

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.02.020

高琦, 孙铭阳, 袁兴铃, 等. 甘薯叶保鲜及加工利用研究进展[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(2): 143-151.

GAO Q, SUN M Y, YUAN X L, et al. Research progress on the preservation and processing of sweet potato leaves[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(2): 143-151.

甘薯叶保鲜及加工利用研究进展

高琦^{1,2}, 孙铭阳¹, 袁兴铃¹, 沙炫利¹, 彭雪¹, 薛友林¹✉

(1. 辽宁大学 轻型产业学院, 辽宁 沈阳 110036;

2. 中共辽宁省委党校, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 甘薯是我国重要粮食作物, 其茎叶及叶柄(一般统称为甘薯叶)含有丰富的营养成分, 具有抗氧化、降血脂、降胆固醇、降血糖、抗肿瘤及抑菌等生理功能。因此, 对甘薯叶资源进行开发和利用, 有助于其价值的发挥。主要综述及展望对甘薯叶目前常用的保鲜方法与加工利用现状, 对我国甘薯叶保鲜和加工中存在的主要问题及解决对策进行探讨, 旨在为甘薯叶资源的充分利用与相关产业发展提供一定参考。

关键词: 甘薯叶; 生理功能; 保鲜; 加工

中图分类号: TS215 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)02-0143-09

Research Progress on the Preservation and Processing of Sweet Potato Leaves

GAO Qi^{1,2}, SUN Ming-yang¹, YUAN Xing-ling¹, SHA Xuan-li¹, PENG Xue¹, XUE You-lin¹✉

(1. Liaoning University, Collage of Light Industry, Shenyang, Liaoning 110036, China;

2. Party School of Liaoning Provincial Party Committee, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: Sweet potato is an important food crop in China. Its stems, leaves and petioles are rich in nutrients (collectively called sweet potato leaves), and have many physiological functions such as antioxidant, lipid-lowering, reducing cholesterol, hypoglycemic, anticancer and antibacterial functions. Therefore, the development and utilization of sweet potato leaf resources will help to play its value. To provide references for the full utilization of sweet potato leaf resources and related industrial development, the main problems and countermeasures for the preservation and processing of sweet potato leaves in China were discussed in this paper.

Key words: sweet potato leaves; physiological function; preservation; processing

收稿日期: 2020-08-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(31201285); 中国博士后科学基金项目(2017M611752); 辽宁省“兴辽英才计划”项目(XLYC1807270); 辽宁省教育厅科学技术研究服务地方项目(LFW201704); 辽宁大学大学生创新创业训练计划项目(D20191127171318863)

Supported by: National Natural Science Foundation of China (No. 31201285); China Postdoctoral Science Foundation Project (No. 2017M611752); Liaoning Province “Xingliao Talent Program” project (No. XLYC1807270); Liaoning Provincial Education Department Science and Technology Research Service local project (No. LFW201704); Innovation and Entrepreneurship Training Program for college students in Liaoning University (No. D20191127171318863)

作者简介: 高琦, 女, 1980年出生, 硕士, 副教授, 研究方向为农产品加工。E-mail: gaoqi0925@163.com.

通讯作者: 薛友林, 男, 1980年出生, 博士, 教授, 研究方向为农产品加工及食物营养。E-mail: xueyoulin@lnu.edu.cn.

甘薯 (*Ipomoea batatas* LAM.) 为旋花科甘薯属植物, 俗称红薯、甜薯等, 原产于美洲墨西哥, 约于 16 世纪中叶传入我国, 主要分布于亚洲东南部, 是我国粮食作物之一^[1], 产量仅次于水稻和玉米。甘薯以块根为日常食用部分, 其茎叶及叶柄是生产中的主要副产品, 一般统称为甘薯叶, 产量较大, 但开发利用率较低, 多被用作饲料或直接丢弃。甘薯叶作为一种安全性高的绿色蔬菜, 在生活中具有较好的食疗作用。日本称甘薯叶为

“长寿菜”, 美国曾将甘薯叶列为“航天食品”, 香港称甘薯叶为“抗癌蔬菜”^[2]。目前, 国内外对甘薯块根及其制品开发研究很多, 而对甘薯叶的研究及开发才刚刚起步。但不可否认的是, 其含有丰富的营养成分 (见表 1), 可以治疗和预防多种疾病, 加工利用前景广阔。本文对甘薯叶的生理功能、保鲜方式及加工利用现状进行了综述, 以为甘薯叶资源的充分利用与相关产业发展提供一定参考。

表 1 甘薯叶的主要营养物质及含量
Table 1 The main nutrients and their contents of sweet potato leaves

mg/g

营养物质 (干重)	灰分 ^[3]	粗蛋白 ^[3]	粗脂肪 ^[3]	粗纤维 ^[3]	碳水化合物 ^[3]	钙 ^[1]
含量	73.9~146.6	166.9~310.8	20.8~52.8	91.5~142.6	420.3~613.6	81.2
营养物质 (湿重)	烟酸 ^[1]	磷 ^[1]	铁 ^[1]	镁 ^[1]	V _C ^[1]	VB ₁ ^[1]
含量	0.94	67.3	10.4	3.0	25.0	0.06
活性物质 (湿重)	总黄酮 (mg/100 mL) ^[4]	总多酚 ^[5]	β-胡萝卜素 ^[6]	叶黄素 ^[6]	绿原酸 ^[7]	花青素 ^[8]
含量	42.7~347.1	23.3~43.8	0.14~0.47	0.41~1.03	5.8~19.4	0.02~0.64

1 甘薯叶的生理功能

随着研究的深入, 甘薯叶的生理功能逐渐被发掘, 目前研究发现其主要有抗氧化、降血脂、降胆固醇、降血糖、抗肿瘤及抑菌等作用, 生理功能广泛。

1.1 抗氧化

抗氧化剂对维护人体健康有重要作用, 目前国内外有很多关于甘薯叶抗氧化作用的研究, 均表明其抗氧化活性与总酚、黄酮含量成正相关^[9]。蒋益花^[10]通过实验得出甘薯叶粗提取液清除 DPPH 的能力强于 V_C 的结论。Xu 等^[11]对 116 种甘薯叶进行了活性物质的提取及抗氧化活性的测定, 结果表明甘薯叶提取物具有潜在的抗氧化活性, 其主要生物活性化合物是多酚, 尤其是咖啡酰奎尼酸 (CQA) 的衍生物, 例如 5-CQA、3,4-diCQA、3,5-diCQA 和 4,5-diCQA。Jung 等^[12]发现甘薯叶中富含多酚, 其主要成分是 CQA 的衍生物, 具有很好的抗氧化活性和抗突变性。Mu 等^[13]通过 AB-8 大孔树脂纯化甘薯叶多酚, 得到了 8 种酚类成分且均具有很好的抗氧化活性。由此可见, 甘薯叶富含抗氧化物质, 且抗氧化功能显著。

1.2 降血脂、降胆固醇

多酚类、膳食纤维等活性物质的存在使甘薯叶具有良好的降血脂、降胆固醇作用, 其机理是通过减少膳食中胆固醇的吸收、影响机体中胆固醇的代谢、促进胆固醇的排泄等来降低血浆中胆固醇水平; 通过增加食物在肠道内的过渡时间、延缓胃排空、减缓或降低脂肪的吸收等机制来降低血液中甘油三酯水平^[14]。Ishida 等^[15]研究发现甘薯叶中的水溶性膳食纤维可以降低小白鼠肝部的胆固醇含量和血清中的血脂含量。傅志丰^[16]发现高剂量的红薯叶 DHPM (动态高压微射流技术) 提取物可以使小鼠的高脂肝细胞形态变得清晰, 空泡减少, 从而起到改善肝脏功能的效果, 说明红薯叶 DHPM 提取物可用作保肝药品或保健品的活性成分。

1.3 降血糖

α-葡萄糖苷酶是位于小肠粘膜的一种酶, 可催化低聚糖水解成单糖, 促进小肠对葡萄糖的吸收^[17], 因此, 通过抑制 α-葡萄糖苷酶的活性, 可以有效地降低血糖。刘冉等^[18]通过实验表明 8 种甘薯叶提取物均可显著抑制 α-葡萄糖苷酶活性。刘雪辉等^[19]发现川山薯叶中绿原酸及绿原酸类

化合物对 α -葡萄糖苷酶存在竞争性抑制, 其 IC_{50} 值可达 $7.6 \mu\text{g/mL}$ 。Jeng 等^[20]通过模拟体外胃肠消化模型实验发现甘薯叶提取物中 CQA 对葡萄糖释放存在抑制作用, 推测可以用来长期管理高血糖。李凤林等^[21]发现甘薯叶黄酮可有效降低小鼠的高血糖, 其原理可能是通过调节胰岛素与其受体的结合, 提高机体对胰岛素的敏感性, 或者是通过刺激或促进胰岛素的分泌来使血糖降低, 同时还通过实验发现甘薯叶黄酮对 II 型糖尿病小鼠的 DNA 损伤有修复作用。

1.4 抗肿瘤

甘薯叶属于天然健康的绿色食品, 其提取物中含有黄酮类、多糖、多肽等多种清除氧自由基的物质, 能够通过抑制肿瘤基因表达、促进癌细胞凋亡等多种途径起到抗肿瘤作用^[22]。Chang 等^[23]通过实验证明, 甘薯叶中分离出的肽类可以通过线粒体凋亡途径诱导和促进细胞凋亡, 在调节细胞增殖方面具有重要作用, 具有有效的抗癌作用。罗丽萍等^[24]发现徐薯 18 的甘薯叶黄酮在体外能够显著抑制人早幼粒白血病细胞、人低分化胃腺癌细胞、人肝癌细胞和人肺癌细胞的生长, 并且没有观察到任何毒副作用。此外, 吕淑河等^[25]提取了巴西甘薯叶的总提取物 (SM)、30%乙醇洗脱部分 (SM-A) 和 60%乙醇洗脱部分 (SM-B) 进行抗肿瘤活性及剂量相关性研究, 结果表明巴西甘薯叶对人肝癌细胞、肺癌细胞和胃癌细胞的存活率具有一定的抑制作用, 且 SM-B 为主要抗癌活性部分, 对胃癌细胞抑制效果最强, 其 IC_{50} 为 15.2 mg/L , 对肿瘤细胞的抑制作用呈现一定的剂量依赖关系。

1.5 抑菌作用

甘薯叶提取物经测定后, 发现其中含有黄酮类、鞣质及木脂素, 这三种物质均具有较好的抑菌作用^[26]。王世宽^[27]和高莹等^[28]通过实验证明甘薯叶乙醇提取物对植物乳杆菌、葡萄球菌、汉逊酵母、枯草杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌均有抑制作用。徐洪宇等^[29]发现浙薯 75 的甘薯叶中具有抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌生长的活性成分, 主要集中在中等极性组分群的乙酸乙酯相中。由此可见, 甘薯叶在食品防腐和医药领域

开发前景广阔。

1.6 其他生理功能

甘薯叶除了具有以上生理功能外, 还可以起到增强免疫、促进凝血、缓解眼部疾病等作用。

不同学者研究发现, 红薯叶多糖具有促进单核巨噬细胞系统吞噬功能的作用, 可增强小鼠的非特异性免疫功能, 同时也可极显著地增强小鼠的特异性体液免疫功能^[30]; 西蒙 1 号甘薯叶粗制剂有促进巨核细胞恢复及促进血小板形成的作用, 且甘薯叶多糖能够刺激低血小板动物血小板生成素的产生, 而对正常动物没有任何影响^[31]; 甘薯叶中丰富的叶黄素对眼睛有益, 尤其是在预防老年性黄斑病和白内障上效果较佳^[32]。

2 甘薯叶的保鲜

甘薯叶含水量高、表面积大、表面疏松, 采摘后作为独立的生命体会进行呼吸作用和蒸腾作用, 造成水分及营养物质的损失, 并且贮藏时甘薯叶易出现失水、腐烂、表面黄化等现象, 严重限制对其的进一步深加工^[33]。一般新鲜甘薯叶的贮藏时间极短, 2~4 d 左右就会失去食用价值, 需要及时保鲜^[36]。目前甘薯叶常见的保鲜方式有低温保鲜、薄膜保鲜、化学保鲜等。

2.1 低温保鲜

目前有不少学者对甘薯叶低温保鲜进行了研究 (见表 2), 综合研究表明, 低温可以抑制甘薯叶内源乙烯的产生及水分的流失, 减少贮藏期间甘薯叶维生素和叶绿素的损失以及减少游离氨基酸的增加量, 同时还延缓了乙烯峰的出现, 降低了甘薯叶的呼吸强度, 从而达到延缓衰老、减少贮藏期间腐烂以及延长贮藏期的目的, 较高贮藏温度 ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) 下会使茎叶更容易衰老, 症状表现为黄化和萎蔫。值得注意的是, 低温保鲜的温度不宜低于 $2 \text{ }^\circ\text{C}$, 温度过低会使甘薯叶品质发生变化, 造成甘薯叶的冷害, 表现为表面褐变和水分析出, 因此甘薯叶低温保鲜温度在 $4\sim 6 \text{ }^\circ\text{C}$ 较为合适。

2.2 薄膜保鲜

司金金等^[38]以秦薯 5 号甘薯叶为试材, 每隔 2 d 进行指标测定, 并观察感官品质变化, 结果表

表 2 贮藏条件对甘薯叶保鲜效果的影响
 Table 2 Effects of storage conditions on the fresh-keeping of sweet potato leaves

贮藏条件	保鲜效果	参考文献
2 °C	甘薯叶发生冷害, 表现为表面褐变和水分析出	[34]
4 °C	较好地减缓了营养物质的损失, 有助于贮藏前期还原糖的积累和贮藏后期蔗糖的积累, 有效地延缓了甘薯叶的衰老, 延长其贮藏寿命	[35]
4 °C+保鲜膜包装	可至少有效延长货架期约 48 h, 明显降低了甘薯叶的黄化率, 有效控制了叶片腐败变质	[39]
4 °C+50 μL/L 乙醇熏蒸	可以有效抑制红薯叶的呼吸强度并延缓腐烂指数的上升, 减缓电导率、MDA 含量、PPO 和 POD 活性上升, 诱导 SOD 和 CAT 活性, 维持较高的叶绿素含量, 延长贮存期至 12 d	[40]
6 °C	贮藏 9 天后 V _c 和胡萝卜素的含量分别为 1.7 mg/100 g 和 16.1 mg/100 g, 可以较好地维持营养物质的含量, 最长储存期为 16 d	[36-37]
10 °C+PE 保鲜膜	采用 0.05 mm PE 保鲜膜包装甘薯叶, 相对于微孔和 0.03 mm PE 保鲜膜保鲜可以更好地保留红薯叶中黄酮含量和叶绿素含量, 延缓失重和细胞膜损坏, 维持较好的外观及气味	[38]
20 °C	茎叶易衰老, 症状表现为黄化和萎蔫	[34]

明: 10 °C 下贮藏结合 0.05 mm 保鲜膜包装对采后甘薯叶起到了较好的保鲜效果, 可以减缓甘薯叶中叶绿素和黄酮的分解, 抑制相对电导率和失重率的升高, 使甘薯叶保持较好的感官品质, 有效延长货架期。董玲霞等^[39]通过实验发现, 薯绿 1 号甘薯叶收获后, 通过覆膜 (PE 保鲜膜、10~1 000 μm 微孔膜) 结合低温 (4 °C) 保存可有效延长货架期约 48 h, 且微孔膜保水性整体优于保鲜膜, 明显降低了甘薯叶的黄化率, 能有效控制叶片腐败变质, 有利于促进菜用甘薯叶推广及市场的有效供应。

2.3 化学保鲜

肖婷等^[40]在室温下分别用 20、50、100 μL/L 的乙醇对红薯叶熏蒸 3 h, 通风 1 h, 最后装于聚乙烯包装袋中, 于 4 °C 下贮藏, 结果表明 50 μL/L 组更能有效抑制红薯叶的呼吸强度并延缓腐烂指数的上升, 减缓电导率、丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 含量、多酚氧化酶 (polyphenol oxidase, PPO) 和过氧化物酶 (peroxidase, POD) 活性上升, 诱导超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 和过氧化氢酶 (catalase, CAT) 活性维持较高的叶绿素含量, 贮藏至第 12 d, 感官评分仍能达 4.2 分 (5 分制), 腐烂指数仅为 5.25%, 显著优于对照及其他处理组, 该研究可为红薯叶的贮藏保鲜提供一种新型有效的绿色保鲜技术参考。

3 甘薯叶的加工与利用

甘薯叶作为甘薯的主要副产品, 产量大, 且富含多种营养成分, 如碳水化合物、蛋白质等, 因此可以根据实际需要进行不同的加工利用, 例如为了便于保存和运输, 可以对甘薯叶进行干燥和速冻, 也可以直接将甘薯叶与其他材料结合, 制成饮品等各种食品。

3.1 干燥制粉

甘薯叶干燥制粉, 所得产品可以保留其大部分营养成分, 便于贮藏运输。同时还可以将甘薯叶粉作为原料添加到面条、糕点、固体饮料等食品中, 使人们日常摄入的营养更加均衡。

司金金等^[41]采用了热风干燥、微波干燥、真空冷冻干燥和喷雾干燥 4 种方式对红薯叶进行干燥并制粉, 以研究干燥方式对红薯叶粉物理特性、微观结构和成分含量的影响, 并采用变异系数权重法对不同干燥方式得到的红薯叶粉进行综合评分, 结果显示喷雾干燥法得到的红薯叶粉品质最好。同时, 宋振等^[42]的研究结果也证实了热风干燥、真空冷冻干燥及喷雾干燥 3 种干燥方式中喷雾干燥为甘薯茎叶粉的最佳干燥方法。

此外, 预处理方式的不同对甘薯叶的干燥效果也有影响。张迎敏等^[43]采用超声、烫漂两种方式对红薯叶进行热风干燥前的预处理, 实验证明经超声预处理的红薯叶干燥效率较高、皱缩率低, 组织结构较为完整; 经护色液烫漂处理干燥后的

红薯叶复水率、叶绿素含量和色泽都稍高, 质构紧密均匀, 细胞开孔率高, 总能耗低。刘珊珊等^[44]研究了漂烫预处理对红薯叶片热泵-热风联合干燥后品质特性的影响, 当漂烫温度 90 °C、漂烫时间 70 s 时干燥叶片 POD 活性较低, 叶绿素含量最高。杨玉等^[45]以叶绿素含量、POD 活性及复合水比为指标, 对比了盐渍、超声以及二者联用对甘薯叶热泵干燥过程中理化性质的影响, 实验结果表明经 4% 盐溶液预处理后的产品品质较高, 而超声预处理对红薯叶的组织具有一定破坏性, 会导致叶绿素含量降低。

3.2 速冻

张翠英等^[46]对甘薯叶的速冻工艺进行了研究, 结果表明: 以 NaHCO_3 为护色剂对蒲薯 53 甘薯叶进行温度 95 °C、时间 40 s 的漂烫, 可显著抑制 PPO 的活性, 较好地保存甘薯叶的感官品质, 且冻前控制温度在 5 °C 以下时, 在冷却介质温度为 -30~ -35 °C 的条件下速冻处理 15~20 min, 效果较好。孙健等^[47]选用徐薯 22 叶柄, 在温度 90~ 95 °C, 时间 60~90 s 条件下进行漂烫, 且将甘薯叶柄速冻前温度控制在 4~5 °C, 冷却介质温度为 -32~ -36 °C 的条件下进行速冻处理, 效果较好。

3.3 腌制与发酵

吴贤道等^[48]对甘薯叶的腌制、保绿、保脆进行了研究, 实验表明以 0.03% Na_2CO_3 和 0.05% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的混合液浸泡可明显保护甘薯叶的色泽。此外, 腌制时添加 0.1% CaCl_2 可提高甘薯叶的脆度。

岳春等^[49]用乳酸菌对红薯叶和茶叶的水提液进行发酵, 最终得出了富有营养价值并具有独特风味的红薯叶茶饮料。黄达伟等^[50]通过正交实验确定出甘薯叶醋酒精发酵及醋酸发酵的最佳工艺参数为: 安赛蜜 0.02%, 阿斯巴甜 0.04%, 柠檬酸钠 0.025%, 食醋 35%, 柠檬酸 0.15%, 苹果酸 0.2%, 甜菊糖 0.02%, 并在最佳工艺参数下做出了美味健康的甘薯叶醋。徐君飞等^[51]将小麦粉和红薯茎叶粉混合 (1 : 5), 加水调浆, 经 α -淀粉酶液化 (18 U/g), 曲霉糖化 (15% 黑曲霉, 10% 米

曲霉), 酵母菌 (0.4%) 和醋酸菌 (15%) 在 pH 为 3.5 的条件下发酵 5 d 后, 获得了红薯茎叶保健醋饮料。孟欣慧^[52]以甘薯叶为原料, 通过发酵生产了含丰富营养物质的甘薯叶酒, 具有一定的保健作用。

3.4 甘薯叶饮料

甘薯叶富含多酚和黄酮类物质, 利用甘薯叶开发的饮料将有较好的保健作用, 能够满足消费者的健康需求。叶文峰等^[53]以红薯叶为主要原料, 添加适量的猕猴桃汁及其它辅料, 研制出了营养丰富、风味良好、具有一定保健作用的红薯叶果汁复合饮料, 并通过正交试验得出饮料的最佳配方为: 红薯叶提取液 53%、猕猴桃汁 6.0%、柠檬酸 0.15%、 β -环糊精 0.6%、白砂糖 7.5%。杨保求等^[54]通过实验研制出了风味纯正、营养丰富、具有保健功能的复合饮料制品, 且其最佳配方为: 红薯叶提取液 30%、番茄汁 50%、稳定剂 0.3%、蔗糖 4%、水 15.7%。

此外, 还有学者研发出了一些甘薯叶固体饮料。隋伟策等^[55]通过响应面法优化甘薯叶固体饮料配方中四种稳定剂的添加量, 得到最优配方为向甘薯叶粉中加入: 预糊化淀粉 10.0%、 β -环糊精 2.5%、卵磷脂 4.0%、麦芽糊精 0.5%, 在最优配方下制出的产品粉末粒度分布均匀 (0.2~0.15 mm), 富含多酚和黄酮类物质, 具备一定的抗氧化功能, 市场前景广阔。宋振^[56]在喷雾干燥制备的甘薯叶粉中加入麦芽糊精、卵磷脂、 β -环糊精等物质混匀后放入沸腾造粒机进行造粒、间歇杀菌, 发现在甘薯叶粉中加入预糊化淀粉 10.00%、 β -环糊精 2.51%、卵磷脂 3.98%、麦芽糊精 0.50%、白砂糖 10%、绿茶香精 0.30% 时制备的甘薯叶青汁, 具有新鲜甘薯叶和绿茶特有的清香味, 经热水冲调后溶解性良好, 口感细腻。类似的固体饮料还有甘薯叶速溶粉、青汁粉、复合茶等。

3.5 其他甘薯叶产品

除上述产品外, 目前甘薯叶在食品方面的开发研究还涉及到了蛋糕、香肠、饼干等。张娜等^[57]以红薯叶粉、低筋面粉为基料研制了红薯叶戚风

蛋糕,不但满足了广大消费者对健康营养的需求而且有利于提高红薯叶的附加值。吕巧枝等^[58]以新鲜羊肉和甘薯叶干粉为主要研究材料,研制出了一种比较适合大众口味的甘薯叶—羊肉香肠,其中加入的冷冻甘薯叶干粉(添加量 0.2%)可以改善香肠的膻味,增强可接受性。

3.6 存在问题与建议

3.6.1 加工过程中活性物质的流失

甘薯叶富含生物类黄酮、多酚、维生素等多种功能性成分,而不同的加工方式会对物料的功能性成分造成一定影响。对于甘薯叶而言,高温处理会使其蛋白质、总酚含量下降,干制和腌制则对 V_C 含量有较大的影响。因此,应通过实验优化加工条件,降低甘薯叶有效物质的损失量。

3.6.2 加工方式单一

我国甘薯叶加工方式尚停留在初级阶段,主要应用于传统的食品产品开发与生产,而精、深加工较少,其价值未能效用最大化。为更好地进行甘薯叶产品市场的开发,应加强科研机构与企业合作,深入调查市场;加强与国外相关企业、机构的沟通学习;积极引入高端新兴技术提高产品品质。

3.6.3 未形成完整的企业链

现阶段,国内外对甘薯叶的加工利用多为实验室规模,缺乏市场规模化生产,为使消费者正确认识、接受甘薯叶制品,并实现其工业化生产,提高其经济、社会、生态效益,应加强与企业、政府的沟通合作,旨在将科研成果转化为生产力量,提升甘薯叶的产业效益,推动甘薯叶制品可持续发展。

4 总结与展望

甘薯叶作为一种营养丰富、产量大的叶菜类蔬菜,富含多种营养物质,具有抗癌、抑菌等功效,且其价格低廉,可作为低成本食品加工原料,具有极大的发展前景。甘薯叶含水量高、表面积大、采后容易出现失水、腐烂、表面黄化等现象,贮藏期短是限制甘薯叶深加工的主要因素。为延长甘薯叶的货架期,使种植者收益进一步提升,可对甘薯叶开展更多的贮藏保鲜实验,采用多种

贮藏保鲜技术进行研究,如保鲜剂喷施、生物涂膜以及多种气调保鲜方式,积极开展多因子复合保鲜实验,以探寻出一种适合于甘薯叶保鲜的最佳模式。此外,今后甘薯叶的发展应着重于研究加工工艺对其产品品质的影响,优化加工条件,重视产品开发与推广的结合,尽快实现工业化量产。还应高度重视甘薯叶加工后残渣的综合利用,通过提取营养物质,开发高附加值产品等方式,提高资源利用率。

参考文献:

- [1] 杜方岭,王文亮,王守经. 甘薯的营养价值及其开发利用研究[J]. 中国食物与营养, 2008(9): 27-28.
DU F L, WANG W L, WANG S J. Research of nutrition value and developing utilization of sweet potato resource[J]. Food And Nutrition In China, 2008(9): 27-28.
- [2] 张彧,吴祎南,陈莉,等. 红薯茎叶化学组成的研究进展[J]. 食品科学, 2006(3): 252-256.
ZHANG Y, WU W N, CHEN L, et al. Reviews on research advances on chemical composition of sweet potato vines and leaves[J]. Food Science, 2006(3): 252-256.
- [3] SUN H N, MU T H, XI L S, et al. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods[J]. Food Chemistry, 2014, 156.
- [4] HUANG X Q, TU Z C, XIAO H, et al. Dynamic high pressure microfluidization-assisted extraction and antioxidant activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves flavonoid[J]. Food and Bioproducts Processing, 2013, 91(1).
- [5] XI L S, MU T H, SUN H N. Preparative purification of polyphenols from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves by AB-8 macroporous resins[J]. Food Chemistry, 2015, 172.
- [6] 邢鹏,包兢兢,秦玉芝,等. HPLC 同时测定甘薯茎叶中叶黄素和 β -胡萝卜素[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2015, 41(5): 53.
XING P, BAO J J, QIN Y Z, et al. HPLC analysis method on Lutein and-carotene in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) leaves[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2015, 41(5): 53.
- [7] JANG Y B, Koh E. Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves[J]. Springer Singapore, 2019, 28(2).
- [8] 句荣辉,李晓红,段丽丽,等. 基于主成分分析法的不同品种甘薯叶品质评价研究[J]. 北京农业职业学院学报, 2020, 34(2): 24-30.
JU R H, LI X H, DUAN L L, et al. Research on quality evaluation of sweet potato leaves of different varieties based on principal component analysis[J]. Journal of Beijing Vocational College, 2020, 34(2): 24-30.

- [9] GHASEMZADEH A, OMIDVAR V, JAAFARH Z E. Polyphenolic content and their antioxidant activity in leaf extract of sweet potato (*Ipomoea batatas*)[J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2012, 6(15): 2971-2976.
- [10] 蒋益花, 蒋新龙. 甘薯叶绿原酸的微波协同双水相提取及其抗氧化活性[J]. 中国粮油学报, 2018(8): 94-100.
JIANG Y H, JIANG X L. Extraction technology and antioxidant ability of chlorogenic acids in sweet potato leaves through aqueous two-phase method cooperated with microwave[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018(8): 94-100.
- [11] XU W Q, LIU L X, HU B, et al. TPC in the leaves of 116 sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties and Pushu 53 leaf extracts[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 23(6).
- [12] JUNG J K, LEE S U, KOZUKUE N, et al. Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 24(1).
- [13] MU T H, SUN H N. Sweet potato leaf polyphenols: Preparation, individual phenolic compound composition and antioxidant activity. Polyphenols in Plants, 2019, 365-380.
- [14] 麦紫欣, 关东华, 林敏霞, 等. 膳食纤维降血脂作用及其机制的研究进展[J]. 广东微量元素科学, 2011(1): 11-16.
MAI Z X, GUAN D H, LIN M X, et al. Progress in the role of dietary fiber on blood-fat reducing and its mechanism[J]. Guangdong Trace Elements Science, 2011(1): 11-16.
- [15] ISHIDA H, SUZUNO H, SUGIYAMA N, et al. Nutritive valuation on chemical composition of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.)[J]. Food Chemical, 2000, 68(3): 359-367.
- [16] 傅志丰. 红薯叶多酚的溶剂提取、消化性及体内降血脂作用研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2016: 56-63.
FU Z F. Solvent extraction of polyphenols from sweet potato leaves and study on its in vitro digestibility, in vivo antihyperlipidemic effects[D]. Nanchang: Nanchang university, 2016: 56-63.
- [17] HANEFELD M, MERTES G. Treatment: Alpha glucosidase inhibitors. Encyclopedia of Endocrine Diseases. 2019
- [18] 刘冉, 程霜, 王雷, 等. 不同品种甘薯叶提取物抗氧化及对 α -葡萄糖苷酶抑制活性的研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 283-289.
LIU R, CHENG S, WANG L, et al. Antioxidant activity and α -glucosidase inhibitory activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf extracts from different varieties[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(23): 283-289.
- [19] 刘雪辉, 李觅路, 谭斌, 等. 紫甘薯茎叶中绿原酸及异绿原酸对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用[J]. 现代食品科技, 2014, 30(3): 103-107.
LIU X H, LI X L, TAN B, et al. Inhibitory effects of chlorogenic acid and isochlorogenic acid from purple sweet potato leaves on α -glucosidase[J]. Modern Food Science & Technology, 2014, 30(3): 103-107.
- [20] JENG T L, CHIANG Y C, LAI C C, et al. Sweet potato leaf extract inhibits the simulated in vitro gastrointestinal digestion of native starch[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2015, 23(3).
- [21] 李凤林, 李青旺, 耿果霞, 等. 甘薯叶黄酮对 II 型糖尿病模型小鼠的降糖及 DNA 损伤修复作用[J]. 西北农林科技大学学报, 2012, 40(5): 4-10.
LI F L, LI Q W, GENG G X, et al. Hypoglycemic and repaired DNA damage effect of flavonoids of *Ipomoea batatas* leaves on type II diabetes mellitus mice model[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat. Sci. Ed.), 2012, 40(5): 4-10.
- [22] 吴忆微, 蒋立勤. 红薯叶功效成分及抗肿瘤作用研究进展[J]. 中国食物与营养, 2013(12): 63-65.
WU Y W, JIANG L Q. Research advancement in active components and anti-tumor activity of sweet potato leaves[J]. Food and Nutrition in China, 2013(12): 63-65.
- [23] CHANG V H S, YANG D H A, LIN H H, et al. IbACP, a sixteen-amino-acid peptide isolated from *Ipomoea batatas* leaves, induces carcinoma cell apoptosis[J]. Peptides, 2013, 47.
- [24] 罗丽萍, 高荫榆, 洪雪娥, 等. 甘薯叶柄藤类黄酮的抗肿瘤作用研究[J]. 食品科学, 2006(8): 248-250.
LUO L P, GAO Y Y, HONG X E, et al. Study on anti-tumor effects of flavonoids extracted from sweet potato leaf, stalk and stem[J]. Food Science, 2006(8): 248-250.
- [25] 吕淑河, 林聪, 徐平声. 引种巴西甘薯叶抗肿瘤活性部位的筛选[J]. 中南大学学报(医学版), 2015, 40(5): 499-503.
LUU S H, LIN C, XU S P. Screening of the anti-tumor active fraction from *Ipomoea batatas* Lam. (cv. simon) leaves[J]. Journal of Central South University (Medical Science), 2015, 40(5): 499-503.
- [26] 王秋亚, 薛航. 红薯叶有效成分的提取及开发应用研究进展[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 260-263.
WANG Q Y, XUE H. Progress of the extraction of effective components in the sweet potato leaves and their applications[J]. The Food Industry, 2018, 39(7): 260-263.
- [27] 王世宽, 许艳丽, 潘明, 等. 甘薯叶中绿原酸的提取及抑菌作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5862-5863+5876.
WANG S K, XU Y L, PAN M, et al. Research on the extraction of chlorogenic acid from sweet potato leaf and its antibacterial efficiency[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(11): 5862-5863+5876.
- [28] 高莹, 张坤生, 任云霞. 甘薯叶提取物提取工艺及其抑菌作用的研究[J]. 食品研究与开发, 2007(1): 74-78.
GAO Y, ZHANG K S, REN Y X. The research on extraction technology of sweet potato leaves and its bacteriostasis[J]. Food Research and Development, 2007(1): 74-78.
- [29] 徐洪宇, 詹壮壮, 高永悦, 等. 甘薯叶提取物中酚类物质测定及在冷却肉保鲜中的应用[J]. 现代食品科技, 2018, 34(6): 149-156+114.
XU H Y, ZHAN Z Z, GAO Y Y, et al. Determination of phenolic

- composition of active in sweet potato leaves extracts and their application in the preservation of chilled pork[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2018, 34(6): 149-156+114.
- [30] 高茵榆, 罗丽萍, 洪雪娥, 等. 甘薯叶柄藤多糖的免疫调节作用研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(6): 200-202.
GAO Y Y, LUO L P, HONG X E, et al. Study on immunoregulation effect of polysaccharides from sweet potato vines in mice[J]. *Food Science*, 2006, 27(6): 200-202.
- [31] 夏春丽, 于永利, 张小燕. 甘薯的营养保健作用及开发利用[J]. *食品工程*, 2008, (3): 28-31.
XIA C L, YU Y L, ZHANG X Y. Nutrition and utilization of sweet potato[J]. *Food Engineering*, 2008, (3): 28-31.
- [32] MOHANRAJ R, SIVASANKAR S. Sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) --a valuable medicinal food: a review[J]. *Journal of medicinal food*, 2014, 17(7).
- [33] 杨汉, 黄志谋, 刘伟, 等. 中国菜用甘薯开发利用现状与展望[J]. *湖北农业科学*, 2017, 56(17): 3201-3204.
YANG H, HUANG Z M, LIU W, et al. The situation and prospect of development and utilization of sweet potato for vegetable in China[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2017, 56(17): 3201-3204.
- [34] 许勇泉. 甘薯叶柄保鲜与甘蔗汁饮料开发[D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 25-33.
XU Y Q. Storage of sweet potato leaf stalks and development of sugarcane beverage[D]. Hangzhou: Zhejiang university, 2006: 25-33.
- [35] 任丽花, 余华, 刘文静, 等. 不同贮藏温度对菜用甘薯营养品质的影响[J]. *福建农业科技*, 2011(6): 97-100.
REN L H, YU H, LIU W J, et al. Effects of different storage temperatures on nutritional quality of vegetable sweet potato[J]. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 2011(6): 97-100.
- [36] 尹剑书. 采后处理对甘薯嫩叶中 V_C 与胡萝卜素的影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009: 23-28.
YIN J S. Study on the effect of postharvest treatment on VC and carotene in young sweet potato leaves[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2009: 23-28.
- [37] PENG Y, XU Y Q, DUAN D F, et al. Postharvest quality and physiological behavior of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) leaf stalks under three temperatures[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8(2).
- [38] 司金金, 辛丹丹, 王晓芬, 等. 温度和保鲜膜对红薯叶贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(17): 268-274.
SI J J, XIN D D, WANG X F, et al. Effects of temperatures and PE films on the quality of fresh sweet potato leaves during storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(17): 268-274.
- [39] 董玲霞, 周志林, 戴习彬, 等. 菜用甘薯采后保鲜技术研究[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(16): 176-178.
DONG L X, ZHOU Z L, DAI X B, Study on postharvest fresh-keeping of vegetable-used sweet potato[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2018, 46(16): 176-178.
- [40] 肖婷, 陈东秀, 罗鸿, 等. 乙醇熏蒸对红薯尖冷藏期间品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(15): 209-217.
XIAO T, CHEN D X, LUO H, et al. Effects of ethanol fumigation on quality of sweet potato leaves during cold storage[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(15): 209-217.
- [41] 司金金, 辛丹丹, 王晓芬, 等. 干燥方式对红薯叶粉品质特性的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(6): 129-136, 154.
SI J J, XIN D D, WANG X F, et al. Effect of drying methods on quality characteristics of sweet potato leaf powder[J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2018, 46(6): 129-136, 154.
- [42] 宋振, 木泰华, 孙红男, 等. 不同干燥方法对甘薯茎叶粉物化特性的影响[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(5): 255-261.
SONG Z, MU T H, SUN H N, et al. Effect of different drying methods on physical properties of sweet potato leaf powder[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2015, 31(5): 255-261.
- [43] 张迎敏, 任广跃, 屈展平, 等. 超声和烫漂预处理对红薯叶热风干燥的影响[J]. *食品与机械*, 2019, 35(12): 194-201.
ZHANG Y M, REN G Y, QU Z P, et al. Effect of ultrasonic and blanching pretreatment on hot air drying of sweet potato leaves[J]. *Food & Machinery*, 2019, 35(12): 194-201.
- [44] 刘珊珊, 周莲昕, 赵鹏辉, 等. 热泵-热风联合干燥对红薯叶品质特性的影响[J]. *农产品加工*, 2019(12): 1-5+10.
LIU S S, ZHOU L X, ZHAO P H, et al. Effect of heat pump-hot air combined drying on quality characteristics of sweet potato leaves[J]. *AEM PRODUCTS ROCESSING*, 2019(12): 1-5+10.
- [45] 杨玉, 任广跃, 史亚楠, 等. 预处理对红薯叶热泵干燥品质的影响[J]. *食品与机械*, 2020, 36(7): 206-210+215.
YANG Y, REN G Y, SHI Y N, et al. Effects of different pretreatment on the quality of sweet potato leaves with heat pump drying[J/OL]. *Food & Machinery*, 2020, 36(7): 206-210+215.
- [46] 张翠英, 孙健. 茎尖菜用甘薯筛选及速冻保鲜工艺研究[J]. *江苏农业科学*, 2010(3): 335-337.
ZHANG C Y, SHUN J. Screening of sweet potato stem tips as vegetable and quick freezing techniques for stem tips[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2010(3): 335-337.
- [47] 孙健, 李洪民, 张爱君. 菜用甘薯叶柄速冻保鲜技术与工艺研究[J]. *江苏农业科学*, 2009, (3): 288-289.
SUN J, LI H M, ZHANG A J. Study on preservation and quick freezing technology of stalk of vegetable sweet potato[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2009, (3): 288-289.
- [48] 吴贤道, 华萍, 葛淳, 等. 甘薯叶腌制工艺的研究[J]. *江西食品工业*, 2002(3): 23-24.
WU X D, HUA P, GE C, et al. Research on pickling process of sweet potato leaves[J]. *Jiangxi Food Industry*, 2002(3): 23-24.
- [49] 岳春, 李继红, 胡保珍, 等. 乳酸菌发酵红薯叶茶饮料的研究[J]. *食品工业*, 2007(5): 31-32.

- YUE C, LI J H, HU B Z, et al. Lactobacillus fermentation sweet potato leaf tea drink research[J]. The Food Industry, 2007(5): 31-32.
- [50] 黄达伟, 岳春, 李继红. 红薯叶醋饮料的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(7): 69-73.
- HUANG D W, YUE C, LI J H. Preparation on the vinegar drink of the sweet potato leaf[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(7): 69-73.
- [51] 徐君飞, 张居作, 莫亦佳. 红薯茎叶保健醋饮料的研究与开发[J]. 中国酿造, 2014, 33(1): 150-153.
- XU J F, ZHANG J Z, MO Y J. Research and development of health vinegar beverage with sweet potato stem and leaf[J]. China Brewing, 2014, 33(1): 150-153.
- [52] 孟欣慧. 甘薯茎叶发酵酒的开发研究[J]. 酿酒, 2007(4): 100-101.
- MENG X H. Brewing technology of stem-apex of sweet potato wine[J]. Liquor Making, 2007(4): 100-101.
- [53] 叶文峰, 冷桂华, 黄宏伟. 红薯叶果汁复合饮料的研制[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(12): 119-121.
- YE W F, LENG G H, HUANG H W. Study on sweet potato leaves complex beverage drink[J]. Food Research and Development, 2010, 31(12): 119-121.
- [54] 杨保求, 侯旭杰, 王桂芬. 红薯叶番茄汁复合饮料的研制[J]. 中国食物与营养, 2008(5): 47-49.
- YANG B Q, HOU X J, WANG G F. Development of sweet potato leaf tomato juice compound drink[J]. Food and Nutrition in China, 2008(5): 47-49.
- [55] 隋伟策, 木泰华, 宋振, 等. 响应面法优化甘薯茎叶固体饮料配方的研究[J]. 食品科技, 2018, 43(3): 93-98.
- SUI W C, MU T H, SONG Z, et al. Study on formula optimization of sweet potato leaf solid beverage by response surface methodology[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(3): 93-98.
- [56] 宋振. 甘薯茎叶的干燥制粉技术及青汁固体饮料的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014: 47-55.
- SONG Z. Study on drying and powdering technology and green powdered beverage of sweet potato leaves[D]. Wulumuqi: Xinjiang Agricultural University, 2014: 47-55.
- [57] 张娜, 郭楠楠, 万炎炎. 红薯叶戚风蛋糕的研制[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(6): 37-40.
- ZHANG N, GUO N N, WAN Y Y. Study on development of chiffon cake made with sweet potato leaves[J]. Cereals & Oils, 2018, 31(6): 37-40.
- [58] 吕巧枝, 方洁, 邹原东, 等. 甘薯叶——羊肉香肠的开发与研制[J]. 山西农业科学, 2008, 36(12): 120-122.
- LU Q Z, FANG J, ZHOU Y D, et al. Exploitation and research of a mutton sausage incorporated with sweet potato leaves[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2008, 36(12): 120-122. 完