

文章编号:2095-6002(2013)01-0064-06

引用格式:顾正彪,程力,洪雁,等.马铃薯淀粉生产过程中薯渣的有效利用技术.食品科学技术学报,2013,31(1):64-69.

GU Zheng-biao, CHENG Li, HONG Yan, et al. Effective Utilization Technology of Potato Pulp Produced from Potato Starch Industry. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(1): 64-69.

马铃薯淀粉生产过程中薯渣的有效利用技术

顾正彪, 程力, 洪雁, 李兆丰

(江南大学食品科学与技术国家重点实验室/食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要: 马铃薯淀粉是我国马铃薯加工最为重要的方向,其生产过程中产生了大量含水量高、容易腐败变质,但含有部分可利用成分、具有一定开发利用价值的副产物马铃薯渣。综述了当前马铃薯渣综合利用的主要方向和相关技术,分析了其中存在的问题,并重点介绍了将马铃薯渣作为整体进行高效、快速综合利用的加工转化技术。

关键词: 马铃薯渣; 整体利用; 加工转化

中图分类号: TS215

文献标志码: A

我国马铃薯资源丰富,其种植面积和产量均占到世界总量的20%以上,是世界马铃薯生产第一大国^[1]。据农业部统计,2010年我国马铃薯种植面积达507.75万hm²,总产量达7479.91万t,连续16年位居世界首位^[2]。

马铃薯加工业是随着我国农副产品加工业和食品工业发展而兴起的新兴行业,加工量和产值逐年递增。马铃薯淀粉加工则是我国马铃薯加工产业的重要组成部分,2010年产量达45万t,消耗马铃薯约300万t,产值约36亿元。

马铃薯渣是马铃薯淀粉生产过程中的主要副产物,每吨淀粉一般产生6.5~7.5t左右的废渣。随着马铃薯淀粉产业的迅速发展,副产物马铃薯渣的产量逐渐增大,薯渣的不易利用已成为制约马铃薯淀粉加工行业发展的瓶颈问题。

马铃薯渣的主要成分为水、细胞碎片和残余淀粉颗粒,并含有淀粉、纤维素、果胶、蛋白质等可利用成分,具有一定的开发利用价值^[3]。发展马铃薯废渣有效利用技术,实现马铃薯淀粉加工废弃物的快速、批量转化和产业化推广,符合《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中提出的“发展废弃物等资源化利用技术”的要求,有利于解决马铃薯淀粉加工废渣处理的难题,降低马铃薯淀粉

生产成本,促进马铃薯加工业的健康发展。

1 马铃薯渣的主要成分与性能

马铃薯鲜薯中的干物质含量平均约为25%,在进行淀粉生产的过程中,可以提取其中占鲜薯总质量17%左右的淀粉,剩余6%左右的渣滓(以干物质计)和2%左右的可溶性物质被排放^[4]。马铃薯渣主要含有水、细胞碎片、薯皮细胞或细胞结合物以及残余的淀粉颗粒物质,其主要成分包括淀粉、纤维素、半纤维素、果胶、蛋白质、游离氨基酸、脂肪和盐类等,其在干渣中的含量如表1。

表1 马铃薯渣干渣中各组分所占比例

Tab. 1 Components of conventional potato pulp %

成分	质量分数
水分	5~15
淀粉	30~50
纤维素	15~35
半纤维素	5~20
果胶	10~25
蛋白质	4~8
脂肪	0.4~1
灰分	1~5

收稿日期:2012-09-02

作者简介:顾正彪,男,教授,博士,江南大学科学技术研究院院长,主要从事淀粉资源开发利用方面的研究。

新鲜马铃薯渣的水分含量最高可达90%以上,呈现水渣紧密结合的浆状物料性质,且表现出典型胶体的理化特征。马铃薯渣中的水分存在于残余的薯皮细胞中,且与纤维和果胶都存在一定的结合作用,导致水分除去非常困难,干燥成本极高。同时,薯渣中含有多种微生物,易腐坏变质,不易储存和运输,加大了开发和再利用的难度。

2 传统马铃薯渣加工利用技术的发展现状

马铃薯渣含有淀粉、纤维素、果胶及少量蛋白质等可利用组分,具有一定的开发利用价值和潜力。目前,对马铃薯渣的加工利用主要包括作为底物发酵转化利用和提取有益组分2个方向。

2.1 发酵转化利用

2.1.1 发酵生产饲料

马铃薯渣含有淀粉、蛋白质、纤维素等组分,具有作为饲料应用的潜力,但其适口性差,粗纤维含量高,而蛋白质含量较低,无法直接作为饲料。利用马铃薯丰富的营养成分,作为微生物发酵的底物,通过微生物发酵提高蛋白质含量并改善其营养配比,可以将马铃薯渣转化为动物饲料,实现加工利用。

采用半固态、固态发酵马铃薯渣生产单细胞蛋白饲料,是马铃薯渣转化饲料较为常见的方法,它具有能耗低,方法简单,适合工业化生产的特点。刘雪莲等^[5]以黑曲霉、白地霉和热带假丝酵母为发酵菌种,采用固态发酵马铃薯渣制备菌体蛋白饲料,产物中粗蛋白含量达43.94%;赵萍等^[6]采用半固态法发酵薯渣,并通过多次正交优化设计实验,提高粗蛋白含量可达57.49%。

通过微生物发酵马铃薯渣虽然都能提高蛋白质含量,但是由于其自身蛋白质含量较低,粗纤维含量较高,且微生物发酵可利用的碳源较少,需要加入大量的其他营养源,显著增加了成本。同时由于发酵周期长等诸多问题,利用马铃薯渣生产蛋白饲料尚未得到大规模的应用。

2.1.2 发酵转化其他产品

将马铃薯渣通过微生物发酵,转化成新的高附加值发酵产品,是马铃薯渣再利用的另一个主要途径。国内外学者利用不同种类的微生物菌种发酵马铃薯渣,制备出燃料酒精、乳酸、草酸、柠檬酸、聚丁烯、果糖、维生素等发酵产品。国内有学者报道了通

过筛选合适菌种和改进培养基配方利用马铃薯渣发酵生产柠檬酸^[7],可产生较高的附加值;日本利用马铃薯渣代替部分粮食原料制备酱油和醋,可节约生产成本,是适合家庭作坊式生产的实用方法。在马铃薯渣发酵生产燃料酒精方面,国外已逐步开始产业化生产,目前已建成每年可将马铃薯渣转化为4万t燃料酒精的生产线。此外,马铃薯渣还可作为发酵生产纤维素酶的主要原料,Klingspohn等^[8]将果胶和淀粉从纤维素及半纤维素中分离出来,并接种里氏木霉生产纤维素酶。

2.2 提取有效组分

2.2.1 提取利用纤维素组分

马铃薯渣中具有较高纤维素含量,薯渣膳食纤维维持水力、膨胀力较高,有良好的生理活性,是一种廉价的膳食纤维来源。

薯渣膳食纤维的提取工艺方法主要包括酒精沉淀法、酸碱法、挤压法、酶法等。吕金顺等^[9]采用淀粉酶处理薯渣,并通过酸解、碱解、干燥、粉碎等步骤制备了性能优良的薯渣膳食纤维。Anne等^[10]利用纤维素酶处理薯渣并优化了膳食纤维提取的最佳工艺,确定了该纤维素的分子大小和分子组成。王卓等^[11]采用酸处理、中温 α -淀粉酶处理和耐高温 α -淀粉酶处理3种工艺条件分别制得了马铃薯膳食纤维产品,通过比较实验表明马铃薯膳食纤维的阳离子交换能力优于市售燕麦纤维,且酸处理所制得的膳食纤维综合性能最好。目前,从马铃薯渣中提取或制备膳食纤维的技术路线比较复杂,产品得率较低,成本较高,且生产过程中易对环境造成二次污染。

在薯渣纤维素提取利用方面,国外已把马铃薯渣作为一种重要的、廉价的膳食纤维资源,并不仅仅停留于纤维素提取领域,而是探索了将马铃薯渣处理直接添加到食品中作为脂肪替代物和纤维素添加剂,用于生产休闲糕点、饼干,适用于糖尿病、肥胖症、心脑血管疾病、肠癌及其他营养失调的病人。

2.2.2 提取利用果胶组分

马铃薯渣中具有一定的果胶含量,约占干基的10%~25%,是一种潜在的果胶来源。一般均采用条件较为温和的提取方法从薯渣中提取果胶,尽量保证其结构完整性。郑燕玉等^[12]在微波条件下,用稀硫酸溶液萃取、硫酸铝沉淀提取果胶。Turquois等^[13]在不同条件下提取果胶,并对其凝胶性能进行了比较和分析。万建华等^[14]以马铃薯渣为原料,分别采用水法、酸法和酸法+微波提取,饱和硫酸铝

沉析的方法制备果胶,优化后的产品得率分别为14.8%、17.7%和17.9%;对所提取的果胶进行分离纯化后分析了其主要组成,并添加到酸奶中取得了较好的应用效果。目前,不同工艺提取的马铃薯渣果胶的凝胶强度都相对偏低,且较为复杂的提取工艺和较低的得率也限制了马铃薯渣果胶提取利用技术的发展和利用。

3 传统马铃薯渣加工利用技术存在的问题

3.1 加工利用技术实施周期长,马铃薯渣易腐败变质

马铃薯渣含水量极高(90%以上),不能作为固体培养基直接利用,必须将含水量调到65%~70%左右,但由于果胶的存在提高了黏度,淀粉、纤维素的存在增加了持水力,无法采用传统的过滤、离心等方法脱水,也无法通过气流干燥、真空干燥等常见干燥设备快速烘干,显著增加了烘干的成本。同时,由于薯渣营养丰富,极利于微生物生长,易腐败变质,若采用生料发酵染菌的概率很大,发酵条件难以控制。提取利用马铃薯渣中纤维素、果胶等有益组分的方法,制备工艺较为复杂,且无法实现快速、连续化的消纳薯渣,极易导致马铃薯渣变质并影响后续处理流程的进行。马铃薯淀粉加工具有明显的季节性,薯渣的产生也相对集中,日产量巨大,若采用发酵和提取等处理量有限、转化周期较长、非连续性的处理方法,势必会导致马铃薯渣大量堆积而变质。

3.2 加工利用技术转化率偏低,未实现对薯渣整体的高效利用

马铃薯渣组分十分复杂,含有包括淀粉、纤维素、半纤维素、果胶、游离氨基酸、寡肽、多肽等多种化学成分。但是,上述组分相对于湿基来说含量均较低(<5%),且所占比例受生产批次、地域影响较大,对于马铃薯渣中单一组分高效提取利用的难度较高,导致马铃薯渣中提取或制备有益物质的技术路线复杂,产品得率低,实现规模化加工困难,缺乏实用及推广价值,且提取利用完所剩的副产物也面临着处理的难题。此外,由于马铃薯渣的淀粉、蛋白质组分含量较低、粗纤维含量较高、营养物质缺乏,在薯渣发酵转化利用的过程中单纯依靠薯渣残留淀粉根本无法提供发酵过程中菌体生长所需的营养物质,还需要加入大量的碳源、氮源等组分满足微生物生长对培养基的要求,导致其产品造价较高、得率

较低,难以实现工业化生产。

3.3 加工利用技术综合效益不高,市场化推广难度大

无论是利用马铃薯渣生产发酵产品,还是从中提取有益物质,面临的主要问题就是马铃薯渣的营养价值较低,所开发的饲料、乙醇、氨基酸、果胶、膳食纤维等产品在性能上不具备优势,成本上却远高于常规的生产方法,转化产品的效益差,市场化推广难度较大。同时,现有的薯渣加工方式工艺流程较为复杂,发酵和提取利用的处理方式均无法实现快速、连续大批量处理薯渣,也没有实现对马铃薯渣全部组分的有效利用,无法满足马铃薯淀粉加工企业对于成本低廉、处理高效的薯渣综合利用技术的实际需求。

4 新型马铃薯渣整体高效利用技术发展现状

4.1 利用薯渣制备具有较好增重效果和功能特性的饲料

马铃薯渣中含有淀粉、纤维素、果胶、氨基酸等多种有益营养成分,具有应用于动物饲料的潜力,但若直接作为饲料则营养价值低、口感差,若烘干制成干饲料则成本过高。

曲娜(本课题研究组)^[15]采用耐高温型 α -淀粉酶对马铃薯渣进行一定程度的酶解,经调整和优化与玉米粉、蛋白胨、鱼粉等其他饲料组分的混合比例,可根据实际需要制成液体饲料或颗粒饲料,并通过动物实验获得良好的增重效果。对薯渣进行整体利用制备动物饲料的工艺流程如图1。

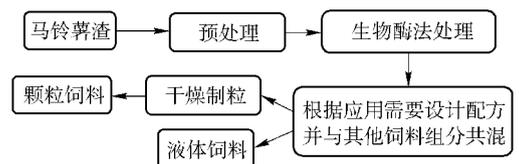


图1 利用薯渣制备动物饲料的工艺流程

Fig. 1 Process diagram of animal feed made from potato pulp

该研究通过对马铃薯渣进行适度酶解,产生部分小分子糖使适口性有所改善,并使马铃薯渣中的可溶性膳食纤维等组分暴露出来。马铃薯渣经酶解后持水率、持油率、膨胀率、阳离子交换能力、纤维素转化率、小分子糖含量、淀粉水解率、乳化性和乳化稳定性等均有所提高。将酶解后的马铃薯渣添加到大鼠饲料中取代部分麸皮,以马铃薯渣原浆和未添

加薯渣的饲料作对照,考察马铃薯渣对大鼠生长性能和肠道菌群的影响的研究表明:添加酶解马铃薯渣饲料喂养的大鼠(酶解组)增重效果明显高于未添加薯渣的饲料(对照组)和添加马铃薯渣原浆喂

养的大鼠(原浆组)(见表2);酶解组回肠、盲肠、结肠内容物及相应黏膜上乳酸杆菌数量显著高于对照组和原浆组(见表3);酶解组饲料的润肠效果较好,大鼠粪便含水量较高。

表2 酶解改性马铃薯渣饲料动物实验结果对照

Tab.2 Effects of animal feed made from enzymatic hydrolyzed potato pulp on growth performance of rats

组别	动物数/头	头均始质量/g	头均未质量/g	总增质量/g	平均日增质量/g
对照组	8	48.09 ± 2.87	217.21 ± 10.04	169.12 ± 10.09	6.04 ± 0.36
原浆组	8	48.07 ± 4.03	216.24 ± 8.63	168.16 ± 6.38	6.01 ± 0.23
酶解组	8	48.47 ± 4.12	226.26 ± 12.69	177.79 ± 10.33	6.35 ± 0.37

表3 酶解改性马铃薯渣饲料对大鼠回肠、盲肠、结肠内乳酸杆菌的影响

Tab.3 Population of lactoacillus in ileum, cecum and colon of rats with different samples

组别	乳酸菌			大肠杆菌		
	回肠	盲肠	结肠	回肠	盲肠	结肠
对照组	9.35 ± 0.22 ^a	9.95 ± 0.10 ^B	9.77 ± 0.08 ^B	5.49 ± 0.65 ^a	5.96 ± 0.11 ^b	6.14 ± 0.29 ^b
原浆组	8.94 ± 0.20 ^b	9.11 ± 0.08 ^B	9.28 ± 0.09 ^B	5.96 ± 0.36 ^b	6.26 ± 0.12 ^b	6.33 ± 0.15 ^b
酶解组	9.71 ± 0.21 ^c	10.14 ± 0.27 ^A	10.08 ± 0.20 ^A	4.90 ± 0.26 ^c	5.90 ± 0.26 ^a	5.58 ± 0.46 ^a

注:相同数列标注不同的小写字母表示差异显著($p < 0.05$),标注不同的大写字母表示差异极显著($p < 0.01$),无字母或标有相同字母表示差异不显著。

该处理方式采用较为常见、易于实现的生物酶法方式处理马铃薯渣,并通过将薯渣与其他饲料组分共混,显著提高了固形物含量,大大降低了烘干难度并提高了干燥效率,具有较高的处理速度和极高的综合利用效率,所制备的动物饲料成本与普通饲料成本基本一致,具有大规模推广和应用的潜力。

4.2 利用薯渣制备高膳食纤维含量的食品增稠剂

马铃薯渣组分中含有的淀粉、果胶等组分均为理想的增稠剂,但是由于马铃薯细胞碎片、纤维素等组分的包裹作用,黏度较低,且纤维素等组分以较大

的颗粒形态存在,影响了体系的均匀性及流动性,也导致了粗糙的口感。

陈菊红(本课题研究组)^[16]通过胶体磨对马铃薯渣进行超微粉碎处理,使马铃薯渣细胞壁结构得到了降解,薯渣纤维亲水性增强,薯渣颗粒比表面积较大,纤维之间的空间网络结构趋于松散,体系的黏稠度、均匀性有显著改善,且具有较好的应用性能和功能特性(见表4),并通过辊筒干燥得到了一种富含膳食纤维、具有一定黏度、均匀性较好的增稠剂产品,制备高膳食纤维薯渣食品增稠剂的工艺路线如图2。

表4 改性前后马铃薯渣膳食纤维主要性能对比

Tab.4 Comparison of functional performances between treated potato pulp and control

性能	膨胀力/ (mL·g ⁻¹)	持水力/ (g·g ⁻¹)	黏度/ (mPa·s)	胆酸钠吸附能力/ (mg·g ⁻¹)	持油力/ (g·g ⁻¹)	阳离子交换能力/ (mmol·kg ⁻¹)	胰脂酶活力 抑制力/%	α-淀粉酶活力 抑制力/%
对照	3.8	4.6	2	9.53	4.53	414	48.1	15.8
改性后	7.7	8.3	283.5	13.44	7.26	512	67.2	28.6

改性后的马铃薯渣添加到曲奇制备过程中的应用实验表明:改性薯渣可延长曲奇的贮存期,能抑制曲奇风味的散失、延缓曲奇硬度的上升和抑制曲奇中油脂的氧化作用;在改性薯渣添加量为10%时饼

干的品质与对照品相差较小,且随着贮存时间的延长,添加改性薯渣的曲奇总体呈现出较对照品更好的感官品质。

该薯渣处理应用方式通过采用易于在工业化大

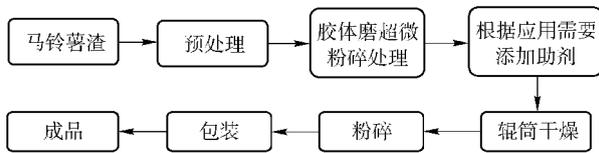


图2 高膳食纤维薯渣食品增稠剂制备的工艺流程

Fig.2 Process diagram of dietary fiber made from potato pulp

生产中实现的胶体磨超微粉碎和辊筒干燥的物理改性处理方式,生产高膳食纤维的增稠剂,实现了对马铃薯渣的整体高效利用,且可以实现连续化的生产。

4.3 利用薯渣制备瓦楞纸板用黏合剂

马铃薯渣干物质中淀粉组分的含量在40%左右,且果胶等组分也具有一定的黏接性能,但由于纤维素等不溶性大颗粒组分的存在,体系均匀性及流动性较差,且初黏力较低。

程力(本课题研究组)等^[17]通过优化胶体磨超微粉碎处理以及高压蒸汽处理的工艺条件及组合方式,充分破坏马铃薯渣中的大颗粒组分,显著降低粒径大小,提高了体系均匀程度和流动性。在此基础上,借鉴瓦楞纸板用淀粉胶黏剂的制备工艺,并根据马铃薯渣的特有性质作出调整和优化,制备了一种可应用于瓦楞纸板黏接的胶黏剂,制备工艺流程如图3。

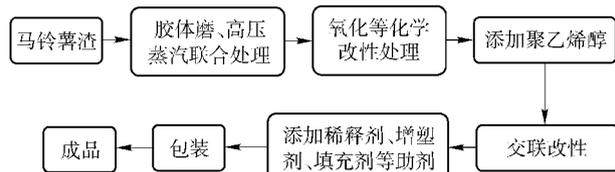


图3 马铃薯渣改性制备瓦楞纸板黏合剂的工艺流程

Fig.3 Process diagram of corrugated paper adhesive made from potato pulp

所制得胶黏剂产品与传统的淀粉黏合剂和泡花碱的性能进行对比,结果表明(见表5),马铃薯渣黏合剂应用于瓦楞纸板生产的效果与目前广泛使用的淀粉黏合剂基本一致,且明显优于泡花碱的黏接效果。

该马铃薯渣瓦楞纸板用胶黏剂的制备方法转化率高(接近100%),工艺流程对设备的要求低,且无二次污染物产生,处理成本约400元/t。通过对马铃薯渣的改性处理,将难于处理的污染物马铃薯渣转化为瓦楞纸板工业上用量较大的黏合剂,既解决了困扰马铃薯淀粉加工企业的薯渣污染难题,又增加了企业效益,具有一定的指导和推广价值。

表5 薯渣黏合剂与淀粉黏合剂及泡花碱的性能对比
Tab.5 Comparison of main performances between adhesive made from potato pulp, starch based adhesive and sodium silicate

指标	薯渣黏合剂	淀粉黏合剂	泡花碱
外观	浅黄色半透明	乳白色	浅灰色
固含量/%	11.2	13.2	44.7
初黏力/%	92.0	92.5	60.6
黏度(涂-4杯)/(mPa·s)	60~70	45~55	-
耐水性实验/s	32 min 14 s	15 min 17 s	-
黏合强度/(N·(楞·m) ⁻¹)	376	416	202

上述3种处理方法均应用在工业大生产中易于实现的物理、化学及生物酶解等方法处理马铃薯渣,对薯渣中所含的淀粉、纤维素、果胶等主要组分进行整体有效利用,生产出饲料、增稠剂、胶黏剂等产品,可实现对马铃薯渣的快速、大批量处理,是马铃薯渣处理最具发展潜力的方向之一。

5 结论

我国马铃薯产量长期位居世界首位,马铃薯淀粉作为最重要的马铃薯深加工产品有着广阔的市场前景,“十二五”末期马铃薯淀粉年产量将达100万t,同时将产生超过600万t的马铃薯渣废弃物,急需快速、规模化的高效综合利用技术消化处理。

传统的发酵转化、提取有益物质等薯渣综合利用的研究大部分只是停留在研发或小试阶段,成功实现工业化生产的技术很少,我国淀粉加工企业马铃薯渣的处理方式仍主要停留在堆积晾晒后作为低价饲料出售的初级阶段。寻找既能解决马铃薯淀粉生产企业废料处理问题,提高企业的环保水平,又能增加企业的经济效益,并与我国马铃薯淀粉加工发展现状相匹配的马铃薯渣高效整体利用技术,是我国马铃薯淀粉加工业健康发展的必然需求。

将马铃薯废渣作为整体通过物理、化学以及生物等改性手段,对其富含的多种有益组分加以充分利用,并遵循“就近处理、简单易行、规模消纳、整体利用”的原则,根据马铃薯淀粉加工企业所在地实际情况发展功能性饲料、高膳食纤维增稠剂、瓦楞纸板黏合剂等产品,实现马铃薯淀粉加工废弃物的快速、规模化消纳,可以有效解决我国马铃薯淀粉加工行业薯渣处理的难题。

参考文献:

- [1] 柳俊. 我国马铃薯产业技术研究现状及展望 [J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(5):13-18.
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. 马铃薯加工业“十二五”发展规划 [EB/OL]. (2012-01-19) [2012-09-09] <http://www.gov.cn>.
- [3] 盖春慧, 林炜创, 钟振声. 黏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.
- [4] 陈志成. 薯类精深加工利用技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 4.
- [5] 刘雪莲, 杨希娟, 孙小凤, 等. 固态发酵马铃薯渣生产菌体蛋白饲料的研究 [J]. 中国酿造, 2009, 203(2): 115-117.
- [6] 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.
- [7] 杨庆文, 孙文敬, 谢红, 等. 利用马铃薯渣和黑淀粉发酵柠檬酸的菌种选育 [J]. 山西农业科学, 2004, 32(4): 57-59.
- [8] Klingspohn U, Papsupuleti P V, Schiigerl X. Production of enzymes from potato pulp using batch operation of a bioreactor [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 1993, 58(1):19-25.
- [9] 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.
- [10] Anne M, Birgitte D, Helle L. Enzymatic solubilization of a pectinaceous dietary fiber fraction from potato pulp: optimization of the fiber extraction process [J]. Biochemical Engineering Journal, 2009, 43(1): 106-112.
- [11] 王卓, 顾正彪, 洪雁. 不同工艺条件制备的马铃薯膳食纤维的物化性能比较 [J]. 食品科学, 2007, 28(8): 236-240.
- [12] 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: 自然科学版, 2004, 22(4): 57-61.
- [13] Turquoise T, Rinaudo M, Taravel F R, et al. Extraction of highly gelling pectic Substances from sugar beet pulp and potato pulp influence of extrinsic parameters on their gelling properties [J]. Food Hydrocolloids, 1999(13): 255-262.
- [14] 万建华. 马铃薯渣果胶的提取及其性质的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [15] 曲娜. 酶解马铃薯渣理化性能研究及作为饲料组分的应用 [D]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [16] 陈菊红. 湿法超微粉碎对马铃薯渣的改性及其功能特性和应用研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [17] 程力, 顾正彪, 王鹏, 等. 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, 9(4): 2125-2130.

Effective Utilization Technology of Potato Pulp Produced from Potato Starch Industry

GU Zheng-biao, CHENG Li, HONG Yan, LI Zhao-feng

(State Key Laboratory of Food Science and Technology/School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Potato starch industry, one of the most important direction of potato processing, can produce potato pulps of high moisture which are easily perishable but contain some useful components. Primary means and related technologies of comprehensive utilization of potato pulps were introduced in this paper with an emphasis on high efficient utilization of potato pulps as a whole.

Key words: potato pulp; utilization as a whole; deep processing