

可食性果蔬纸的研究进展

王新伟, 孙秀秀, 贺连斌, 马中苏

(吉林大学生物与农业工程学院, 长春 130025)

摘 要:果蔬纸是果蔬深加工产品的一种,可以直接食用,也可以作为食品包装材料,是近年食品行业研究的一大热点。综述了果蔬纸的研究现状,包括原料使用现状、工艺研究现状和性能研究现状,展望了果蔬纸的应用及发展前景,对目前果蔬纸在研究和应用中存在的一些问题进行了分析,并提出了解决问题的建议。

关键词:可食性包装;果蔬纸;现状;应用;前景

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2010.03.06

中图分类号:TS255 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-0864(2010)03-0034-05

Research Progress on Edible Fruit-vegetable Film

WANG Xin-wei, SUN Xiu-xiu, HE Lian-bin, MA Zhong-su

(School of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract: Fruit-vegetable film is a processed fruit and vegetable products, which can be directly consumed and used as packaging material. Recently, it has caused increased interest by researchers of food industry. This paper expounds the present status of research on edible fruit-vegetable film, including raw material usage, processing technology and property study. It also views the application and development prospects of fruit-vegetable film, analyzes the problems existing in current research and application, and puts forward several suggestions for solving these problems.

Key words: edible packaging; fruit-vegetable film; present status; application; prospect

水果和蔬菜含有丰富的维生素、矿物质、有机酸和膳食纤维等营养成分,是人类膳食中不可缺少的食物。将果蔬加工成果蔬纸,一方面可以解决果蔬在收获旺季由于未及时贮存、加工及其本身的易腐性而造成的浪费^[1],另一方面可促进果蔬深加工产品的发展,提高果蔬的附加值。果蔬纸可以直接食用,也可以作为包装材料延长食品的货架期,保证食品品质。果蔬纸的研制对果蔬的综合利用和可食性包装的发展具有重要的意义,近年来已经成为食品行业研究的一大热点。

果蔬纸的生产工艺一般为^[2~4]:原料—清洗—漂烫—冷却—护色处理—打浆—添加助剂—均质、细化—脱气—成型—干燥—成品。

本文将综述果蔬纸的研究现状,分别对果蔬纸原料使用现状、工艺研究现状和性能研究现状

三个方面展开论述,并对果蔬纸的应用及发展前景进行展望,对目前果蔬纸在研究和应用中存在的一些问题进行总结分析,并提出自己的建议。

1 果蔬纸研究现状

1.1 果蔬纸的原料使用

1.1.1 果蔬纸的主料 主料是指成纸的主要基材。日本研究者主要采用一些食品废弃物,如豆腐渣、残茶、蔬菜、酒粕、米糠等作为主料研发蔬菜纸^[2];McHugh等研制出了以苹果、梨、杏、桃子和香蕉等水果为主料的水果纸(fruit films)以及以椰菜和番茄等蔬菜为主料的蔬菜纸(vegetable films)^[3~8];国内现已研究出以芹菜^[9]、胡萝卜^[10~12]、菠菜^[13]、蕨菜^[14]、大白菜^[15]和紫背天

收稿日期:2010-01-03;修回日期:2010-01-18

基金项目:国家863计划项目(2008AA10Z308);吉林省科技发展计划资助项目(20060717)资助。

作者简介:王新伟,博士研究生,主要从事可食性膜和可食性果蔬纸的研究。E-mail:wxw07@mails.jlu.edu.cn。通讯作者:马中苏,教授,主要从事农产品保藏与微环境调控的研究。E-mail:zsm@jlu.edu.cn

葵^[16]等蔬菜为主料的蔬菜纸。

1.1.2 果蔬纸的辅料 辅料主要包括增稠剂和增塑剂^[2,3]。

果蔬含水量高,膳食纤维和维生素较多,而胶体物质较少,在不添加增稠剂的情况下果蔬浆料很难成型。因此,为得到良好的成型效果要加入一些增稠剂,但添加量须适宜。合适的增稠剂及其添加量可使制成的果蔬纸具有较好的强度和韧度。目前所用的增稠剂主要有羧甲基纤维素钠(CMC)^[12]、海藻酸钠^[4,6]、明胶^[12]、淀粉^[12]和果胶^[8]等。Sothornvit等^[8]以香蕉粉为原料,添加果胶,大大提高了其拉伸强度。张素华等^[17]以胡萝卜、药芹、荸荠为原料,研究添加不同种类的增稠剂对果蔬纸性能的影响,研究表明,CMC为较理想的增稠剂。黄漫青等^[16]以野菜紫背天葵为主要原料,以黄原胶和海藻酸钠为增稠剂,研究表明,使用不同的增稠剂,其添加量也不同。李应彪等^[18]研究得出,选用单一的增稠剂效果均不佳,且增稠剂用量较多,若选用复合性增稠剂,所得产品较好,用量减少。宫元娟等^[19]研究得出制备蔬菜纸时,增稠剂的最佳配方是由海藻酸钠、羧甲基纤维素钠和琼脂3种增稠剂以1:2:1的比例复合而成,总用量为3%(W/W)。王新伟^[12]以胡萝卜为原料,添加CMC、玉米淀粉和明胶为增稠剂制备可食性纸包装材料,研究得出增稠剂最佳的添加浓度分别为:CMC 0.3%(W/W),玉米淀粉3%(W/W),明胶0.25%(W/W)。McHugh等^[5]制作苹果纸时以2%(W/W)海藻酸钠或者3%(W/W)果胶作为增稠剂。

增塑剂可以降低弹性模量和断裂拉伸强度;提高延伸性和断裂伸长率;降低玻璃化转变温度;改进对各种基料的粘合;改善封口性等^[6],因此,为了改善果蔬纸的各种性能,需添加合适的增塑剂。食品行业中常用的增塑剂为山梨醇和甘油。Sothornvit等^[8]研究香蕉纸时,对比了不同浓度的甘油为增塑剂时香蕉纸的性能,研究发现,添加30%(W/W)时,香蕉纸的氧气透过率随香蕉粉的增加而显著增加;添加50%(W/W)甘油时,香蕉纸的氧气透过率随香蕉粉的增加而变化不明显。McHugh等^[5]制作苹果纸时以植物油作为增塑剂。王新伟^[12]研究得出不加甘油时胡萝卜纸不能成型,随着甘油浓度的增加,抗张强度和伸长率

先增加之后又降低,甘油最佳添加浓度为3%(W/W)。

1.2 果蔬纸工艺研究现状

1.2.1 漂烫护色工艺 果蔬中含有多种色素,大部分的色素在加工时容易引起果蔬的变色,因此需要进行护色处理。对于不同的果蔬,又有不同的漂烫护色处理方法。张佰清^[13]研究得出,单纯漂烫法(85~100℃)和金属离子法都有一定的护色作用,而二者结合护色的效果更好。Pan等^[20]通过对比试验发现,远红外热烫是最适合于蔬菜的漂烫方法。杨铭铎等^[21]研究了胡萝卜和油菜通电加热漂烫的最佳工艺条件。殷立红等^[22]分析了工艺条件对Vc及叶绿素的影响,指出以黄瓜为原料时,去皮漂烫处理制得的黄瓜纸效果较好;而以芹菜叶为原料时,尽量在芹菜叶达到软化最短时间内取出,以便最大程度上减少Vc的损失。李方等^[23]优化了蔬菜纸的护色工艺,研究得出,蔬菜纸最佳护色工艺为AD菜心在pH 7.5~8.0的复水液中复水7 min后置于200 mg/L乙酸锌溶液中冷浸5 min。Rojas-Grau等^[24]在研究苹果纸时,添加0.5%(W/W)抗坏血酸和0.5%(W/W)柠檬酸作为护色剂。Sothornvit等^[8]研究香蕉纸时用0.01%(W/W)的氯化钠溶液作为护色剂。

1.2.2 成型工艺 果蔬纸的成型工艺是制约其品质的重要因素。目前制作果蔬纸的成型方式主要有流延成型^[12]、滚筒成型^[25]和碾压成型^[25]等。流延成型是一种传统的成型方法,最早用于造纸、塑料和油漆工业。后来被用于可食膜的成型,是实验室研究普遍使用的一种简单成型方法。碾压成型最早是从紫菜加工上移植过来的,是一种传统的加工手段,其特点是成品外观平整、感官质量好。该方法是先成型再干燥,导致干燥过程时间较长而使营养成分损失,且不易实现连续化规模生产。在国外,碾压成型被广泛应用于研制各种果蔬纸,铸造和挤出成型等方法也被用来研制成了不加任何添加剂的果蔬纸^[3~7]。滚筒成型是借鉴了食品干燥技术中的滚筒干燥技术而形成的,是将原料果蔬打成浆料,经均质后把浆料送至滚筒的涂布上,使料浆随着滚筒旋转压成片状,同时经滚筒干燥后脱水得到成品。这种方法干燥与成型同步,成型效率高,外观质量好,干燥时间短,因此果蔬营养损失较小,并且采用这种方式可以

通过控制滚筒转速和加热速率来适应不同物料的加工。滚筒干燥成型方法是目前比较先进的成型方法,非常适合工业化生产。蔬菜纸形食品滚筒干燥成型的原理、特点、过程、机理,以及影响纸形食品成型的工艺参数和结构参数等方面的研究为蔬菜纸的规模生产提供了理论基础^[26~28]。

1.2.3 干燥方式 果蔬纸干燥方式主要有:烘箱干燥、微波干燥、自然干燥及组合的联合干燥等。干燥温度和干燥时间对果蔬纸的品质影响较大。干燥温度高,时间短,会造成水分外扩散远远超过内扩散,使成品表面形成干硬膜,甚至出现表面焦化和干裂,成品感官质量不好;干燥温度低,时间长,则易引起微生物的侵入,导致成品在保存过程中发生变质。不同原材料的果蔬纸,可以采用不同的干燥方式。制备蕨菜纸时,在 60℃ 干燥 70 min 后再于 80℃ 干燥 15 min,加工出的蕨菜纸品质较好^[14]。制备苹果纸和番茄纸时,采用自然干燥的方式^[3,5],所得成品的性能较好。制备胡萝卜纸时采用 65℃ 烘箱干燥,所得的胡萝卜纸品质较好^[12]。郑洁等^[29]认为指出在所有的干燥方式中,使用微波干燥,蔬菜纸成型效果最好,加工时间最短。

1.3 性能研究现状

1.3.1 物理机械性能 McHugh 等^[3]研究了苹果纸和桃子纸等水果的透气性和透湿性,研究结果表明,水果纸具有很好的阻氧性,但阻湿性比一般可食膜的差。Sothornvit 等^[8]研究了香蕉纸的机械性能和阻氧性能,结果表明,香蕉纸的拉伸强度稍低于一般的可食膜,但其伸长率与一般可食膜的伸长率相当,香蕉纸透氧率低,是很好的阻氧性包装材料。王新伟^[12]发现胡萝卜纸的拉伸强度和伸长率均略低于一般的可食膜。

1.3.2 抗菌性 Rojas-Grau 等^[6]研究了添加 0.1%~0.5% (W/W) 精油或者精油的混合物悬浮液的藻酸盐苹果纸对食源性病菌埃希氏大肠杆菌 (*Escherichia coli*) O157:H7 的抗菌性。研究结果表明:香芹酚对埃希氏大肠杆菌 O157:H7 菌株具有较强的抗菌性能,精油的抗菌性强弱顺序为:香芹酚 > 牛至油 > 柠檬醛 > 柠檬香草油 > 肉桂醛 > 肉桂油。Du 等^[7]研究了通过连续或分批两种不同的布料方式下制得的苹果纸的对 O157:H7 的抗性。结果表明,添加 1.0% (W/W) 香芹酚时,连续布料制得的苹果纸的抗菌性能较好。后

来, Du 等^[30,31]又分别研究了肉桂油、多香果油和丁香芽油及多香果油、大蒜油和牛至油对苹果纸抗大肠杆菌 O157:H7、肠沙门氏菌、单核增生性李斯特菌抗性的影响。结果表明,前 3 种精油对试验中 3 种致病菌的抗菌性强弱顺序为:肉桂油 > 丁香芽油 > 多香果油;后三种精油对试验中 3 种致病菌的抗菌性强弱顺序为:牛至油 > 多香果油 > 大蒜油。

1.4 其他方面的研究

果蔬中含有大量的果蔬纤维,这些果蔬纤维对果蔬纸的性能也有重要的影响^[8],因此有必要对其进行研究。王新伟^[12]分析了胡萝卜纤维的组成及特点,得到胡萝卜纤维的平均长度、平均宽度和长宽比。刘欣^[32]分析了大白菜的纤维形态和生物学结构特点,并确定了提取纤维素的最佳工艺条件。王拓一^[33]研究了不同因素对白菜纤维碱法提取的影响,分析了柠檬酸浓度、柠檬酸浸润时间、柠檬酸浸润温度、烘焙温度和烘焙时间对改性白菜纤维保水值和可及度的影响,同时分析了以改性白菜纤维为基材的蔬菜纸的机械性能。姜燕^[34,35]对大白菜纤维的形态结构进行了分析,并将其与大豆分离蛋白复合制备可食性包装膜,对复合膜结构和性能进行研究。研究了大白菜纤维的化学成分、表面形态、基本形态参数以及聚集态结构;分析纤维经超声波预处理后,其表面形态、长宽度以及结晶度的变化对复合膜拉伸强度和断裂伸长率的影响;分析了纤维质量分数以及环境条件对复合膜吸湿性、强度、氧气透过系数以及水蒸气透过系数的影响,并通过扫描电子显微镜 (SEM)、X-射线衍射 (X-ray)、差示扫描量热法 (DSC) 以及傅立叶红外光谱 (FT-IR) 研究大豆分离蛋白与大白菜纤维的相互作用机理。屈庆彦^[36]从纤维形态、纤维组分和纤维微观结构等角度研究了西瓜皮纤维,结合物理改性和化学改性的方法,引入微波辅助技术制备出具有高可及度和柔韧性能的琥珀酸酯化交联改性西瓜皮纤维,并将其添加到玉米淀粉膜液。上述研究结果为研究果蔬纸的性能奠定了基础。

2 果蔬纸的应用

由于果蔬纸机械性能和阻湿性还有待提高,目前果蔬纸主要用作方便休闲食品、保健食品和

可食性包装。

2.1 直接食用的方便休闲食品和功能食品

果蔬纸含有丰富的维生素、矿物质和膳食纤维,可以直接食用,也可以软化后食用^[25],非常适于老人和儿童。而且,果蔬纸体积小,重量轻,对旅游者、登山运动员等长期室外活动者来说,携带十分方便。另外,可以根据原料果蔬的成分及其功能,研制具有保健功能的果蔬纸,如为肥胖症者提供减肥纸,为糖尿病人提供无糖的果蔬纸,为预防各种文明病提供高膳食纤维纸等。

2.2 可食性包装

由于果蔬纸具有较好的阻氧性能,可将其用作防止食品氧化的包装。McHugh 等^[5]用苹果纸包装鲜切苹果片,大大降低了鲜切苹果片的水分损失和颜色变化速度,延长了鲜切苹果片的保质期。果蔬纸还可用作盒装食品的个体包装和某些食品的贴体包装,既能减少环境污染,又能加强食品美感。

3 展望

虽然果蔬纸的研究和应用已经取得了一些成果,但仍存在一些问题亟待解决,并且这些问题将有可能成为未来的研究方向。

3.1 果蔬纸产品种类研究

国内现有的种类有芹菜纸、菠菜纸、胡萝卜纸、蕨菜纸、大白菜纸和紫背天葵纸等蔬菜纸,水果纸及其他种类的果蔬纸尚未见报道;国外现有的种类有苹果纸、梨纸、杏纸、桃子纸、香蕉纸和番茄纸等果蔬纸,种类也比较少。更多的有较高营养价值的水果和蔬菜还没被开发出果蔬纸。

为了丰富果蔬纸的种类和适应人们不同消费口味的需要,今后应研发以更多种类的水果和蔬菜为原料的果蔬纸;而且,对于现有的果蔬纸,在提高其性能的基础上,如果通过添加功能因子等技术手段,使果蔬纸具有其他的特殊性能,也将会增加果蔬纸的种类。

3.2 果蔬纸性能有待于深入的研究

由于果蔬纸的机械性能和阻水性能还不理想,抗菌性的研究也处于初始阶段,而这些性能将影响果蔬纸作为包装材料的应用,在一定程度上限制了果蔬纸种类的开发。另外,作为可食性的

果蔬纸,其感官品质尚需深入的研究。

借助于 SEM、X-ray、DSC 及 FT-IR 等材料学研究的先进方法和技术研究果蔬纸的微观结构和工程性质等,探讨果蔬纤维组织结构、增稠剂、增塑剂等果蔬纸组分,以及工艺条件对所成果蔬纸微观结构及工程性质的影响规律,将纳米技术、添加具有特殊功能的聚合物、对聚合物进行改性和交联的方法引入果蔬纸研究过程;从大分子内和分子间相互作用的角度,分析果蔬纤维与聚合物分子间链段相互作用的关系,构建一个共混研究体系模型,探讨其化学及链结构对其在果蔬纸中分散性的影响,以及由此产生的对果蔬纸性能的改善,以期为提高果蔬纸的各项性能奠定基础。深入研究果蔬纸的抗菌性,通过合理的方式、方法添加适宜的抗菌剂等技术手段使果蔬纸具有较好的抗菌性,以利于果蔬纸的储存和应用。研究果蔬纸的感官品质,包括口感、味道和颜色等,使蔬菜纸在感官上获得消费者的认可。

3.3 果蔬纸的规模化生产

目前,果蔬纸的配方和工艺还未形成标准和规范,不利于果蔬纸实现规模化。

果蔬纸的研究逐渐成熟,今后的研究会转向为规模化生产服务。需进一步研究标准和规范的果蔬纸生产配方和工艺,并研制出相配套的设备。另外,应该制定相应的国家标准和行业标准,并建立 ISO 管理体系和 HACCP 管理体系,使果蔬纸的生产科学化,标准化,规范化,从而为实现规模化生产果蔬纸提供条件。

3.4 果蔬纸营养成分的研究

果蔬在加工过程中,会造成一定的营养损失,特别是加热过程^[37]。而且,在储存过程中果蔬纸中的营养成分也可能会有流失。因此,需要进行加工过程和储存过程中的营养成分研究。

可采用食品成分分析的方法分析果蔬纸中的各种营养成分及其含量^[38],并将其与新鲜果蔬原料中的营养成分进行对比,分析两者之间营养成分的不同及变化,并找出营养成分变化的原因和解决的办法,以期在最大程度上保存原料果蔬的营养成分;另外,还需研究果蔬纸在储存过程中营养成分的变化,特别是一些易挥发、易受环境条件影响的营养成分,并研究有效的预防方法以防止这些成分的损失。

果蔬纸作为一种营养、绿色、风味独特、携带方便的果蔬制品,其生产减少了果蔬在生产、流通、消费中的浪费,并能为果蔬深加工拓宽途径。果蔬纸还可广泛用于食品包装行业,减少环境的污染,是今后食品工业研究的一大热点。果蔬纸作为新型的绿色健康食品和环境友好的包装材料,在当今倡导绿色食品、环保包装的潮流下,具有广阔的发展前景。

参 考 文 献

- [1] 朱宏莉,杨彬彬,张秀齐,等. 果蔬保鲜加工现状及发展浅析[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 596-600.
- [2] 刘思扬. 利用食用废弃物生产食用纸的技术开发[J]. 国外包装技术, 1990, 3: 73-75.
- [3] McHugh T H, Huxsol C C, Krochta J M. Permeability properties of fruit puree edible films[J]. J. Food Sci., 1996, 61(1): 88-91.
- [4] Mancini F, McHugh T H. Fruit-alginate interactions in novel restructured products[J]. Nahrung-Food, 2000, 44(3): 152-157.
- [5] McHugh T H, Senesi E. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples[J]. J. Food Sci., 2000, 65(3): 480-485.
- [6] Rojas-Grau M A, Avena-Bustillos R J, Olsen C, et al. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films[J]. J. Food Engineer., 2007, 81(3): 634-641.
- [7] Du W X, Olsen C W, Avena-Bustillos R T, et al. Storage stability and antibacterial activity against *Escherichia coli* O157: H7 of carvacrol in edible apple films made by two different casting methods[J]. J. Agri. Food Chem., 2008, 56(9): 3082-3088.
- [8] Sothornvit R, Pitak N. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films[J]. Food Res. Inter., 2007, 40(3): 365-370.
- [9] 李晓文,盛灿梅. 芹菜纸形食品的研制[J]. 食品科学, 1999, 5: 68-69.
- [10] 汪学荣, 阚建全, 陈宗道. 可食用性胡萝卜纸的研制[J]. 食品与发酵工业, 2003, 3: 15-17.
- [11] 李青, 段翰英, 刘焕良, 等. 增稠剂对胡萝卜纸成型口感的初步研究[J]. 现代食品科技, 2006, 2: 189-190.
- [12] 王新伟. 胡萝卜基可食性纸包装材料的研究[D]. 长春: 吉林大学, 硕士学位论文, 2007.
- [13] 张佰清. 菠菜蔬菜纸加工护色方法的试验研究[A]. 见: 农业机械化与全面建设小康社会——中国农业机械学会成立40周年庆典暨学术年会[C], 2003.
- [14] 刘月英, 周志平, 关中波. 纸型蔬菜加工工艺的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(23): 7264-7265.
- [15] 张占霞. 白菜基可食性包装材料的研究[D]. 长春: 吉林大学, 硕士学位论文, 2007.
- [16] 黄漫青, 陈湘宁, 丁坤. 紫背天葵蔬菜纸加工工艺[J]. 保鲜与加工, 2004, 4(5): 21-22.
- [17] 张素华, 时爱华, 葛庆丰, 等. 蔬菜纸加工技术参数的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(7): 87-92.
- [18] 李应彪, 徐小琳, 唐凤仙. 蔬菜纸的研制[J]. 粮油加工与食品机械, 2001, 5: 33-34.
- [19] 宫元娟, 李艳玲, 刘婷, 等. 胡萝卜纸生产工艺及配方研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 6: 95-97.
- [20] Pan Z, Olson A, Ameratang A K, et al. Feasibility of using infrared heating for blanching and dehydration of fruits and vegetables[A]. In: 2005 ASAE Annual International Meeting[C]. Florida, 2005-7-20.
- [21] 杨铭铎, 陈霞, 李钢. 胡萝卜、油菜的通电加热烫漂研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(8): 56-58.
- [22] 殷立红, 姚晓敏. 蔬菜纸加工的研究[J]. 食品科技, 2000, 15(6): 20-23.
- [23] 李方, 张慧. 以热风干燥菜心为原料的蔬菜纸护色工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(4): 6-10.
- [24] Rojas-Grau M A, Avena-Bustillos R J, Friedman M, et al. Mechanical, barrier, and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils[J]. J. Agric. Food Chem., 2006, 54(24): 9262-9267.
- [25] 闵玉涛, 宋彦显. 蔬菜纸的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4): 1779-1782.
- [26] 张玲玲. 蔬菜纸形食品滚筒干燥成形参数的研究[D]. 河南洛阳: 洛阳工学院, 硕士学位论文, 1999.
- [27] 张玲玲, 杨纪成, 白崇仁. 蔬菜纸形食品滚筒成型的参数优化[J]. 包装与食品机械, 2004, 16(6): 1-4.
- [28] 章军. 纸形蔬菜滚筒干燥成形设备的研究[J]. 轻工机械, 2002, 4: 25-27.
- [29] 郑洁, 欧仕益, 李爱军, 等. 蔬菜纸制备技术的研究[J]. 保鲜与加工, 2006, 26(2): 44-46.
- [30] Du W X, Olsen C W, Avena-Bustillos R J, et al. Effects of allspice, cinnamon, and clove bud essential oils in edible apple films on physical properties and antimicrobial activities[J]. J. Food Sci., 2009, 74(7): M372-M378.
- [31] Du W X, Olsen C W, Avena-Bustillos R J, et al. Antibacterial effects of allspice, garlic, and oregano essential oils in tomato films determined by overlay and vapor-phase methods[J]. J. Food Sci., 2009, 74(7): M390-M397.
- [32] 刘欣. 大白菜纤维形态及其成纸性能的研究[D]. 长春: 吉林大学, 硕士学位论文, 2007.
- [33] 王拓一. 改性白菜纤维蔬菜纸的研究[D]. 长春: 吉林大学, 硕士学位论文, 2007.
- [34] 姜燕. 大白菜纤维的形态及其与大豆分离蛋白复合可食膜的研究[D]. 长春: 吉林大学, 博士学位论文, 2008.
- [35] 姜燕, 刘欣, 孟娟, 等. 超声波处理对大白菜纤维性能的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(11): 89-91.
- [36] 屈庆彦. 西瓜皮纤维及其与玉米淀粉复合可食膜的研究[D]. 长春: 吉林大学, 硕士学位论文, 2008.
- [37] 赵冰. 蔬菜品质学概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 49-51.
- [38] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997, 306-312.