

马铃薯渣综合利用研究现状及发展趋势

李芳蓉*, 韩黎明, 王 英, 刘玲玲, 童 丹

(甘肃省定西师范高等专科学校生化系, 甘肃 定西 743000)

摘 要: 介绍了马铃薯渣营养成分及主要性质, 综述了马铃薯渣综合利用研究现状, 包括生产高蛋白饲料、制备膳食纤维和果胶, 制备燃料酒精和薯渣新型吸附剂和粘结剂、制备饲料种曲、方便面油料包可食性膜和有机化工产品等。剖析了马铃薯渣综合利用中存在的问题, 即综合利用率低、食用安全性问题、技术推广困难。展望了马铃薯渣的开发应用前景与发展趋势。马铃薯渣提取膳食纤维和果胶, 薯渣加工附加值提高, 经济效益较高; 固态发酵马铃薯渣生产蛋白饲料或生产配合饲料是薯渣处理最具发展潜力的方向。利用薯渣制作发酵培养基是进行薯渣增值的研究方向; 利用薯渣制备燃料酒精及生物质混合燃料是理想的薯渣利用途径; 利用马铃薯渣联合生产膳食纤维和燃料酒精是薯渣综合利用研究值得探索的新思路。

关键词: 马铃薯渣; 膳食纤维; 果胶; 高蛋白饲料; 燃料酒精

Advances and Trends in Utilization of Potato Pulp from Potato Starch Processing

LI Fangrong*, HAN Liming, WANG Ying, LIU Lingling, TONG Dan

(Department of Biochemistry, Dingxi Teachers College, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: Nutrients and the main properties of potato pulp were introduced. And status of potato pulp utilization were summarized, including production of high-protein feed, preparation of dietary fiber and pectin, preparation of alcohol fuel and potato pulp novel adsorbent and binder, and preparation of feed Koji, oil and fat packaging edible film of instant noodle and organic chemical products. The problems of potato pulp utilization were analyzed, i.e. low utilization rate, food security issue and difficult technique extension. Application prospects and development trends of the potato pulp were forecasted. Potato pulp could be used in extraction of dietary fiber and pectin, increasing added value and economic efficiency. Protein feed or feed production from solid-state fermentation of potato pulp might have the most development potential for potato pulp processing. Use of potato pulp for production of fermentation medium might be a value-added research direction. Potato pulp preparation for alcohol fuel and biomass fuel mix production could be another way for use of potato pulp. Use of potato pulp for production of both dietary fiber and alcohol fuel could be a new idea for potato pulp comprehensive utilization worth exploring.

Key Words: potato pulp; dietary fiber; pectin; high-protein feed; alcohol fuel

马铃薯又称土豆或洋芋, 其栽培历史悠久, 分布广, 产量高, 被称为世界第四大粮食作物。马铃薯被誉为“十全十美”的营养品, 富含膳食纤维, 脂肪含量低, 有利于控制体重增长、预防高血压、高胆固醇以及糖尿病等。中国马铃薯种植

面积与产量均居世界首位。马铃薯营养、经济价值均较高, 广泛应用于食品, 饲料和医药等工业, 尤其淀粉工业。

马铃薯渣(Potato pulp)主要包含水、细胞碎片、残余淀粉颗粒和薯皮细胞或细胞结合物的马

收稿日期: 2015-02-09

基金项目: 2013年度定西师范高等专科学校重点项目(1310)。

作者简介: 李芳蓉(1971-), 女, 硕士, 副教授, 主要从事分析化学和环境化学教学及马铃薯渣的综合利用研究。

*通信作者(Corresponding author): 李芳蓉, E-mail: lfrgfz@163.com。

铃薯淀粉加工副产物。含水量高, 含有多种微生物, 不易储运, 易腐败变质产生恶臭而污染环境。因此解决薯渣储运问题, 并进行综合开发利用, 既可有效利用资源, 又能减少环境污染, 具有较好的经济效益和社会效益。

1 马铃薯渣的主要成分及性质

1.1 马铃薯渣的主要成分

马铃薯渣含水量高达约90%, 化学成分主要为淀粉、纤维素、半纤维素、果胶、游离氨基酸、寡肽、多肽及灰分^[1]。马铃薯渣量大, 其纤维素、半纤维素和果胶含量就较高, 均可被提取, 故是良好的果胶与膳食纤维来源。直接用作饲料, 其蛋白质含量低, 粗纤维含量高, 适口性差, 禽畜食后不长肉, 饲料品质低^[2]; 直接掩埋, 则因其含有大量无机盐等而污染土壤和地下水; 烘干则成本太高^[3]。

1.2 马铃薯渣的性质

马铃薯渣虽含水量很高, 但无液态流体性质, 却具备典型胶体的物化特性。粘性较高, 水分虽非与细胞壁碎片中的果胶和纤维牢固结合, 但直接嵌入残存完整细胞中, 需借细胞膜交换到外界而除去。常温常压下去除水分极难, 加压亦仅可去除约10%, 性质类似蛋白软糖。自带微生物15类33种, 细菌28种、霉菌4种和酵母菌1种^[4]。为了储运及再利用之便, 提高其抵抗微生物污染性能和储存稳定性, 去除渣中水分极为必要。

2 马铃薯渣综合利用研究现状

当前对马铃薯渣综合利用的主要方法有理化法、发酵法和混合法。理化法是用各种物理方法、化学方法及酶处理马铃薯渣提取功能成分; 发酵法是以马铃薯渣为培养基, 利用微生物发酵来制备各种生物制剂和有机物; 混合法是发酵结合酶处理的方法。综合利用主要为功能成分的提取和发酵产品的生产及其他用途。

2.1 制备膳食纤维

膳食纤维(Dietary fiber, DF)主要指不可被人体吸收利用, 亦不被胃肠道中消化酶所消化的多糖。主要来自植物细胞壁的复合碳水化合物, 亦称非淀粉多糖。分为水溶性和水不溶性2类。膳食纤维对促进良好消化和排泄固体废物具有举足轻重的作用。适量地补充膳食纤维, 可使肠道中的食物增

大变软, 促进肠道蠕动, 加快排便速度, 防止便秘和降低肠癌风险。还可调节血糖, 预防糖尿病, 减少对脂肪的吸收, 降低血液中胆固醇、甘油三酯水平, 防治高血压、心脑血管疾病等。仅凭吃蔬菜、水果难以满足人体膳食纤维需要。自20世纪70年代始, 膳食纤维成为国际营养学研究的重点, 被誉为人类第七大营养素。国际食品结构正朝着纤维食品方向调整, 中国营养学会推荐每日膳食纤维摄入量为20~35 g^[5], 但人均实际摄入量为十几克, 仅约推荐摄入量的一半。马铃薯渣纤维含量高达约干基的50%, 且因马铃薯长期食用决定了马铃薯渣是一种安全而廉价的膳食纤维资源。马铃薯渣膳食纤维生理活性良好, 产品外观白色, 持水力和膨胀力高于国际常用标准鼓皮纤维的相应值, 因此, 以马铃薯渣加工和制备膳食纤维来源广泛充足, 前景光明广阔。

目前, 制备马铃薯膳食纤维的主要方法有物理法、化学法、生物法以及三者相结合等。王宏勋等^[6]利用菌株C13、D31分步发酵, 获得膳食纤维总含量达3 528 g/L的发酵液, 其中可溶性膳食纤维631 g/L。吕金顺等^[7]研究了用马铃薯渣制备膳食纤维的工艺, 所得产品外观白至浅黄色。主要指标达到同类产品要求, 尤其水溶性纤维持水力与膨胀力已高于西方国家常用的标准麸皮纤维。袁慧君等^[8]以米根霉和白地霉发酵制备马铃薯渣膳食纤维。膳食纤维得率均显著增加, 且米根霉淀粉酶活性较强, 能分解蛋白质, 2种霉菌发酵马铃薯渣后再提取膳食纤维, 膳食纤维安全, 产量和特性得以改善。马春红等^[9]以酶碱法制备陕北马铃薯渣膳食纤维, 在最佳条件下膳食纤维最高提取率为58.23%, 持水力为454 g/g, 膨胀力为5.50 mL/g, 感官性状较差。盖春慧等^[10]研究了粉碎粒度对马铃薯渣生物酶法处理产物的持水力、持油力和溶胀性的影响, 以及生物酶处理前或后粉碎, 对产物各性质的影响。结果各性质随粒度减小呈下降趋势; 生物酶处理后粉碎各性质有所上升。确定了以生物酶法提取膳食纤维粉碎最佳粒度为80目。何玉凤等^[11]以L-抗坏血酸结合六偏磷酸钠浸提法制备马铃薯渣水溶性膳食纤维, 产品在pH 7, 37℃条件下水溶性、持水力和膨胀力, 分别为56.15%、7.72 g/g和7.56 mL/g。产品口感细腻、微咸, 乳白色, 可广泛应用于焙烤、馅料、汤料和果酱等食品。丛凡华等^[12]研究了马铃薯水

溶性和水不溶性膳食纤维的提取工艺条件,对马铃薯渣的护色处理有利于水不溶性膳食纤维的色泽改善及多酚物质的保存。

2.2 提取果胶

果胶为酸性多糖物质,白至淡黄色粉末,稍酸,水溶性,分子量约5万~30万,主要存在于植物细胞壁和内层,是细胞壁的主要成分,属L-半乳糖醛酸,具有良好的乳化、增稠、稳定和凝胶作用,常用于食品包装膜、胶凝剂、增稠剂、稳定剂、悬浮剂、乳化剂、增香增效剂及生物培养基的生产等。并可用于化妆品,具有护肤,防止紫外线,治疗创口,美容养颜等作用。全球每年果胶需求量近 2×10^4 t,中国年果胶消耗量约1 500 t,80%依靠进口^[13]。专家预计,果胶需求量将长期以每年15%的速度增长。如此巨大的需求量,虽可从大量植物中获得,但商品果胶来源却极其有限。果胶主产国为英、法、美、丹麦、以色列等,亚洲国家产量极少。因此中国必须大力开发果胶资源,生产优质果胶。马铃薯渣果胶含量高达约干基的15%~30%,量大而实用,是良好的果胶提取原料。

目前,马铃薯渣提取果胶,工业化生产主要采用沸水抽提法、酸法、酸法+微波、萃取法。以盐析法和酸解乙醇沉淀法最常用,研究多为提取方法的结合和工艺的优化。杨希娟和党斌^[14]采用五因素二次回归正交旋转组合设计对影响果胶得率的各因素进行优化,得到超声波提取马铃薯渣中果胶的优化工艺,最佳条件下,马铃薯渣果胶得率达15.76%,各项指标均达到国标和行标要求。杨希娟等^[15]采用超声波辅助方法提取马铃薯渣中的果胶,确定了最佳条件。与传统酸法相比,超声波取代了传统搅拌,工艺简化,且提取温度降低20℃,时间缩短15 min,果胶得率相对提高了39.45%。洪雁和顾正彪^[16]将马铃薯渣分别采用水法、酸法、酸法结合微波法提取,再采用饱和硫酸铝沉析法提取马铃薯渣果胶。结果酸法和酸法+微波法提取得到低酯果胶,而水法提取得到高酯果胶。该果胶凝胶强度都相对较低,室温下黏度较橘皮果胶低;HPGFC测得其果胶的峰值分子质量约41 000 D。毛丽娟等^[17]利用超声波辅助盐析法提取马铃薯渣果胶。超声波辅助最佳条件下果胶得率为18.21%,较普通盐析法高4.52%。郑燕玉和吴金福^[18]在微波条件下,用稀硫酸溶液萃取与硫酸铝沉淀提

取马铃薯渣果胶。在其确定的最佳工艺条件下,果胶产率为25.00%。

2.3 制备高蛋白饲料

随着人们生活水平的提高,动物性食品需求量增大,进而促进了养殖业激速发展,高蛋白饲料的需求与日俱增,蛋白质不足已成为全球性问题,21世纪全球将短缺蛋白饲料约2亿t,需饲料蛋白2 500万t。国内蛋白饲料更是供不应求,以马铃薯渣生产高蛋白饲料,工艺简单,耗资少,宜推广,发酵物和底物利用完全彻底,无二次污染,是马铃薯渣有效利用的重要途径^[19,20]。

通常采用生料和熟料固态、半固态发酵2种方式。发酵后可大幅提高马铃薯渣蛋白含量及营养价值,改善粗纤维结构,增加清香味。发酵后的马铃薯渣多汁,适口性得以改善,动物爱吃,并因为含有益生菌,因此能改善动物的消化道菌群有利于动物的健康,并能提高肉的品质^[21]。以发酵马铃薯渣饲料饲喂家畜,日增重及相关动物产品质量均有所提高^[22,23]。杨全福和王首宇^[23]以真菌、霉菌、酵母菌和放线菌等发酵马铃薯渣,制得饲料蛋白含量高达15.0%~32.4%。蔡维北等^[24]研究得出添加玉米面和麦麸辅料后马铃薯渣含水量降低、便于运输和应用;以酵母菌发酵后综合营养指标麦麸辅料优于玉米面,操作简便,适于大规模推广。江成英等^[25]以平板培养和混菌结合发酵马铃薯渣生产能量饲料,结果嗜酸乳杆菌、白地霉、啤酒酵母和热带假丝酵母为最佳菌株。刘利军和杨玲^[26]采用以黑曲霉固体法发酵马铃薯淀粉渣,确定了马铃薯渣发酵产生复合酶的最佳条件。优化条件下,用DNS法测定发酵马铃薯渣,纤维素酶和木聚糖酶的活力分别为2 520.48 U/g和17 472.00 U/g,产品重金属含量符合国家标准。刘陇生等^[27]采用固态发酵法对马铃薯渣进行熟料发酵,产品蛋白含量提高了15.48%,粗纤维含量降低7.9%,饲料适口性增加,且蒸煮能耗少,设备要求降低,大大降低了成本。祝英等^[28]分析了米曲霉、黑曲霉、绿色木霉单菌和三者最佳复配菌及与酵母菌复配的发酵液中总糖、还原糖,以及产物中粗蛋白质收率的变化,探讨其对马铃薯渣生产蛋白质饲料的影响。孙展英等^[29]以酵母菌、霉菌、芽孢杆菌和乳酸菌发酵马铃薯渣,研究不同菌种及组合固态发酵对其增值效果。结果表明,单菌发酵黑曲霉效果最好,双菌组合酿酒酵母+黑曲

霉最佳。王启为等^[30]以马铃薯渣为原料, 菜籽粕为有机氮源, 热带假丝酵母为菌种, 通过对培养基组分、比例等对菜籽粕脱毒及蛋白质变化影响的研究, 优化了发酵工艺并确定了马铃薯渣固态厌氧发酵的适宜条件。结果表明: 菜籽粕在发酵过程中脱毒率达65%, 粗蛋白质增加4.6%, 真蛋白质增加2.8%。夏宇等^[31]研究发酵液、吸收剂和吸收剂+发酵液对马铃薯渣发酵饲料品质的影响。结果各试验组均能完成发酵过程, 且为乳酸发酵类型。张微微等^[32]以含水70%的马铃薯渣+秸秆混合物作发酵培养料, 以黑曲霉变种和白地霉作菌株, 通过Box-Mehnken模型设计试验, 得到马铃薯渣固态发酵的工艺条件。饲料贮藏时间延长, 马铃薯渣利用率提高, 为马铃薯渣在奶牛业中的应用提供了新途径。

此外, 在马铃薯蛋白的回收利用方面, 研究热点主要集中在如何采用较温和的方法代替热絮凝法以提高蛋白质的质量。其中食品级(药品级)蛋白的制备是极具前景的研究方向之一。马铃薯块茎的可溶性蛋白通常分成3类: Patatin蛋白、蛋白酶抑制剂和其他蛋白。为了确保回收马铃薯蛋白的天然活性, 目前已经尝试了很多种方法, 这些方法综合了离子强度、pH值和温度, 使马铃薯蛋白原有的构象、活性和溶解性得以保持。如扩张床吸附(Expanded bed adsorption, EBA)是最有可能实现从马铃薯淀粉分离汁水中工业化回收食品级(药品级)蛋白的方法^[33]。目前国内在这方面的工作还处于研究阶段。

2.4 制备燃料酒精

随着化石燃料的枯竭及其对环境日趋严重的影响, 燃料酒精的发展已成必然, 乙醇是优良的燃料和燃油品改善剂。乙醇是燃油的增氧剂, 使汽油增加内氧, 充分燃烧, 既节能又环保; 乙醇还可经济有效的降低芳烃、烯烃含量, 降低炼油厂的改造费用, 达到新汽油标准, 优势明显^[34]。国外寻找廉价原料生产燃料酒精历史较长且深入^[35]。中国燃料酒精起步较晚, 起先以消化陈化粮为主, 但随着其产业的不断发展, 影响了国家粮食安全。当前国内燃料酒精发展以 不与人争粮和争地为基本原则, 提倡以红薯、木薯、甜高粱和秸秆等非粮作物为原料及原料多元化。马铃薯渣生产燃料酒精, 既符合国家非粮化及多元化生产的

要求和减少资源浪费保护环境, 又能将其大量有效转化利用, 是马铃薯渣理想的利用途径之一。苏槟楠等^[36]以马铃薯渣发酵酒精, 结果是马铃薯渣加水量为80%时糖化效果较好, 糖化时间为24 h; 正交试验得知, 在马铃薯渣中 KH_2PO_4 对产酒率影响较大, 最优组合为0.50% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.30% KH_2PO_4 、0.75% NH_4NO_3 , 发酵时间72 h。国外利用最多的是将马铃薯渣生物发酵生产燃料级酒精。

2.5 其他综合利用

2.5.1 制备新型粘结剂及吸附材料

Mayer^[1]探讨了以马铃薯渣制备粘合剂, 用以替代脲醛树脂胶粘剂生产纤维板。王小芳等^[37]利用马铃薯膳食纤维(PDF)对重金属离子 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 单组分水溶液进行吸附研究, 结果PDF对 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 的吸附属化学与物理综合吸附。对 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 的吸附同时符合Langmuir和Freundlich吸附模式, 而对 Cd^{2+} 的吸附仅符合Langmuir模式。吕金顺和王小芳^[38]在生理条件下(pH 2和pH 7, 37 °C), 用PDF吸附 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Z^{2+} 和 Ca^{2+} , 结果表明, PDF具有较好的生理活性。其疏松结构和红外光谱中较多的醛羧基团得以佐证。吸附数据线拟合表明物理吸附符合Langmuir单分子层吸附机理。程力等^[39]研究了胶体磨湿法超微粉碎及高压蒸汽处理对马铃薯渣粒径分布及颗粒破坏程度的影响, 制得了一种瓦楞纸板用粘合剂。通过显微镜观察和激光粒度分析证明, 马铃薯渣颗粒粒径明显减小且分布更加均匀, 细胞壁和纤维素被破坏, 体现出胶粘剂的性质。其主要性能均接近于目前广泛使用的淀粉基瓦楞纸板粘合剂。吕金顺^[40]研究了马铃薯渣活性纤维(PAF)对染料废水中阳离子红的静态和动态吸附。结果表明, PAF对阳离子红染料分子的静态吸附量Q为11.10 mg/g; 动态吸附量高于同时间下静态吸附量, 采用PAF装柱法有望进行该废水的处理。

2.5.2 制备饲料种曲、方便面料包可食性膜

利用马铃薯渣制备饲料种曲、方便面料包可食性膜, 经济而实用, 以马铃薯渣代替部分粮食原料, 来源广泛、成本低、经济效益高。江成英等^[41]选用白地霉、热带假丝酵母和啤酒酵母进行多菌株协同固态培养, 制备饲料种曲, 确定了最佳条件, 并将三者以3:2:1混合接种。李俊芳等^[42]研究了用马铃薯渣制备方便面油料包可食性膜的最

佳工艺, 所得膜抗拉强度 118.82 kg/cm^2 , 用其包装方便面油料在温度 45°C , 相对湿度 60% 下放置 3 d 无渗油, 沸水中煮 $3\sim 4 \text{ min}$ 即可全溶。卞雪和曹龙奎^[43]在马铃薯渣中加入成膜剂卡拉胶和海藻酸钠, 增塑剂甘油和脂类硬脂酸, 以其最佳配方制得的马铃薯渣可食性内包装膜的抗拉强度高, 表面光滑、溶解快、吸水率低。该膜富含膳食纤维, 营养价值高, 可以替代塑料膜, 用于食品粉料包装。

2.5.3 制备有机化工产品

杨德全等^[44]采用水解-氧化法确定了以马铃薯淀粉渣为原料制取草酸的最佳方案, 二水合草酸收率 $>65\%$ 。工艺简单, 成本低, 经济和社会效益较高。王文侠等^[45]采用正交试验确定了马铃薯废渣制备草酸的最佳工艺, 结果较好。Lee 等^[46]将马铃薯渣与聚乙酸内酯混合后制备了可生物降解的塑料, 并对该材料进行了力学性能与热性能分析。

3 马铃薯渣综合利用中存在的问题

3.1 马铃薯渣整体综合利用率低

因淀粉加工中常添加一些化学物质, 使马铃薯渣适口性差, 不能直接饲喂禽畜, 需专门加工企业再处理; 但因其松散, 密度较小难以储运, 大部分废弃。

马铃薯渣含水量高、黏度大、难过滤, 难分离, 储运困难, 且极易腐败。烘制干渣, 耗能大, 成本高, 企业负担重。

马铃薯渣不能直接作为固体培养基利用, 以机械法很难降低含水量至培养基要求标准, 且固态发酵深层发酵不完全、易受杂菌污染、不易监控等缺点, 其利用率大为降低。

3.2 马铃薯渣再利用技术推广困难

马铃薯淀粉加工季节性强, 市场推广难度大等诸多问题, 致使马铃薯渣综合利用, 仅停留于研发或实验室小规模阶段, 难以实现工业化。无论马铃薯渣中功能物质提取, 还是生产发酵产品, 难题为转化产品经济效益差、市场推广难度大。

3.3 马铃薯渣再利用产品食用安全性有待商榷

作为第四大粮食作物的马铃薯具有长期安全食用的历史, 直接作饲料无需毒理学检验。但经过一系列工业加工和微生物发酵之后, 可能存在毒素(如龙葵素等)富集^[47], 或二次污染(如 Pb 、 Cd 、 As 、 Hg 等污染), 故存在饲料和食品安全性潜在的

威胁^[48]。

4 马铃薯渣的开发应用前景与发展趋势

4.1 提取膳食纤维和果胶

马铃薯渣提取膳食纤维和果胶, 马铃薯渣加工附加值提高, 经济效益较高。膳食纤维及果胶具有重要的生理功能, 且在食品工业中有广泛的应用。较高的含量, 使得马铃薯渣成为膳食纤维及果胶良好的提取原料。纤维食品已成为国际食品结构调整的方向, 膳食纤维的消费市场前景广阔, 马铃薯渣膳食纤维凭借其良好的生理活性及产品外观必能占领广大市场。果胶具有良好的乳化、增稠、稳定和凝胶作用, 是优良的药物制剂基质, 故其需求量逐年递增。中国年果胶消耗量大, 大多依靠进口, 且需求量与世界平均水平相比呈高速增长趋势。故国产果胶因价廉优势倍受青睐, 因此大力开发果胶资源, 生产优质果胶, 满足国内外市场需求突显其紧迫性。

4.2 固态发酵生产蛋白饲料或配合饲料

随着国际环保意识的增强, 各国对废弃物的回收利用日益重视, 以马铃薯渣为原料, 利用微生物发酵生产蛋白饲料最有发展前途, 但液态发酵耗能高、投资大, 不宜大幅推广。固态发酵马铃薯渣生产蛋白饲料, 投资少、能耗低, 原料利用彻底, 既保留活性成分又无废液污染。因而固态发酵最具发展前景, 是未来马铃薯渣处理最具发展潜力的方向。同时以马铃薯渣结合作物秸秆、植株秧蔓等, 生产配合饲料, 提高农业废弃物利用率, 促进相关系列饲料产品开发, 填补粗质饲料加工生产的空白。解决马铃薯淀粉生产中废料处理问题, 提高经济效益和环保水平, 有效降低饲料成本, 促进养殖业和畜牧业科学、可持续发展。

4.3 制作发酵培养基

马铃薯渣年产出量巨大且富含多种营养成分, 极利于用作发酵培养基, 是马铃薯渣增值的重要研究方向。可以方便且相对廉价地引入菌种发酵生产微生物蛋白质和各种有机物料。目前国内外主要研究方向都是以发酵和酶法相结合增加马铃薯渣附加值。

4.4 制备燃料酒精及生物质混合燃料

燃料酒精优势在于其为新型可再生能源, 有效推广应用利于缓解化石能源的枯竭和温室效应的加

剧。随着化石燃料的枯竭及其对环境影响的日趋严重, 燃料酒精的发展已成必然, 以马铃薯渣为原料生产燃料酒精, 既能有效且大量地转化利用马铃薯渣, 又能避免资源浪费及环境污染, 属非粮化及多元化生产燃料酒精, 是马铃薯渣利用的理想途径。目前主要且成本低廉的发展方向是生物质燃料的冷压成型工艺。马铃薯渣中的主要固形物、淀粉、纤维及粗蛋白等均可燃且燃烧值较高, 因此在加工生产淀粉后, 可利用马铃薯渣的胶粘性使之与煤粉等可燃物质按一定比例混合后冷压成型, 制备生物质混合燃料, 以实现较低成本高效利用马铃薯渣, 为废弃的马铃薯渣提供一种更直接、更经济的处理方法。

4.5 联合生产膳食纤维和燃料酒精

利用马铃薯渣联合生产膳食纤维和燃料酒精是马铃薯渣综合利用研究值得探索的新思路。马铃薯渣生产燃料酒精与酶法提取马铃薯渣膳食纤维的前处理工艺很相似。前者前处理工艺为采用淀粉酶将淀粉水解液化及用蛋白酶将蛋白质水解, 再经糖化、发酵等工序制成酒精。后者基本工艺也是以淀粉酶水解液化淀粉, 再以蛋白酶水解蛋白质, 然后过滤得到滤渣即粗膳食纤维。因此可将二者工艺整合, 联合生产燃料酒精和膳食纤维。先以淀粉酶和蛋白酶将淀粉和蛋白质水解后过滤, 其滤渣用以精制提取膳食纤维, 滤液再经糖化、发酵等工序制成酒精。联合生产燃料酒精与马铃薯渣膳食纤维, 既完全利用马铃薯渣、减少环境污染, 又提高了马铃薯淀粉企业的经济效益^[35]。

总之, 马铃薯渣廉价且来源广泛, 研发潜力大, 产品市场前景良好。利用马铃薯渣制备膳食纤维、提取果胶、生产高蛋白饲料和配合饲料、制作发酵培养基, 制备燃料酒精及生物质混合燃料, 经济又环保。以其制备新型吸附剂、粘结剂或饲料种曲、方便面料包可食性膜及有机化工产品等, 皆为有效利用马铃薯渣、有力保护环境。努力在马铃薯渣处理技术和经济效益间找到平衡点, 提高马铃薯渣综合利用率, 有效克服马铃薯渣再加工利用之毒素富集、二次污染、技术推广难等问题, 既能解决马铃薯淀粉生产废料处理, 使企业增效又环保, 又能降低饲养成本, 提高食用安全性, 促进养殖、畜牧业良好发展, 是马铃薯渣综合利用中应该重点思考与解决的问题。

[参 考 文 献]

- [1] Mayer F. Potato pulp: properties, physical modification and applications [J]. *Polymer Degradation and Stability*, 1998, 59: 231–235.
- [2] 任琼琼, 张宇昊. 马铃薯渣的综合利用研究 [J]. *食品与发酵技术*, 2011, 47(4): 10–12.
- [3] 王卓, 顾正彪, 洪雁. 马铃薯渣的开发与利用 [J]. *中国粮油学报*, 2007, 22(2): 133–136.
- [4] Mayer F, Hillebrandt J O. Potato pulp microbiological characterization, physical modification, and application of this agricultural waste product [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 1997, 48: 435–440.
- [5] 李勇. 碳水化合物加工技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 36–38.
- [6] 王宏勋, 吴疆鄂, 张晓昱. 发酵土豆渣制取膳食纤维的初步研究 [J]. *河南工业大学学报*, 2005, 26(2): 79–81.
- [7] 吕金顺, 杨声, 王小芳, 等. 马铃薯渣制膳食纤维的工艺研究 [J]. *中国马铃薯*, 2001, 15(6): 332–334.
- [8] 袁慧君, 赵萍, 巩慧玲. 微生物发酵对马铃薯渣膳食纤维得率及性质的影响 [J]. *兰州理工大学学报*, 2005, 31(5): 75–77.
- [9] 马春红, 马雄平, 延志莲. 陕北马铃薯渣中膳食纤维的提取 [J]. *延安大学学报: 自然科学版*, 2010, 29(2): 84–86.
- [10] 盖春慧, 林炜创, 钟振声. 粒度对马铃薯渣膳食纤维功能特性的影响 [J]. *现代食品科技*, 2009, 25(8): 896–899.
- [11] 何玉凤, 张侠, 张玲, 等. 马铃薯渣可溶性膳食纤维提取工艺及其性能研究 [J]. *食品与发酵工业*, 2010, 36(11): 189–193.
- [12] 丛凡华, 徐焕梅, 张先, 等. 马铃薯渣不同溶解性膳食纤维提取工艺条件的研究 [J]. *延边大学农学学报*, 2012, 34(3): 225–229.
- [13] 田三德, 仟红涛. 果胶生产技术工艺现状及发展前景 [J]. *食品科技*, 2003(1): 53–55.
- [14] 杨希娟, 党斌. 马铃薯渣中提取果胶的工艺优化及产品成分分析 [J]. *食品科学*, 2011, 32(4): 25–30.
- [15] 杨希娟, 孙小凤, 肖明, 等. 超声波辅助提取马铃薯渣中的果胶 [J]. *食品与发酵工业*, 2009, 35(11): 156–160.
- [16] 洪雁, 顾正彪. 不同提取工艺对马铃薯渣果胶性质的影响 [J]. *食品科学*, 2009, 30(24): 202–205.
- [17] 毛丽娟, 汪继亮, 马浩钰, 等. 马铃薯渣中果胶的提取工艺 [J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(2): 36–40.
- [18] 郑燕玉, 吴金福. 微波法从马铃薯渣中提取果胶工艺的研究 [J]. *泉州师范学院学报*, 2004, 22(4): 57–61.
- [19] 赵萍, 张珍. 马铃薯渣生料发酵饲料生产 [J]. *食品与发酵工业*, 2000, 27(3): 82–84.

- [20] 曾凡逵, 周添红, 刘刚. 马铃薯淀粉加工副产物-薯渣的综合利用[J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2014(12): 30-34.
- [21] 邵淑丽, 徐兴军, 邵会祥, 等. 马铃薯渣发酵蛋白饲料喂肉兔效果的研究[J]. 黑龙江大学学报, 2002, 19(3): 109-111.
- [22] 张凡华, 冯强. 发酵马铃薯淀粉渣饲喂肥肉羊效果[J]. 当代畜牧, 2008(6): 29-31.
- [23] 杨全福, 王首宇. 马铃薯半固态发酵生产单细胞蛋白饲料研究[J]. 饲料广角, 2005(15): 31-32.
- [24] 蔡维北, 姜海龙, 王鹏, 等. 酵母菌固态发酵马铃薯渣的研究[J]. 吉林畜牧兽医, 2014(10): 10-14.
- [25] 江成英, 吴耘红, 王拓一, 等. 利用马铃薯渣生产能量饲料菌种选择的研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(1): 201-202.
- [26] 刘利军, 杨玲. 马铃薯渣固态发酵产复合酶的条件研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(21): 47-49.
- [27] 刘陇生, 郭斌, 负建民, 等. 马铃薯渣熟料发酵生产SCP饲料关键工艺技术的研究[J]. 饲料工业, 2011, 32(17): 56-60.
- [28] 祝英, 王治业, 孙智敏, 等. 多菌发酵马铃薯渣生产蛋白质饲料的研究[J]. 中国饲料, 2009(9): 40-43.
- [29] 孙展英, 刘树栋, 安文亭, 等. 不同菌种固态发酵马铃薯渣对其营养价值影响研究[J]. 饲料研究, 2014(11): 12-15.
- [30] 王启为, 史秀红, 马志强, 等. 菜籽粕在马铃薯渣发酵生产蛋白饲料的研究[J]. 粮食与食品工业, 2010(11): 49-51.
- [31] 夏宇, 王运肖, 李建国, 等. 吸收剂和发酵液对马铃薯渣发酵品质的影响研究[J]. 2013, 34(9): 13-17.
- [32] 张微微, 张永根, 刘震, 等. 响应面法优化马铃薯渣固态发酵生产奶牛饲料的工艺条件研究[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(12): 113-118.
- [33] 曾凡逵, 周添红, 刘刚. 马铃薯淀粉加工副产物资源化利用研究进展[J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2013(11): 33-37.
- [34] 贾树彪, 李盛贤, 吴国峰. 新编酒精工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [35] 廖兴华, 夏延斌, 周传云, 等. 燃料酒精的发展现状和研究趋势[J]. 中国酿造, 2008(10): 20-23.
- [36] 苏槟楠, 王慕华, 萧晋川, 等. 马铃薯渣发酵酒精的研究[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(23): 230-233.
- [37] 王小芳, 吕金顺, 杨安仁. PDF对 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 的吸附机理及动力学研究[J]. 西南科技大学学报, 2003, 18(4): 51-54.
- [38] 吕金顺, 王小芳. 生理条件下PDF对 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} 的吸附研究[J]. 食品科学, 2004(4): 128-131.
- [39] 程力, 顾正彪, 王 鹏. 废弃马铃薯渣改性制备瓦楞纸板粘合剂研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(9): 2125-2130.
- [40] 吕金顺. 马铃薯渣制备纤维PAF对含阳离子红染料废水的处理研究[J]. 淮阴师范学院学报:自然科学版, 2005, 4(3): 220-223.
- [41] 江成英, 吴耘红, 王拓一. 利用马铃薯渣制备饲料种曲的工艺研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 270-271.
- [42] 李俊芳, 王国泽, 游新勇. 马铃薯渣制备方便面油料包可食性膜的研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 1044-1046.
- [43] 卞雪, 曹龙奎. 马铃薯渣制备可食性内包装膜技术研究[J]. 包装工程, 2010, 31(1): 47-50.
- [44] 杨德全, 王升文, 王俏. 马铃薯淀粉渣制取草酸的研究[J]. 延安大学学报: 自然科学版, 1998, 17(1): 34-37.
- [45] 王文侠, 李同声, 高万寿, 等. 用马铃薯废渣制取草酸的工艺研究[J]. 齐齐哈尔大学学报, 1998, 14(2): 27-30.
- [46] Lee E J, Kweon D K, Koh B K, *et al.* Physical characteristics of sweet potato pulp/polycaprolactone blends[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2004, 92: 861-866.
- [47] 江成英, 吴耘红, 王拓一. 固态发酵马铃薯渣生产饲料过程中龙葵素含量变化的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2010(12): 54-55.
- [48] 史静, 陈本建. 马铃薯渣的综合利用与研究进展[J]. 青海草业, 2013, 22(1): 42-44.

欢迎订阅《中国马铃薯》杂志

《中国马铃薯》杂志是由东北农业大学和中国作物学会马铃薯专业委员会主办的国内唯一的马铃薯专业领域科技期刊。它以繁荣我国马铃薯事业为办刊宗旨, 设有遗传育种、栽培生理、土壤肥料、病虫害防治、综述、简报、品种介绍等栏目。

本刊国内外公开发行, 双月刊, 大16开本, 每期定价12.00元, 全年72.00元, 哈尔滨市邮局发行, 全国各地邮局订阅, 邮发代号: 14-167。读者也可直接汇款至编辑部订阅。

本刊承揽广告业务, 欢迎各界广为利用。

通讯地址: 哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部 邮编: 150030 电话: 0451-55190003