

微生物发酵法制取葡萄皮渣膳食纤维的工艺优化

令 博¹, 田云波¹, 吴洪斌², 明 建^{1,3,*}

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.新疆农垦科学院农产品加工研究所, 新疆 石河子 832000;

3.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

摘 要: 以酿酒葡萄皮渣为原料, 采用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌混合菌为发酵菌种, 以发酵温度、发酵时间、接种量及料液比对水溶性膳食纤维(SDF)得率的影响为考察指标, 通过单因素试验和均匀试验优化微生物发酵法制取葡萄皮渣膳食纤维的工艺。结果显示: 发酵法制取葡萄皮渣膳食纤维的最佳工艺条件为: 发酵温度 40℃、发酵时间 21h、接种量 1%、料液比 1:10, 在此条件下得到 SDF 产率为 $(17.25 \pm 0.23)\%$, 所制葡萄皮渣膳食纤维的膨胀力、持水力和持油力分别为 3.38mL/g、4.32g/g 和 1.87g/g, 与原料相比膳食纤维的纯度和理化性质均得到一定提高。微生物发酵法制备膳食纤维的同时能有效提高其品质指标, 是一种较好的高品质膳食纤维制备方法。

关键词: 葡萄皮渣; 膳食纤维; 发酵法

Optimization of Microbial Fermentation of Grape Pomace for Dietary Fiber Preparation

LING Bo¹, TIAN Yun-bo¹, WU Hong-bin², MING Jian^{1,3,*}

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Institute of Agro-food Science and Technology,

Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation, Shihezi 832000, China;

3. Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

Abstract: Wine grape pomace was fermented with both *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* to prepare soluble dietary fiber (SDF). Four fermentation conditions affecting SDF yield including temperature, time, inoculum size and material-to-liquid ratio were optimized by one-factor-at-a-time and uniform design methods. The optimal fermentation conditions were determined as 40 °C, 21 h, 1% and 1:10. Under these conditions, the SDF yield was $(17.25 \pm 0.23)\%$. The swelling capacity, water holding capacity and oil holding capacity of the prepared SDF were 3.38 mL/g, 4.32 g/g and 1.87 g/g respectively. Compared with the raw material, the purity and physico-chemical properties of the SDF were improved. In conclusion, microbial fermentation is a good method to prepare high-quality SDF.

Key words: grape pomace; dietary fiber; fermentation

中图分类号: R972.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)15-0178-05

葡萄是仅次于柑橘的世界第二大水果, 葡萄皮渣 (grape pomace, GP) 即葡萄经酿酒后产生的残渣, 主要由葡萄皮和葡萄籽组成, 约占其总加工质量的 20%。长期以来, GP 被用于生产饲料、肥料或者做填埋处理, 利用率很低, 给生态环境也造成了一定破坏^[1]。研究发现, 葡萄皮渣中酚类物质 (poly-phenolic compounds, PP) 含量可达 285~550mg/kg, 总膳食纤维 (total dietary

fiber, TDF) 含量可达干物质的 70% 以上^[12], 因此, Saura-Calixto 等^[13]认为葡萄皮渣是一种极具开发价值的抗氧化膳食纤维 (antioxidant dietary fiber, ADF) 资源。

膳食纤维 (dietary fiber, DF) 通常是指能抗人体小肠的消化吸收而能在大肠被部分或全部发酵的可食用植物性成分 (纤维素、半纤维素、木质素等)、碳水化合物及其类似物质的总称^[14]。目前生产 DF 的原料通常来源于

收稿日期: 2011-09-05

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100805-2); 新疆生产建设兵团工业科技攻关项目(2009GG39);

新疆生产建设兵团博士资金项目(2009JC12)

作者简介: 令博(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品化学与营养学。E-mail: 61b61b@163.com

* 通信作者: 明建(1972—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品化学与营养学。E-mail: mingjian1972@163.com

食品加工过程中的下脚料和废弃物,它们含有大量的水分、灰分、脂肪、淀粉和蛋白质等杂质,且对溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)含量较低,因此在制备 DF 时首先需通过一定手段去除杂质提高 DF 的纯度,其次要增加膳食纤维中对人体健康发挥重要作用的 SDF 的含量改善其生理活性^[5]。微生物发酵法是利用微生物液体发酵产酶,酶具有一定生物降解和转化作用的原理,使原料中的蛋白质、淀粉和脂肪等杂质分解,并使大分子分解成可溶性小分子,提高水溶性膳食纤维的含量。目前的研究多以食品发酵生产的传统菌种进行,其中以酸奶生产菌种保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌最为普遍,它们不仅对膳食纤维基料中的淀粉、蛋白质等杂质具有较强的分解能力,而且安全性较高,因此发酵法是一种相对安全、高效、低成本的高品质膳食纤维制备和改良方法^[6]。本实验采用上述两种菌种对葡萄皮渣进行混菌发酵,以期获得具有较高纯度和品质的膳食纤维产品,为酿酒葡萄皮渣的综合利用提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 材料、菌种与试剂

酿酒葡萄皮渣:葡萄品种为赤霞珠,由新疆中基西域葡萄酒公司提供。

葡萄皮渣经水洗除杂后烘干,粉碎过 60 目筛并收集筛下物。以无水乙醚浸泡上述粉体除去脂肪,最后用 80% 乙醇溶液洗涤残醚后烘干即为葡萄皮渣原料,密封贮存于阴凉干燥处备用。

保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)和嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)以 1:1 混合的菌种,购自哈尔滨美华生物技术股份有限公司。

脱脂乳粉 内蒙古蒙牛实业集团股份有限公司;白砂糖为食用级;其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

DHP-9082 型电热恒温培养箱 上海齐欣科学仪器有限公司;TGL-16G 型离心机 上海安亭科学仪器厂;JA2003 型电子天平 上海精天电子仪器有限公司;HH-6 型数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司;SYQ-DSX-280A 型手提式不锈钢压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂;SW-CJ-1F 型超净工作台 苏州净化设备有限公司。

1.3 方 法

1.3.1 发酵剂的制备^[7-8]

由于牛乳和脱脂牛乳是保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的最佳培养基,因此当菌种要以葡萄皮渣为培养基前,需将葡萄皮渣原料逐步加入脱脂乳以驯化菌种使其

适应葡萄皮渣培养基,具体方法如下:

菌种→100mL 10g/100mL 的脱脂乳中 37℃ 活化 2 次→50mL 10g/100mL 的脱脂乳+50mL 葡萄皮渣汁(蒸馏水:葡萄皮渣原料=50:1, V/m)混合液 37℃ 培养至凝乳 2 次→10mL 10g/100mL 的脱脂乳+90mL 葡萄皮渣汁(水:葡萄皮渣=50:1, V/m)37℃ 培养至凝乳→发酵剂(以上菌种驯化过程需控制灭菌条件为 105℃, 15min, 并于超净工作台中接种)。

1.3.2 发酵法制备 DF

1.3.2.1 DF 的制备方法

准确称取 10.00g 葡萄皮渣于锥形瓶中,按一定料液比加入蒸馏水,然后加入皮渣质量 2% 的脱脂乳粉和 1% 的白砂糖,混合均匀后灭菌。冷却至室温后接入一定量的发酵剂,一定温度条件下发酵一定时间,发酵结束后抽滤,滤渣洗至中性后干燥即为水不溶性膳食纤维(insoluble dietary fiber, IDF),向滤液中加入 4 倍体积 95% 的乙醇沉析后收集滤渣干燥即为 SDF,合并上述滤渣即为 TDF。以 SDF 的产率为衡量指标优化 DF 的制备工艺条件。

$$\text{SDF 产率}/\% = \frac{\text{SDF 的质量}}{\text{葡萄皮渣的质量}} \times 100 \quad (1)$$

1.3.2.2 DF 发酵工艺条件的单因素试验

准确称取葡萄皮渣原料 10.00g 于 250mL 锥形瓶中,分别以发酵过程中的温度、时间、接种量和料液比 4 个因素作单因素试验,考察各因素对水溶性膳食纤维 SDF 产率的影响(质量为干物质质量)。

设定 pH 值为 7.0、发酵时间为 24h、接种量为 1%、料液比 1:10,分别选取 36、40、44、48℃ 为不同的发酵温度进行实验,发酵结束后计算 SDF 的产率。

设定 pH 值为 7.0、发酵温度 40℃、接种量为 1%、料液比 1:10,分别选取 16、20、24、28h 为不同的发酵时间进行实验,发酵结束后计算 SDF 的产率。

设定 pH 值为 7.0、发酵温度 40℃、发酵时间 20h、料液比 1:10,分别选取 0.5%、0.75%、1%、1.25% 为不同的接种量进行实验,发酵结束后计算 SDF 的产率。

设定 pH 值为 7.0、发酵温度 40℃、发酵时间 20h、接种量 1%,分别选取 1:6、1:8、1:10、1:12 为不同的料液比进行实验,发酵结束后计算 SDF 的产率。

1.3.2.3 均匀试验设计法优化工艺条件

通常发酵法制取 DF 时主要受发酵温度、时间、接种量和料液比 4 个因素的交叉影响,根据单因素试验结果,利用 DPS-9.50 软件,选择四因素五水平的均匀试验设计,以 SDF 产率为考察指标,研究 4 个因素对 SDF 产率的影响。选用因素和水平见表 1。

表1 均匀试验设计的因素和水平设计表
Table 1 Factors and levels used in uniform design

水平	因素			
	X ₁ 发酵温度/℃	X ₂ 发酵时间/h	X ₃ 接种量/%	X ₄ 料液比
1	36	18	0.8	1:8
2	38	19	0.9	1:9
3	40	20	1.0	1:10
4	42	21	1.1	1:11
5	44	22	1.2	1:12

1.3.3 DF 主要成分的测定

灰分的测定：采用高温灼烧法^[9]；粗蛋白的测定：采用凯氏定氮法^[10]；粗脂肪的测定：采用索氏抽提法^[11]；膳食纤维：采用 AOAC991.43 的方法分别对 SDF 和 TDF 进行测定。

1.3.4 DF 理化特性的测定

1.3.4.1 膨胀力的测定^[12]

准确称取膳食纤维干样 0.500g，均匀置于 25mL 刻度试管中后读取干品体积 V_0 ，加入 20mL 蒸馏水，振荡摇匀，于室温条件下放置 24h，观察其自由膨胀体积 V_1 。

$$\text{膨胀力}/(\text{mL/g}) = \frac{V_1 - V_0}{0.500\text{g}} \quad (2)$$

1.3.4.2 持水力的测定^[13]

准确称取膳食纤维干样 0.100g，移入 50mL 离心管中后称质量 m_0 ，加入蒸馏水 10mL，振荡摇匀，室温放置 1h 后 5000r/min 离心 20min，小心弃去上清液后称质量 m_1 。

$$\text{持水力}/(\text{g/g}) = \frac{m_1 - m_0}{0.100\text{g}} \quad (3)$$

1.3.4.3 持油性的测定

方法同持水力的测定。选用市售植物油测定 DF 吸附不饱和脂肪酸的能力。

$$\text{持油性}/(\text{g/g}) = \frac{m_1 - m_0}{0.100\text{g}} \quad (4)$$

1.3.4.4 阳离子交换力的测定^[14]

称取 0.500g 膳食纤维干样，加 0.1mol/L 的 HCl 20mL，摇匀，室温放置 24h。滤纸过滤，用蒸馏水反复清洗除去多余的酸，转移残渣到三角瓶中，加入 100mL 15g/100mL 的 NaCl 溶液，磁力搅拌 30min，以 0.5% 的酚酞乙醇为指示剂，0.1mol/L 的氢氧化钠溶液滴

定。用蒸馏水代替 HCl，记录空白消耗的氢氧化钠的量。

$$\text{阳离子交换力}/(\text{mmol/g}) = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.1}{m} \quad (5)$$

式中： V_1 为样品消耗的 NaOH 体积/mL； V_0 为空白消耗的 NaOH 体积/mL； m 为样品干质量/g；0.1 为 NaOH 浓度/(mol/L)。

1.3.5 数据处理

数据采用 Excel 2007 统计分析，重复 3 次，结果用平均值±标准差表示，并用 SPSS 软件进行统计处理，采用 ANOVA 进行 Turkey 多重比较分析($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 发酵温度对 SDF 产率的影响

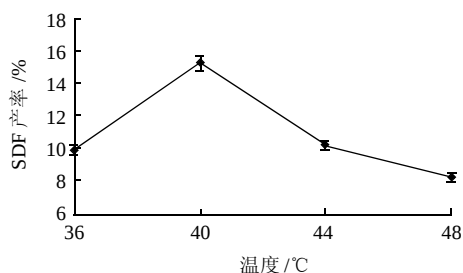


图1 不同发酵温度对 SDF 产率的影响

Fig.1 Effect of fermentation temperature on SDF yield

由图1可知，发酵温度对葡萄皮渣 DF 中 SDF 得率的影响较为显著，在整个发酵过程中 SDF 产率表现为先增加后减小的趋势，40℃时产率达最高值(15.15 ± 0.78)%。由于温度是影响微生物生长的重要因素之一，微生物体内的众多生化反应均需要在一定温度下才能正常进行，而保加利亚乳杆菌的最适发酵温度为 37℃，嗜热链球菌的适宜培养温度为 42℃^[15-16]，因此选择 40℃为最适发酵温度。

2.2 发酵时间对 SDF 产率的影响

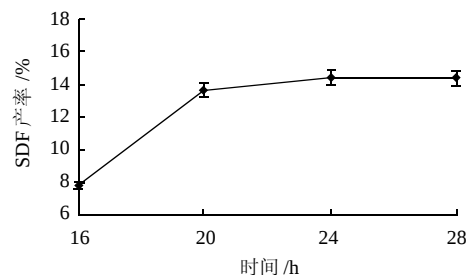


图2 不同发酵时间对 SDF 产率的影响

Fig.2 Effect of fermentation time on SDF yield

由图2可知,随发酵时间的延长,SDF产率逐渐提高,当发酵20h后,SDF得率趋于稳定,可能是由于发酵24h后原料中营养物质耗尽,无法继续供给微生物存活扩增所需的营养物质,另外发酵时间过长还会导致次级代谢产物积累并产生有害物质,它们均会对菌体的生长产生不利,造成SDF产率下降。综合以上因素选取20h的发酵时间较为合理。

2.3 接种量对SDF产率的影响

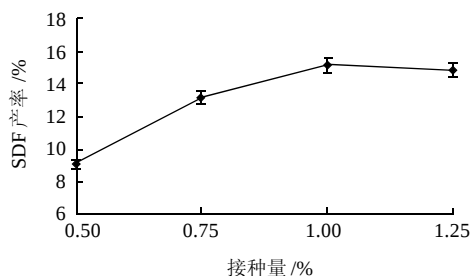


图3 不同接种量对SDF产率的影响
Fig.3 Effect of inoculum size on SDF yield

由图3可知,当接种量在0.5%~1%的范围内时随接种量增加,SDF产率也随之增加,当接种量超过1%时,SDF产率略有降低。可能是由于接种量过少时,发酵剂不能提供足够的活菌使葡萄皮渣完全发酵,导致SDF转化量较少;而接种量过大时由于菌体数量多,消化分解可能会迅速完成,在发酵后期造成菌株营养不足,培养液黏度增加溶氧不足,或可溶性糖类被分解利用,从而导致SDF的产率又有所降低^[17],因此接种量应选1%较为合理。

2.4 料液比对SDF产率的影响

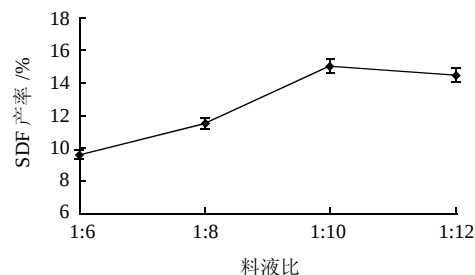


图4 不同料液比对SDF产率的影响
Fig.4 Effect of solid/liquid ratio on SDF yield

由图4可知,当料液比为1:10时SDF产率可达到峰值(15.10 ± 0.45)%,过高或过低的料液比均会影响SDF的得率。其中料液比为1:6和1:8时,SDF产率明显偏低,可能是由于葡萄皮渣富含果胶类物质,经灭菌后培养基较为黏稠并出现结块现象,若加水量较少会导致发酵过程中氧气传递受阻、散热条件恶化,从而影响微生物的发酵使SDF产率较低;当料液比为1:12时,含量也较低,且料液比过高导致后期醇析时乙醇消耗量较大^[18]。从经济角度考虑,可选择1:10为最佳料液比。

2.5 发酵工艺条件的优化

为增加试验点,选用均匀设计表 U_{10} ,根据其使用表依次安排5个试验水平(1)~(5)。因均匀设计表 U_{10} 为10水平表,而本试验中的4个因素均为五水平,因此采用拟水平法将表中各列的1、2水平取为对应于该列因素的因素水平表中的(1)水平,即:(1)→1、2,(2)→3、4,...,(5)→9、10,均匀设计法制备葡萄皮渣膳食纤维的试验结果见表2。

试验结果经DPS软件处理,用二次逐步回归分析方法^[19],确定多元二次回归方程,并对该模型进行显著性检验,回归方程的显著性检验及方差分析结果见表3。回归方程为:

$$Y = -3.05 + 0.15X_1 + 0.041X_4 - 0.0018X_1^2 - 0.0013X_4^2 + 0.0018X_1X_3 - 0.00021X_1X_4 + 0.0015X_2X_3 - 0.0071X_3X_4$$

由二次回归方程预测葡萄皮渣SDF产率的最大值及时各因素的值,得到 $X_1 = 40.4^\circ\text{C}$ 、 $X_2 = 20.9\text{h}$ 、 $X_3 = 1.1\%$ 、 $X_4 = 1:9.5$ 为最佳工艺参数。

表2 均匀设计法制备膳食纤维的试验结果
Table 2 Uniform design arrangement and corresponding results

水平	X_1 发酵温度 / $^\circ\text{C}$	X_2 发酵时间 / h	X_3 接种量 / %	X_4 料液比	Y SDF 产率 / %
1	36	18	1.0	1:11	12.9
2	36	19	1.2	1:9	13.4
3	38	20	0.9	1:12	15.2
4	38	21	1.2	1:10	16.3
5	40	22	0.9	1:8	15.7
6	40	18	1.1	1:12	16.0
7	42	19	0.8	1:10	15.2
8	42	20	1.1	1:8	15.9
9	44	21	0.8	1:11	13.3
10	44	22	1.0	1:9	14.2

表3 回归方程的显著性检验及方差分析
Table 3 Significance test and variance analysis of the fitted regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	显著水平
回归	0.00142	8	0.00018	286.4131	0.04567
剩余	0.00079	1	0		
总和	0.00142	9	0.00016		

注: $F_{0.05(8,1)} = 238.9$; *.差异显著($P < 0.05$)。

由软件分析可知,相关系数 $R = 0.99978$,显著水平 $P = 0.0457 < 0.05$,剩余标准差 $s = 0.00079$,Durbin-Watson统计 $d = 2.07511737$,接近2,说明该方程能很好地拟合发酵法制备葡萄皮渣膳食纤维的过程,具有显著性。回归系数及变量分析结果见表4。

表4 回归系数及变量分析

Table 4 Regression coefficients and their significance in the fitted regression model

项	回归系数	偏相关	t 检验	P
b_1	1.48	0.99966	38.31888	0.00068
b_2	0.0414	0.02126	6.7479	0.02126
b_3	0.0018	-0.99961	35.95411	0.00077
b_4	0.00126	-0.98703	6.14909	0.02544
b_5	0.0018	0.95669	3.28651	0.08143
b_6	0.000209	-0.90458	2.12195	0.16787
b_7	0.00147	0.98773	6.32579	0.02409
b_8	0.0071	-0.95812	3.34557	0.07891

从表4各变量偏回归分析的显著性检验P值大小可知,对葡萄皮渣SDF产率影响的大小为: $X_1 > X_1^2 > X_4 > X_2X_3 > X_2 > X_3X_4 > X_1X_3 > X_1X_4$ 。从回归的结果可知,因素之间存在交互作用,所以如果用单因素法很难得到一个较优方案。为验证模型方程的适用性,同时考虑到操作方便性,将上述条件调整为发酵温度40℃、时间21h、接种量1%、料液比1:10。平行进行5组实验,SDF的产率为(17.25 ± 0.23)%,接近预测值。说明实验结果与模型拟合良好,建立的回归模型能真实的反映各因素对SDF产率的影响,通过此模型优化能够有效的提高SDF的产率。最终得到的SDF为白色蓬松状,IDF色泽为暗黄色,无异味,合并后即葡萄皮渣DF,其样品颗粒大小均匀,无不良异味。

2.6 葡萄皮渣发酵前后基本成分及理化性质的比较

表5 葡萄皮渣膳食纤维的主要成分及部分功能特性

Table 5 Main components physico-chemical properties of native and fermented grape pomaces

指标	发酵前	发酵后
水分含量/%	9.27 ± 0.25 ^a	7.83 ± 0.03 ^b
粗蛋白含量/%	4.23 ± 0.01 ^a	0.76 ± 0.04 ^b
粗脂肪含量/%	5.84 ± 0.03	未检出
粗灰分含量/%	5.58 ± 0.62 ^a	2.52 ± 0.14 ^b
TDF含量/%	69.61 ± 0.37 ^b	84.40 ± 0.26 ^a
SDF含量/%	8.37 ± 0.51 ^b	17.25 ± 0.23 ^a
膨胀力/(mL/g)	2.85 ± 0.19 ^b	3.38 ± 0.21 ^a
持水力/(g/g)	3.15 ± 0.24 ^b	4.32 ± 0.39 ^a
持油力/(g/g)	1.51 ± 0.29 ^b	1.87 ± 0.16 ^a
阳离子交换力/(mmol/g)	0.95 ± 0.32 ^a	1.12 ± 0.51 ^a

注:同行肩标不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

由表5可知,葡萄皮渣原料的主要成分为DF,其中TDF含量达69.61%,SDF含量约8.37%,其他成分含量均较低,可见葡萄皮渣是一种良好的膳食纤维资源,具有一定的开发价值。发酵后的产物中TDF提高至84.40%,SDF含量达17.25%,相比葡萄皮渣原料TDF含量和SDF含量分别提高了14.79%和8.88%,而其他杂质成分含量均有显著降低。说明微生物的消化分解作用,消耗掉了大部分营养物质,使得膳食纤维的纯度显著提高。葡萄皮渣经发酵后其DF的理化性质也得到了一

定的改善,其中膨胀力、持水力及持油力3项指标分别达到了3.38mL/g、4.32g/g和1.87g/g,相比原料各项指标均有显著提高,原因可能是因为发酵后葡萄皮渣中DF的相对含量提高所致,但阳离子交换能力无显著变化。

3 结 论

3.1 葡萄皮渣是一种质优价廉的膳食纤维资源,利用混合菌种发酵法制备的TDF整体色泽较均匀呈微黄色,无异味,颗粒大小均匀,因此,酿酒葡萄皮渣是一种很有开发前景的农产品加工废弃物。

3.2 通过试验优化所得发酵法制备葡萄皮渣膳食纤维的最佳工艺条件为:发酵温度40℃、时间21h、接种量1%、料液比1:10,在此条件下SDF的产率可达(17.25 ± 0.23)%,且膨胀力、持水力、持油力等理化性质较原料有显著提高。

参考文献:

- [1] LLOBERA A, CAÑELLAS J. Dietary fiber content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem[J]. Food Chemistry, 2007, 101(2): 659-666.
- [2] PINELO M, RUBILAR M, JEREZ M, et al. Effect of solvent, temperature and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradiational activity of extracts from different compounds of grape pomace[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(6): 2111-2117.
- [3] SAURA-CALIXO F. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(10): 4303-4306.
- [4] AACC Report. The definition of dietary fiber[R]. Cereal Foods World, 2001, 46(3): 112-126.
- [5] 付全意, 刘冬, 李坚斌, 等. 膳食纤维提取方法的研究进展[J]. 食品科技, 2008(2): 225-228.
- [6] 袁纪莹, 陈蕾蕾, 王未名, 等. 发酵法制备高品质膳食纤维的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2010(6): 24-27.
- [7] 毛慧君, 文良娟, 李英军, 等. 发酵法从西番莲果渣中制备膳食纤维的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(3): 193-197.
- [8] 唐浩国, 徐淑娟. 发酵法制备竹笋膳食纤维的工艺研究[J]. 农产品加工: 学刊, 2007(7): 11-15.
- [9] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.4—2003 食品中灰分的测定[S].
- [10] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.5—2003 食品中蛋白质的测定[S].
- [11] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.6—2003 食品中脂肪的测定[S].
- [12] CHAU C F, HUANG Y L. Characterization of passion fruit seed fibers: a potential fiber source[J]. Food Chemistry, 2004, 85(2): 189-194.
- [13] RUPÉREZ P, SAURA-CALIXTO F. Dietary fiber and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds[J]. Europe Food Research Technology, 2001, 212(3): 349-354.
- [14] 郑刚, 郭小佩, 赵国华. 制备工艺对番茄皮膳食纤维理化性质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 24-28.
- [15] 付艳茹, 靳焯. 保加利亚乳杆菌菌粉生产工艺研究[J]. 食品科技, 2009, 34(7): 14-17.
- [16] 王建芳, 陈芳, 靳亚平. 嗜热链球菌适宜培养条件研究[J]. 西北农业学报, 2008, 17(2): 56-58.
- [17] 李想. 发酵法制备豆渣可溶性膳食纤维[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [18] 肖盾, 牛广财, 朱丹, 等. 发酵法制取沙果渣可溶性膳食纤维的研究[J]. 中国酿造, 2010(3): 166-170.
- [19] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 253-263.