的大型连续式速冻机仍以进口为主。

3.2.2 冷冻浓缩

冷冻浓缩技术是适合果汁加工行业旨在最大限度保留果汁原有风味和营养的一种非热加工技术^[28]。冷冻浓缩是将果汁温度降到冰点以下,当果汁浓度达到共晶点浓度之前,其中水先冷冻成冰而被分离。采用冷冻浓缩方法,对溶液浓度有所限制,当溶液中溶质浓度超过低共溶浓度时,过饱和溶液冷却的结果表现为溶质转化成晶体析出,当溶液中所含溶质浓度低于低共溶浓度时,则冷却结果表现为溶质(水分)成晶体(冰晶)析出,随着溶剂成晶体析出的同时,溶液中的溶质浓度从而明显提高。冷冻浓缩的方法对热敏性食品,尤其是果汁或活性成分提取剂的浓缩更为适用^[29],可避免具挥发性的芳香物质因加热所挥发造成的损失^[30]。冷冻浓缩的主要不足有以下几点:(1)制品加工后还需冷冻或加热灭菌灭酶等工艺处理后保藏;(2)采用冷冻浓缩往往受到溶液浓度的影响,而且还与冰晶与浓缩液的分离程度有关,溶液黏度越高,分离就越困难;(3)浓缩过程中会造成一些不可避免的浓缩物损失,成品得率较低且成本较高。

3.2.3 冷冻干燥

冻干果蔬是将新鲜果蔬经前处理后,快速冷冻,达到一定温度后,在真空状态下供热,冰升华成水汽,从而脱水而成为冻干产品^[31]。采用这种冻干工艺制成的果蔬制品,不仅保持了果蔬原料的色、香、味、形,而且最大限度地保存了果蔬中的维生素、蛋白质等营养物质。采用冻干技

术加工蔬菜可以使果蔬长期保存和便于长途运输,并且具有营养价值高,复水性好的特点,有很大的市场空间^[32],但也受到成本较高的限制,一般高附加值的产品才采用冷冻干燥法生产。

3.2.4 超高压灭菌

超高压技术也被称为静态高压技术,是将物料以软质材料包装后,放入装有液体介质的高压腔体中,在100~1000 MPa压力范围,常温或较低温度下高压处理一定时间,杀灭有害微生物和钝化酶,使食品能够较长时间保存。超高压技术是对食品进行非热加工的一种新型且具有发展前景的加工技术^[33]。超高压处理的果蔬汁能基本保持其原有的新鲜度和营养成分^[34]。该技术符合现代食品“天然、营养、卫生、安全”的发展方向,满足消费者崇尚“天然与健康”食品的需求^[35]。但由于超高压技术对设备要求较高,加工量较少,工业化规模生产应用尚需时日。

3.3 高新材料技术

3.3.1 膜过滤

膜分离技术具有高效节能等特点,广泛应用于工业分离、精制、浓缩等工艺。果汁榨后经酶解处理后,过滤相对容易,加入少量澄清剂(如膨润土及明胶),也会使过滤更容易。然而高浓度浓缩汁或从卧螺机制出的果汁,就因其中含有大量微小固形物而变得难以过滤,可采用超滤法加以分离。该技术利用滤膜两侧的压力差为动力,常温下对液体物料进行分离、浓缩和纯化。该法超滤前后果汁的可溶性固形物、可滴定酸、钾和钙的含量变化不大,但果汁中的多酚物质、淀粉、果胶和蛋白质衍生物等混浊成分被分离,果汁被澄清,如果膜孔径较小,还可以截留有害微生物,达到灭菌效果。此外反渗透膜利用的原理与之基本相同,不同的是膜孔径更小,只容许水分子及以下体积的物质通过,糖分等营养成分、色素和香气等大分子物质被截留,从而达到浓缩目的。

3.3.2 纳米材料保鲜

纳米包装材料包括氧化钛、氧化硅、氧化银等新型纳米材料作为包装材料取代聚氯乙烯和聚乙烯类有毒或难以降解材料作为果蔬制品的包装材料^[36,37]。另外,纳米材料与壳聚糖制作果蔬保鲜膜,在常温条件用高分子抗菌材料作为添加剂对芒果进行涂膜保鲜处理^[38]。此种方法在预防芒果蒂腐病、炭疽病,降低发病率,提高商品果率等方面明显好于空白对照组,有效延长了商品的货架期^[39]。

3.4 电磁波技术

3.4.1 微波加工

我国微波食品虽然起步较晚,但近十几年,已成功地 将微波能应用于烧烤食品、干果焙烤、牛肉干燥、果蔬脱水、茶叶脱水、快餐面干燥、饮料杀菌以及生物活性物质的提取等许多领域,并取得显著进展^[40]。相对热力杀菌来说,微波杀菌具有加热从内到外,时间短、升温快、杀菌均

匀、果品营养成分和风味物质破坏和损失少等特点^[41]。微波杀菌无化学物质残留而使安全性提高。微波处理果蔬,可使原料受热均匀,受热速度快,并可膨化内部组织,加速糖液的渗透,最大限度地保持食品原有的品质和风味,是一种加工蜜饯的良好处理方法^[40]。微波加工已普遍用于家庭食品等的加热和解冻。微波与真空技术结合起来,对果蔬进行微波真空快速干燥。微波辅助提取植物中有效成分往往会起到事半功倍的作用。由于微波对细胞壁和膜有破坏作用,有利于细胞中的物质溢出,达到提高提取率的目的。

3.4.2 超声波

近年来,超声波技术逐渐引起很多关注,不断应用到食品加工的各个领域^[42]。目前,超声波技术应用于植物活性物质的提取研究主要有三方面:(1)从单一活性成分的提取到多组分的提取;(2)从单纯的提取量的增加到超声波参数(超声波能量、超声波频率)对提取物结构、活性的影响;(3)从实验室研究向注重工业化规模化生产应用。超声波的热作用、机械作用、空化作用的结合作用能够造成植物组织细胞壁的破裂,增加溶剂渗入细胞组织,从而加快细胞内含物的释放^[13],提高提取效率,反映植物组织中类黄酮等生物活性物质的真实含量。

3.4.3 高压脉冲电场

高压脉冲电场技术是一种新兴的食品绿色冷加工技术,其主要包括脉冲发生器、样品处理室、冷却装置和温度测定装置等部分。高压脉冲电场技术与热加工技术相比不仅能更好地保持果蔬的天然品质和营养价值,还能减少能量消耗,降低环境污染。其他一些非热加工技术如脉冲强光杀菌技术因其穿透力不强,其主要对果蔬汁表面进行杀菌,杀菌不彻底。与其相比,该技术在电场的作用下杀菌效果可观,从而能降低食品安全隐患^[43]。目前,高压脉冲电场技术已被成功地应用于一系列低粘度和低电导率的果蔬汁生产中,如苹果汁、胡萝卜汁、越橘汁等,但生产规模仍然较小^[44]。

3.4.4 辐照灭菌保鲜

辐照灭菌是利用电离辐射对食品物料进行加工处理的过程。目前主要采用 Co_{60} γ -射线或加速器产生的电子束,利用射线与物质的相互作用所产生的物理、化学和生物效应来达到灭菌保鲜的目的。该技术广泛应用于延缓果蔬的呼吸,抑制发芽,杀灭谷物及食品中的寄生虫及微生物,延长货架期及检疫处理等方法。辐照保藏是一种高效、无公害的物理加工手段,具有穿透性强、节能无残毒、易控制、无污染等独特的优势^[45]。

4 果蔬绿色加工技术应用现状

高新科技的发展为食品绿色加工方法提供了多种选择,会不断有其他新兴绿色环保技术被应用到食品加工中。

4.1 果蔬绿色加工技术应用程度低

近年来,我国的果蔬加工业有了较大的发展,逐渐开发和采用一些先进的绿色加工技术,如膜技术、酶液化与澄清技术、冷冻浓缩技术、非热力杀菌技术、无菌冷灌装技术、无菌大罐技术、芳香物回收技术、真空多效浓缩技术等。但是,现阶段果蔬加工业在技术工艺上仍然存在许多突出问题。如目前每吨果蔬罐头产品耗水量大,导致企业成本增加,消耗了大量水资源;果蔬在去皮工艺上仍然大量使用酸碱,污染环境,增加了食品的质量安全风险;果蔬制品在加工与贮运过程中对于致病微生物的控制技术相对落后,仍然主要采用传统热杀菌。因此,我国果蔬产业中绿色加工技术的研究与应用仍处于起步阶段,具有相当大的发展空间和迫切的发展需要^[46]。

4.2 加工关键设备主要依赖进口

我国许多现代化的果蔬加工新技术自主研发能力严重不足。由于基础技术研究和生产水平的限制,果蔬绿色加工设备与技术水平较低,难以满足行业发展需要,大型、高速的成套设备长期依赖进口^[47]。近年来,国内引进了许多国际一流的果蔬加工生产线,但这些生产线中的关键易耗零部件仍依赖进口。我国应针对这些加工生产线上的关键易损零部件和关键工艺技术进行集中攻关。

4.3 基础技术研发需进一步加强

为提高科技对我国果蔬加工业发展的支撑作用,应不断加强果蔬加工产业中的关键共性技术的研究^[48]。利用高新技术改造传统产业并实现产业升级,是世界果蔬加工发展的必由之路。综合运用高效榨汁、脱气保鲜、巴氏灭菌、无菌灌装、大罐充气冷藏、冷链贮运销等新技术生产高品质的NFC橙汁;通过短时增温加压浓缩器的高效节能和优质浓缩技术提高浓缩汁的品质,并降低生产成本;利用膜分离、酶解、微波杀菌和生物覆膜剂等技术进行果蔬罐头和最少化加工果蔬产品的开发;用超高压杀菌技术逐渐代替超高温瞬时杀菌技术,从而实现对热敏性营养物质最大程度的保留;果蔬加工废渣中碳水化合物和多糖的利用;利用抗菌精油和天然植物杀菌素制成的可食性覆膜实现去皮全果保鲜。现代高新技术包括发酵工程、酶工程、膜技术、冷杀菌技术等逐渐应用于果蔬产业,促进了果蔬加工产业的发展,加快了产品升级换代的步伐,不断提高果蔬产品品质。

5 展望

随着我国科学技术水平的不断创新和发展,人们对绿色食品的需求日趋强烈,果蔬绿色加工技术呈现快速多元化、智能化发展,是未来食品加工的发展方向^[49]。以膜技术为例,用无机陶瓷膜超滤澄清及复合膜分离进行果蔬浓缩,成为果蔬汁加工的发展方向;加工设备向机电一体化

化、智能化的方向发展。又如用酶法真空去皮脱囊衣,既提高了产品质量,又节能减排,将会引发一场水果罐头加工的技术革命。由于果蔬加工过程中涉及到非常多的工艺和环节,高度集成多种绿色加工新技术的果蔬加工生产线开始被开发和推广。比如采用冷冻浓缩技术制得的荔枝浓缩汁,在低温下能够获得更低的电导率,在接受脉冲电场处理时较原汁能够获得更高的处理参数,3种不同处理果汁在贮藏期间微生物变化趋势基本相同^[50]。该方法节省了能耗,更符合能量运算。这种逐渐覆盖果蔬加工全过程高度集成化的果蔬绿色加工技术体系和生产方式应该是果蔬绿色加工的必然趋势^[51]。

参考文献

- [1] 夏德昭, 刘勤生, 罗庆丰. 绿色食品的发展与现代加工技术的应用[C]. 2001年中国国际农业科技年会, 大连, 2001.
Xia DZ, Liu QS, Luo QF. The application of the development of green food and modern processing technology [C]. China International Agricultural Science and Technology Annual Meeting, Dalian, 2001.
- [2] Lin L, Zhou D, Ma C. Green food industry in China: development, problems and policies [J]. *Renew Agric Food Syst*, 2010, 25(1S1): 69–80.
- [3] Beddington J. Food security: contributions from science to a new and greener revolution [J]. *Philos T R Soc B*, 2010, 365(1537): 61–71.
- [4] Rull V. Food security: green revolution drawbacks [J]. *Science*, 2010, 328(5975): 169.
- [5] 丁吉波, 孙长兴. 绿色加工技术在农机工程中的应用[J]. *吉林农业*, 2014, (7): 42.
Ding JB, Sun CX. The application of the green machining technology in the agricultural machinery engineering [J]. *Jinlin Agric*, 2014, (7): 42.
- [6] 刘文超. 浅析绿色机械加工技术的应用与发展[J]. *黑龙江科学*, 2014, (6): 256.
Liu WC. The application and development of green machining technology [J]. *Heilongjiang Sci*, 2014, (6): 256.
- [7] 辛敏生. 农机工程中的绿色加工技术[J]. *吉林农业*, 2014, (10): 35.
Xin MS. The green processing technology in agricultural machinery engineering [J]. *Jinlin Agric*, 2014, (10): 35.
- [8] 唐梦柔. 浅谈绿色加工技术在汽车制造业的应用[J]. *农业装备与车辆工程*, 2011, (4): 43–44.
Tang MR. Introduction of the application of green processing technology in automobile manufacturing industry [J]. *Agric Equip Vehicle Engin*, 2011, (4): 43–44.
- [9] 印染:绿色加工技术种种[J]. *纺织信息周刊*, 2005, (15): 14.
Printing and dyeing: green processing technology [J]. *Textile Info Week*, 2005, (15): 14.
- [10] 朱俊玲, 卢智. 微生物在果蔬加工业中的应用进展[J]. *食品科技*, 2003, (9): 25–27.
Zhu JL, Lu Z. The progress of the application of microorganisms in fruit and vegetable processing industry [J]. *Food Sci Technol*, 2003, (9): 25–27.
- [11] 范利华. 微生物在果蔬加工中的应用[J]. *中国调味品*, 1990, (10): 5–7.
Fan LH. The application of microorganisms in the fruit and vegetable processing [J]. *China Condiment*, 1990, (10): 5–7.
- [12] 马亚琴, 王华, 吴厚玖, 等. 生产柑橘皮渣发酵饲料的多菌种优化培养条件[J]. *食品与发酵工业*, 2010, (12): 111–114.
Ma YQ, Wang H, Wu HJ, *et al.* Production of citrus peel slag multi-strain fermentation feed to optimize culture conditions [J]. *Food Ferment Ind*, 2010, (12): 111–114.
- [13] 刘娅, 戴立勤, 颜海燕, 等. 发酵法活化葡萄皮渣膳食纤维工艺的研究[J]. *中国酿造*, 2008, (3): 35–36.
Liu Y, Dai LQ, Yan HY, *et al.* Research of fermentation activation in grape skin residue fiber technology [J]. *China Brewing*, 2008, (3): 35–36.
- [14] Schieber A, Stintzing FC, Carle R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments [M]. Elsevier Ltd, 2001: 401–413.
- [15] 张智, 周健, 柴宏祥, 等. 三峡库区食品工业园区废水处理关键技术研究示范[J]. *给水排水*, 2013, (1): 19–23.
Zhang Z, Zhou J, Chai HX, *et al.* The research and demonstration of wastewater treatment key technology in the three gorges reservoir area food industrial park [J]. *Water Supply Drainage*, 2013, (1): 19–23.
- [16] 谭红艳. 果蔬罐头生产废水治理工程设计研究[J]. *环境科学与管理*, 2014, (6): 118–119.
Tan HY. The engineering design of wastewater treatment in canned fruit and vegetable production [J]. *Environ Sci Manage*, 2014, (6): 118–119.
- [17] 高秋芬, 倪辉, 李利君, 等. 黑曲霉胞外酶对柑橘果汁的脱苦作用[J]. *中国食品学报*, 2014, (4): 156–163.
Gao QF, Ni H, Li LJ, *et al.* The debitterizing effect of *Aspergillus Niger* exoenzyme of citrus juice [J]. *J Chin Food*, 2014, (4): 156–163.
- [18] Xhaxhiu K, Korpa A, Mele A, *et al.* Ultrasonic and soxhlet extraction characteristics of the orange peel from “Moro”cultivars grown in albania [J]. *J Essential Oil Bearing Plants*, 2013, 16(4): 421–428.
- [19] Pretel MT, Botella MÁ, Amorós A, *et al.* Obtaining fruit segments from a traditional orange variety (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Sangrina) by enzymatic peeling [J]. *Eur Food Res Technol*, 2007, 225(5–6): 783–788.
- [20] Suutarinen M, Mustranta A, Autio K, *et al.* The potential of enzymatic peeling of vegetables [J]. *J Sci Food Agric*, 2003, 83(15): 1556–1564.
- [21] 蒋大斌, 吴厚玖, 唐忠海, 等. 柑桔加工中应用果胶酶脱囊衣的研究[J]. *中国柑桔*, 1993, (3): 32.
Jiang DB, Wu HJ, Tang ZH, *et al.* The application of pectinase in citrus sac gown removal processing [J]. *Mandarin*, 1993, (3): 32.
- [22] 蓝航莲, 吴厚玖, 孙志高. 甜橙全果去皮技术的研究[J]. *食品工业科技*, 2003(5):54–56.
Lan HL, Wu HJ, Sun ZG. The research of orange fruit peeling technology [J]. *Food Sci Technol*, 2003, (5): 54–56.
- [23] 李杰, 吴厚玖, 马亚琴, 等. 酶法真空歇处理脱除脐橙果皮和囊衣的条件优化[J]. *食品科学*, 2014, (2): 18–22.
Li J, Wu HJ, Ma YQ, *et al.* Optimization of enzymatic vacuum in orange peeling and segment membrane removal [J]. *Food Sci*, 2014, (2): 18–22.
- [24] 苏东林, 单杨, 李高阳. 柑橘皮里功能性物质种类及其提取工艺的研究进展[J]. *现代食品科技*, 2007, (3): 90–94.
Su DL, Shan Y, Li GY. The research progress of orange functional ingredients and extraction processing technology [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2007, (3): 90–94.
- [25] 何芒芒, 张芸, 任婧楠, 等. 柑橘中 β -葡萄糖苷酶的研究进展[J]. *食品*

- 工业科技, 2013, (11): 365-368.
- He MM, Zhang Y, Ren JN, *et al.* the research progress of β -glycosidase in citrus [J]. Food Ind Technol, 2013, (11): 365-368.
- [26] 廖小军. 果蔬汁非热加工技术进展[J]. 饮料工业, 2002, 5(6): 4-7.
- Liao XJ. The progress of nonthermal technologies in fruit and vegetable juice [J]. Beverage Ind, 2002, 5(6): 4-7.
- [27] 袁春新, 顾卫兵, 吴刚. 果蔬速冻加工节水工艺[J]. 保鲜与加工, 2014, (1): 62-64.
- Yuan CX, Gu WB, Wu G. The of water-saving technology in fruit and vegetable quick-frozen processing [J]. Preserv Process, 2014, (1): 62-64.
- [28] 孙卉卉, 马会勤, 陈尚武. 冰冻浓缩对低糖葡萄汁及葡萄酒品质的影响[J]. 食品科学, 2007, (5): 86-89.
- Sun HH, Ma HQ, Chen SW. The influence of the frozen concentrate on low sugar juice and wine quality [J]. Food Sci, 2007, (5): 86-89.
- [29] 阿衣满古力 哈力哈拜. 新疆和田红葡萄汁膜过滤及真空浓缩研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- Halihba A. The study of membrane filtration and vacuum concentration in Xinjiang Hetian red grape juice [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2010.
- [30] 王文成, 陈锦权, 陈梅英, 等. 西红柿汁的多级冷冻浓缩研究[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2011, (1): 58-61.
- Wang WC, Chen JQ, Chen MY, *et al.* The multistage frozen concentrated study in Tomato juice [J]. J Henan Univ Sci Technol (Nat Sci Ed), 2011, (1): 58-61.
- [31] 聂芸, 苏景荣, 邓娟, 等. 冷冻干燥技术在食品工业中的应用[J]. 农产品加工, 2013, (2): 46-51.
- Nie Y, Su JR, Deng J, *et al.* The application of freeze drying technology in food industry [J]. Agric Prod Process, 2013, (2): 46-51.
- [32] 陈志华, 陈朋引. 冷冻干燥技术在蔬菜加工上的应用[J]. 粮食与食品工业, 2004, (3): 52-54.
- Chen ZH, Chen PY. The application of freeze drying technology in vegetable processing [J]. Cereal Food Ind, 2004, (3): 52-54.
- [33] 朱松明, 苏光明, 王春芳, 等. 水产品超高压加工技术研究与应用[J]. 农业机械学报, 2014(1):168-177.
- Zhu SM, Su GM, Wang CF, *et al.* The research and application of ultra-high pressure processing technology in aquatic products [J]. J Agric Mach, 2014, (1): 168-177.
- [34] 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 Food Sci Technol, 2008, 19(6): 320-328.
- [35] 李萌萌, 吕长鑫, 冯叙桥. 超高压技术在果蔬汁加工中的应用现状与发展前景[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, (2): 567-576.
- Li MM, Lv CX, Feng XQ. the application present situation and development prospect of super high pressure technology in fruit and vegetable juice processing [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(2): 567-576.
- [36] 张文林, 席万鹏, 赵希娟, 等. 纳米技术在果蔬产品中的应用及其安全风险[J]. 园艺学报, 2013, (10): 2067-2078.
- Zhang WL, Xi WP, Zhao XJ, *et al.* The application of nanotechnology in fruit and vegetable products and security risks [J]. Acta Hortic Sin, 2013, (10): 2067-2078.
- [37] 梁宏宇, 胡迪, 肖红梅. 纳米技术在果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2008, (5): 51-54.
- Liang HY, Hu D, Xiao HM. The application of nano-technology in fruit and vegetable fresh-keeping [J]. Preserv Process, 2008, (5): 51-54.
- [38] 段丹萍, 鲁丽莎, 王海宏, 等. 果蔬涂膜保鲜技术研究现状与应用前景[J]. 保鲜与加工, 2009(6):1-6.
- Duan DP, Lu LS, Wang HY, *et al.* The research status and application prospect in fruit and vegetable coating preservation technology [J]. Preserv Process, 2009, (6): 1-6.
- [39] 王朝宇, 邱树毅, 吴远根. 纳米抗菌粉体在芒果保鲜中的应用研究[J]. 食品科学, 2005, (10): 246-249.
- Wang CY, Qiu SY, Wu YG. The application of nanometer antibacterial powder in the mango fresh research [J]. Food Sci, 2005, (10): 246-249.
- [40] 张青锋, 高愿军, 李建光. 微波技术在果品加工中的应用[J]. 河南农业科学, 2007, (3): 96-98.
- Zhang QF, Gao YJ, Li JG. The application of microwave technology in fruit processing [J]. J Henan Agri Sci, 2007, (3): 96-98.
- [41] Lin TM, Durance TD, Scaman CH. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices [J]. Food Res Int, 1998, 31(2): 111-117.
- [42] Mizrach A. Ultrasonic technology for quality evaluation of fresh fruit and vegetables in pre- and postharvest processes [J]. Postharvest Biol Tec, 2008, 48(3): 315-330.
- [43] 孙炳新, 王月华, 冯叙桥, 等. 高压脉冲电场技术在果蔬汁加工及贮藏中的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2014, (4): 147-154.
- Sun BX, Wang YH, Feng XQ, *et al.* Research progress of high-voltage pulsed electric field technology in fruit and vegetable juice processing and storage [J]. Food Ferment Ind, 2014, (4): 147-154.
- [44] 崔素芬, 廖芬, 张娥珍, 等. 高压脉冲电场技术及其在果蔬汁加工过程中的应用进展[J]. 食品工业科技, 2012, (22): 423-427.
- Cui SF, Liao F, Zhang EZ, *et al.* High-voltage pulsed electric field technology and its application in fruit and vegetable juice processing [J]. Food Ind Technol, 2012, (22): 423-427.
- [45] 李龙, 何思安, 李立炜, 等. 辐照食品保鲜技术的现状与前景[J]. 韶关学院学报(社会科学版), 2003, (3): 111-115.
- Li L, He SA, Li LY, *et al.* The present status and prospect of food irradiation preservation technology [J]. J Shaoguan Univer(Soci Sci Ed), 2003, (3): 111-115.
- [46] 廖小军. 果蔬加工技术四大趋势[J]. 江西食品工业, 2002, (2): 46-47.
- Liao XJ. Four trends of fruit and vegetable processing technology [J]. Jiangxi Food Ind, 2002, (2): 46-47.
- [47] 王希敏, 孟秀梅, 刘昌衡, 等. 果蔬加工研究现状及发展前景[J]. 长江蔬菜, 2007, (7): 38-40.
- Wang XM, Meng XM, Liu CH, *et al.* The research status and development prospects of fruit and vegetable processing [J]. J Changjiang Veget, 2007, (7): 38-40.
- [48] 王勇, 李恒, 马超. 我国果蔬加工技术现状及产业发展对策[J]. 农产品加工, 2010, (10): 64-65.
- Wang Y, Li H, Ma C. The present situation and the industry development countermeasure in fruit and vegetable processing technology [J]. Agric Prod Process, 2010, (10): 64-65.
- [49] Shi Y, Cheng C, Lei P, *et al.* Safe food, green food, good food: Chinese

Community Supported Agriculture and the rising middle class [J]. *Int J Agric Sustain*, 2011, 9(4): 551–558.

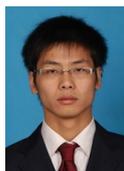
[50] 方婷, 龚雪梅, 虞聪, 等. 高压脉冲电场对冷冻浓缩荔枝汁非热杀菌的研究[J]. *食品科技*, 2010, (9): 83–87.

Fang T, Gong XM, Yu C, *et al*. High-voltage pulsed electric field study of freeze concentration lychee juice athermal sterilization [J]. *Food Technol*, 2010, (9): 83–87.

[51] Diwekar U. Green process design, industrial ecology, and sustainability: A systems analysis perspective [J]. *Resour Conserv Recy*, 2005, 44(3): 215–235.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



黄林华, 助理研究员, 主要研究方向为酶与柑橘加工及其资源利用。
E-mail: huanglh@cric.cn



吴厚玖, 研究员, 主要研究方向为柑桔加工及资源化利用。
E-mail: wuhoujiu@cric.cn

“食品绿色加工”专题征稿

营养与健康的概念随着人们生活水平的提高越发受到消费者的重视, 消费者在关注食品的感官与风味的同时更加注重食品的营养和安全, 结合人们逐渐增强的环保意识, 在食品的加工过程中, 在保证食品的功能、质量、成本的同时, 综合考虑环境影响、食品安全和资源利用效率的现代加工模式成为了研究热点。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品绿色加工”专题, 由江南大学的杨瑞金教授担任专题主编。杨教授现任江南大学食品学院教授、博士生导师、食品酶学方向学科带头人。同时兼任江南大学中国食品产业发展战略研究中副主任、江苏省高校青蓝工程中青年学术带头人、国家发展改革委员会产业司轻纺工业专家、中国农学会农产品贮藏加工分会理事、中国食品科学技术学会非热加工分会副理事长。本专题主要围绕食品生物加工和食品物理加工等方面或者您认为在食品绿色加工方面有意义的内容进行论述, 计划在 2015 年 8 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及杨瑞金教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部