

桃渣可溶性膳食纤维组成及生理活性*

刘 凌, 孙 慧

(中国食品发酵工业研究院, 北京, 100027)

摘 要 研究了以桃渣为原料采用水提法制备的可溶性膳食纤维和以水提后剩余滤渣为原料采用加酶辅助法制备的可溶性膳食纤维的生理活性, 并对 2 种可溶性膳食纤维的组成进行了分析。结果显示: 2 种可溶性膳食纤维均能有效吸附胆固醇和胆酸钠, 并对长双歧杆菌的增殖具有明显的促进作用。水提法制备的可溶性膳食纤维的组成主要包括果胶、半纤维素和葡聚糖。加酶辅助法制备的可溶性膳食纤维仅含有葡聚糖。

关键词 可溶性膳食纤维, 胆固醇, 胆酸钠, 长双歧杆菌

近年来, 人们的饮食日趋精细, 因营养过剩和营养失调而产生的肥胖症、糖尿病、心脑血管病、肠道癌、便秘等疾病严重影响人类的健康。大量研究表明^[1-5], 膳食纤维的摄入量不足与这些疾病的发病有很大关系。

膳食纤维根据溶解性分为可溶性膳食纤维(soluble dietary fiber 以下简称 SDF)和不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber 以下简称 IDF)两大类。SDF 的主要功能是降低血清胆固醇, 调节餐后血糖, 改善肠道微生物菌群, 从而降低心血管疾病、糖尿病、肠道疾病的发病率; IDF 具有一定的持水力和溶胀性, 能够稀释结肠内容物, 增加排便量, 从而治疗便秘, 预防结肠癌^[6]。

桃汁是一种深受人们喜爱的果汁产品, 但在桃汁加工中分离出来的、主要组成为膳食纤维的桃渣却一直被作为加工废弃物处置。

笔者以桃汁生产线排出的湿桃渣为原料, 采用热水浸提的方法(以下简称水提)一次提取制备 SDF, 再以一次提取滤渣为原料通过加酶辅助提取的方法(以下简称酶提)二次提取制备 SDF^[7]。本文对比研究了 2 次制得的 SDF 对胆固醇、胆酸钠的吸附能力及对人体常见有益菌长双歧杆菌增殖的促进作用, 为果渣制备膳食纤维进而开发功能性产品奠定基础。

1 材料与仪器

1.1 原 料

水提桃渣 SDF(纯度 57.87%), 酶提桃渣 SDF

(纯度 80.81%), 长双歧杆菌(中国工业微生物菌种保藏管理中心), 新鲜鸡蛋。

1.2 主要试剂

胆固醇、胆酸钠、大豆蛋白胨、胰蛋白胨、酵母粉、半胱氨酸盐酸盐均为生化试剂, 硫酸铁铵、无水氯化钙、磷酸二氢钾、硫酸镁、氯化钠、碳酸氢钠、葡萄糖、邻苯二甲醛、无水乙醇、冰醋酸、浓硫酸、磷酸、糠醛均为分析纯, 标准葡聚糖 T10, T40, T70, T110、蓝葡聚糖 2000 均为对照品。

1.3 主要仪器

LC-6AD 高校液相色谱仪: 日本岛津公司; UV7500; 紫外可见分光光度计: 上海天美科学仪器有限公司; 电热恒温水浴锅: 天津市泰斯特仪器有限公司; 电子天平: 北京赛多科天平有限公司; 高速离心机: 上海安亭科学仪器厂; pH5-25 型酸度计: 上海精密科学仪器有限公司; 手提式灭菌器: 上海申安医疗器械厂; 厌氧培养袋: 三菱瓦斯化学株式会社; 聚丙烯葡聚糖凝胶 S-200: 北京拜尔迪生物公司。

2 实验方法

2.1 桃渣 SDF 成分、分子质量分布及分解后单糖组成分析

2.1.1 桃渣 SDF 成分检测

SDF 含量的测定采用美国职业分析化学家学会制定的 AOAC994.13 法^[8]。水分、灰分、蛋白质含量测定采用国标法^[9]; 果胶含量测定采用咔唑比色法^[10]。

2.1.2 桃渣 SDF 分解后单糖组成分析

分别称取 0.5 g 水提 SDF 和酶提 SDF, 加 5 mL 浓度为 2 mol/L 的 H_2SO_4 , 充 N_2 后封管在 100℃ 下水解 10 h, 用 $Ba(OH)_2$ 调 pH 为 7, 过滤后用高效液

第一作者: 博士, 教授级高级工程师。

* 科技部科研院所技术开发研究专项(NCSTE-2007-JKZX-006)国家科技支撑计划项目(2006BAD27B09)

收稿日期: 2008-06-20, 改回日期: 2008-09-04

相色谱法进行分析检测。检测条件为:

仪器:日本岛津 LC-6AD,色谱柱:氨基柱,检测器:FID,柱温:室温,流速:1 mL/min。

2.1.3 桃渣 SDF 分子质量分布检测

SDF 分子质量分布采用凝胶色谱法检测。层析柱为 Sephacryl S-200(1.6 cm×70 cm),洗脱液为 0.2 mol/L 的 NaCl 溶液,流速 0.7 mL/min。将标准葡聚糖 T10, T40, T70, T110 以及蓝葡聚糖 2 000 分别上柱洗脱,通过检测洗脱液中糖含量确定洗脱峰体积,蓝葡聚糖 2 000 的洗脱峰记为 V_0 ,各标准糖洗脱峰记为 V_e ,以分子量的对数值为纵坐标,以 V_e/V_0 为横坐标,绘制标准曲线: $y=0.0109x-0.0331$ 。将样品上柱,然后根据洗脱峰体积计算分子质量。

2.2 桃渣 SDF 生理活性测定

2.2.1 桃渣 SDF 对胆固醇吸附作用的测定方法^[11]

胆固醇含量的测定采用分光光度法^[12]。分别对水提和酶提 2 种 SDF 在模拟胃和肠道 pH 条件下的胆固醇吸附能力进行了检测。以胆固醇标准品得到的标准曲线为: $y=0.0024x+0.0246$, x 为溶液中胆固醇的含量, y 为吸光度值, $R=0.9985$ 。SDF 对胆固醇的吸附量按下式计算:

SDF 对胆固醇吸附量=(吸附前蛋黄液中胆固醇量-吸附后上清液中胆固醇量)/SDF 重量

2.2.2 桃渣 SDF 对胆酸钠吸附作用的测定方法^[11]

胆酸钠测定采用糠醛比色法^[13]。检测了 37℃ 下水提、酶提 2 种 SDF 分别经 1、2、3、4、5、6h 后对胆酸钠的吸附量。以胆酸钠标准品得到的标准曲线为: $y=0.2123x+0.0065$, x 为溶液中胆酸钠的浓度, y 为吸光度值, $R=0.9991$ 。SDF 对胆酸钠的吸附量按下式计算:

SDF 对胆酸钠的吸附量=(空白液中胆酸钠量-吸附后上清液中胆酸钠量)/SDF 质量

2.2.3 桃渣 SDF 对长双歧杆菌增殖影响的研究

2.2.3.1 长双歧杆菌培养基配制

长双歧杆菌培养基,100 mL 培养基成分组成如下:

0.5 g 大豆蛋白胨、0.5 g 胰蛋白胨、1.0 g 酵母粉、1.0 g 葡萄糖、4 mL 无机盐溶液、0.05 g 半胱氨酸盐酸盐。

培养基在接种前煮沸驱氧后接种于厌氧袋中培养。

2.2.3.2 双歧杆菌增殖的测定方法

细菌菌数的测定方法有计数法、平皿法、稀释法、比浊法等,本文采用比浊法^[14]测定双歧杆菌增殖的情况。在波长 620 nm 处测得长双歧杆菌培养液的吸光度 A 值。

2.2.3.3 两种 SDF 对长双歧杆菌增殖影响的比较方法

按 5g/L 的添加量向长双歧杆菌基础培养液中分别添加水提、酶提 SDF,以此为试验组,以基础培养液为对照组,将各培养液分别装入 $\phi 18$ mm×180 mm 的试管中,10 mL/支装量,121℃ 灭菌 15 min 后接种长双歧杆菌菌种 1 mL,37℃ 下同步厌氧培养 6、12、18、24、30 h,然后分别取长双歧杆菌培养液在 620 nm 处测定其吸光度 A 值。

2.2.3.4 桃渣 SDF 初始浓度对长双歧杆菌增殖影响的测定方法

分别配制水提、酶提 SDF 初始浓度为 2.5、5.0 和 10 g/L 的 A、B、C 三组长双歧杆菌培养液,灭菌、接种后同步培养 6、12、18、24、30 h,然后分别测定长双歧杆菌培养液在 620 nm 的吸光度 A 值。

3 实验结果与讨论

3.1 桃渣 SDF 各组分含量、分解后单糖组成及分子量分布

表 1 水提、酶提桃渣 SDF 各组分含量 %

样品	SDF	果胶	水分	蛋白质	灰分
水提 SDF	57.87	23.7%	14.82	2.58	10.65
酶提 SDF	80.81	—	10.73	2.89	5.32

由表 1 看出,酶辅助法提取的样品中 SDF 的含量比水提法提取的高,原因是水提法在提取 SDF 的同时也将色素、蛋白质等部分可溶性杂质同时提出,致使 SDF 纯度较低,而酶辅助提取是以水提后的滤

渣为原料进行的,因此杂质较少,纯度较高。

表 2 水提、酶提桃渣 SDF 分解后主要单糖组成及比例 %

	鼠李糖	木糖	阿拉伯糖	葡萄糖
水提 SDF	3.08	7.27	8.56	77.65
酶提 SDF	—	—	—	84.06

由表 2 可见,水提 SDF 的组成主要包括鼠李糖、木糖、阿拉伯糖和葡萄糖,酶提 SDF 的单糖组成只有葡萄糖。由于鼠李糖、阿拉伯糖是组成果胶的主要单糖,木糖和阿拉伯糖是组成半纤维素的主要单糖,葡萄

糖是组成葡聚糖的主要单糖,因此初步推断水提 SDF 的主要成分为果胶、半纤维素和葡聚糖,并且葡聚糖含量居多;酶提 SDF 主要成分为葡聚糖,这与酶提 SDF 是纤维素酶水解纤维素的产物的事实是相符的。

表 3 两种桃渣 SDF 分子质量分布情况

样品	分子量分布/%				
	3 000~10 000 u	10 000~30 000 u	30 000~50 000 u	5 000~80 000 u	≥80 000 u
水提 SDF	82	10.4	—	—	7.5
酶提 SDF	45	34	17	3	—

SDF 根据分子量分为低聚 SDF(120~620u)、中聚 SDF(1 800~16 000 u)、多聚 SDF(16 000~160 000 u)。由表 3 可以看出,本实验制备的水提 SDF 主要为中聚糖 SDF,酶提 SDF 为中聚糖 SDF 和多聚糖 SDF 的混合物。

3.2 桃渣 SDF 生理活性分析结果

3.2.1 桃渣 SDF 对胆固醇的吸附作用

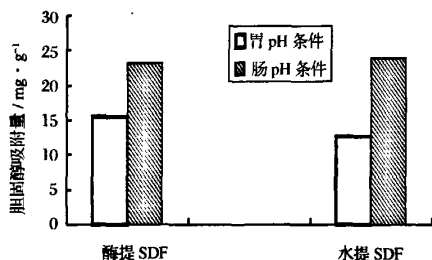


图 1 水提、酶提 SDF 胆固醇吸附能力

由图 1 可以看出酶提 SDF 与水提 SDF 对胆固醇的吸附能力相当,吸附效果显著;在中性条件下水提、酶提 SDF 吸附胆固醇的量分别为 23.96 mg/g、23.27 mg/g,明显高于酸性条件下的 12.61 mg/g、15.46 mg/g,说明体系的酸碱性和对两种 SDF 吸附胆固醇的能力有较大影响,中性条件下的吸附量比酸性条件下的高即在模拟肠道条件下的吸附能力优于模拟胃条件下的。原因可能是酸性条件下存在大量的氢离子,使得 SDF 与胆固醇均携带部分正电荷,因此两者之间存在一定的斥力而结合力减弱,致使 SDF 对胆固醇的吸附能力有所降低。

3.2.2 桃渣 SDF 对胆酸钠的吸附作用

由图 2 可以看出,水提、酶提 SDF 对胆酸钠均具有显著的吸附性能,在 0~3h 内吸附量迅速增加,3h 后增加缓慢,吸附接近饱和,酶提 SDF 对胆酸钠的吸附能力约为 32.63 mg/g,水提 SDF 的吸附能力高达 186.06 mg/g,水提 SDF 对胆酸钠的吸附能力明显

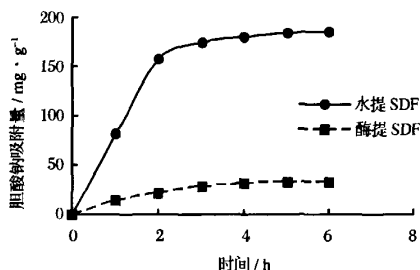


图 2 水提、酶提 SDF 对胆酸钠吸附量随时间变化图

强于酶提 SDF。原因可能是与酶提 SDF 相比水提 SDF 中果胶含量较高,而果胶分子中具有高度的分支区域易于形成网状结构,与纤维素的链状结构相比不仅吸附面积大,而且与胆酸钠的结合更牢固。

3.2.3 桃渣 SDF 对双歧杆菌增殖的影响结果

3.2.3.1 两种 SDF 对双歧杆菌增殖影响的比较

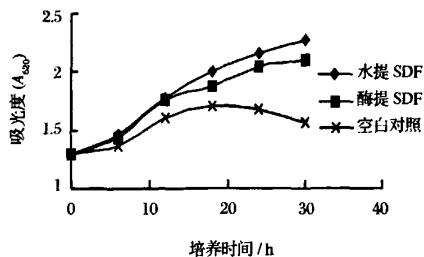


图 3 SDF 对双歧杆菌增殖影响的比较

由图 3 可以看出水提、酶提 SDF 对长双歧杆菌增殖均有显著的促进作用,两者比较可以看出,在相同的条件下,水提 SDF 使长双歧杆菌增殖的程度和速率高于酶提 SDF。

3.2.3.2 两种 SDF 初始浓度对长双歧杆菌增殖的影响

图 4 显示,0~12 h 内,各浓度条件下长双歧杆菌均增长迅速,差别不明显,此时 SDF 浓度还未成为增长速率的主要制约因素,12h 之后 SDF 浓度在 5

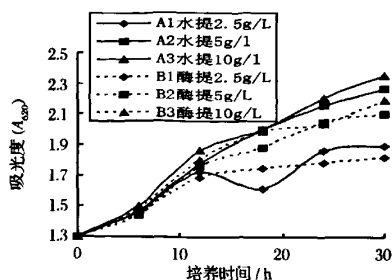


图4 SDF初始浓度对双歧杆菌增殖的影响

g/L 以上的 A2、A3、B2、B3 组中长双歧杆菌仍保持较高的增长速率, SDF 浓度较低的 A1、B1 中出现增长速率明显降低的状况。初步分析原因为: 当 SDF 初始浓度较大时, 碳源丰富使菌体增长期延长, 反之当 SDF 初始浓度低, 碳源过早被耗尽, 因此较早进入衰亡期。

图4 还显示, 虽然 A3、B3 组 SDF 初始浓度为 A2、B2 的二倍, 但 A3 与 A2 相比、B3 与 B2 相比长双歧杆菌增殖状况相差不大。因此可以得出在 2.5~5 g/L 的范围内增加底物 SDF 的浓度可以明显促进长双歧杆菌增殖, 但当其初始浓度超过 5g/L 后浓度提高对增殖效果的影响趋于平缓。

另外, 在图示各浓度条件下, 用实线表示的水提 SDF 使双歧杆菌的增殖程度整体略优于用虚线表示的酶提 SDF。由表 1、表 3 的检测结果可知两种 SDF 的区别主要是分子量分布以及果胶含量不同, 与酶提 SDF 相比水提 SDF 平均分子量较低, 果胶含量较高, 由此得出水提 SDF 使长双歧杆菌增殖效果较好的原因可能是长双歧杆菌更易于利用分子量小、果胶含量高的 SDF。

4 结 论

桃渣 SDF 对胆固醇及胆酸钠具有良好的吸附性

Study on Composition and Biological Activity of SDF from Peach Pomace

Liu Ling, Sun Hui

(China National Research Institute of Food and Fermentation Industries, Beijing 100027, China)

ABSTRACT In this essay biological activity and composition of soluble dietary fiber (SDF) was studied. The SDF was prepared from peach pomace by two ways, one was water-extracted and another one was that the remains of water-extracted were treated by the enzyme solution. The results showed that both of the SDF could adsorb cholesterol and sodium cholate effectively, as well as promote the proliferation of *Bifidobacterium longum* obviously. SDF prepared by water-extracted was mainly composed of pectin, hemicellulose and dextran. SDF prepared by enzyme-treated contained dextran only.

Key words soluble dietary fiber, cholesterol, sodium cholate, *Bifidobacterium longum*

能, 并对长双歧杆菌的增殖具有明显的促进作用, 尤其是利用工艺简单的一次水提法制备的 SDF 各种功能都更加显著。可以初步判定桃渣 SDF 在改善肠道健康、降低血清胆固醇、控制餐后血糖等方面具有显著功效。

参 考 文 献

- 1 谢碧霞等. 膳食纤维[M]. 北京: 科学出版社, 2006
- 2 何锦凤, 郝利民. 论膳食纤维[J]. 食品与发酵工业, 1997, 23(5): 63~68
- 3 Hiroshi Ishida, Hiroko Suzuno, et al. Uutritive evaluaton on chemical components of leaves, stalks and stems of seet potatose(Ipomoeapoir). Food Chemistry 2000(68): 359~367
- 4 Suzuki N. Antioxidative activity of animal and vegetable dietary fibers[J]. BioFactors, 2004, (21): 329~333
- 5 Maria Leontowica, Shela Gorinstein, et al. Sugar beet pulp and apple pomace dietary fibers improve lipid metabolism in rats fed cholesterol[J]. Food Chemistry. 2001, (72): 73~78
- 6 刘成梅等. 膳食纤维生理功能与应用现状. 食品研究与开发, 2006, 27(1): 122~125
- 7 孙 慧, 刘 凌. 优化纤维素酶水解桃渣制备可溶性膳食纤维工艺条件的研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(11): 60~64
- 8 Lee S C, Prosky L, De Vries J W. Determination of total, soluble, and insoluble dietary fibre in foods-enzymatic-gravimetric methods, MES-TRIR buffer collaborative study[J]. AOAC Int, 1992, 75: 395~416
- 9 杨惠芬等. 食品卫生理化检验标准手册. 北京: 中国标准出版社, 1996
- 10 罗 平. 饮料分析与检验[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1992
- 11 陈亚非, 赵谋明. 水溶性与水不溶性膳食纤维对油脂、胆固醇和胆酸钠吸附作用的研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(3): 58~60
- 12 中华人民共和国国家标准. 食品中胆固醇的测定方法[S]. GB/T152065-1994
- 13 罗纪盛. 生物化学[J]. 上海: 华东师范大学出版社, 1997. 305~306
- 14 诸葛健等. 工业微生物实验技术手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997