

制备工艺对番茄皮膳食纤维理化性质的影响

郑刚¹, 郭小佩¹, 赵国华^{1,2,*}, 吴宏³

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.重庆市农产品加工技术重点实验室, 重庆 400715;

3.新疆农垦科学院农产品加工所, 新疆 石河子 832000)

摘要:以番茄酱加工剩余物番茄皮为原料, 采用酸法、碱法、酸碱结合法和酶-酸法4种工艺制备番茄皮膳食纤维并对其理化性质进行分析。4种工艺中, 酶-酸法工艺去除杂质效果最好, 所得产品可溶性纤维含量最高(8.23%)、纯度最高(92.01%)、产品色泽最佳。4种方法制备的膳食纤维与原料在组成和理化性质上有很大差异。酸碱结合法和碱法制备的膳食纤维有较高的持水力(分别为8.74、7.85g/g)和膨胀力(分别为5.5、4.9mL/g), 而酶-酸法和酸法制备的膳食纤维有较高的持油力(分别为5.91、5.49g/g)和吸附胆酸钠的能力(分别为329.4、297.3mg/g)。除酶-酸法外, 其他方法制备的膳食纤维的阳离子交换能力均比原料高。

关键词:番茄皮; 膳食纤维; 制备工艺; 理化性质

Effects of Different Extraction Processes on the Physico-chemical Properties of Tomato Skin Dietary Fiber

ZHENG Gang¹, GUO Xiao-pei¹, ZHAO Guo-hua^{1,2,*}, WU Hong³

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Chongqing Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Chongqing 400715, China; 3. Institute of Agricultural Products Processing, Xinjiang Academy of Agriculture and Reclamation, Shihezi 832000, China)

Abstract: Four different extraction processes, namely sulfuric acid treatment, sodium hydroxide treatment, sequential treatment with sulfuric acid followed by sodium hydroxide and sequential treatment with trypsin followed by sulfuric acid were used to obtain total dietary fiber (TDF) from tomato skin, a byproduct of the tomato paste industry. The physicochemical properties (water-holding capacity, oil-holding capacity, swelling capacity, cation-exchange capacity and bile salt adsorption capacity) of the obtained TDF products were determined. Among the four extraction processes, sequential treatment with trypsin followed by sulfuric acid gave the best removal of impurities and the resultant product presented the highest soluble dietary fiber content and the best color. The proximate chemical composition and physico-chemical properties of the TDF products obtained using the four extraction processes were obviously different from those of the raw material. Both the TDF products obtained by sodium hydroxide treatment alone and in combination with sulfuric acid treatment had higher water-holding capacity (7.85 g/g and 8.74 g/g, respectively) and swelling capacity (4.9 mL/g and 5.5 mL/g, respectively), and the oil-holding and bile salt adsorption capacities of those obtained by sulfuric acid treatment alone and in combination with trypsin treatment were both high, reaching up to 5.49 g/g and 5.91 g/g, and 297.3 mg/g and 329.4 mg/g, respectively. Except sequential treatment with trypsin followed by sulfuric acid, all the three other extraction processes yielded TDF products with a cation exchange capacity higher than that of the raw material.

Key words: tomato skin; dietary fiber; preparation method; physico-chemical properties

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)16-0024-05

我国目前是世界第三大番茄酱生产国和第一大番茄酱出口国, 2009年生产番茄酱超过100万吨。番茄酱加工过程中产生大量皮渣, 这些皮渣主要被作为初级饲料低价出售。由于番茄酱在高温季节生产, 皮渣堆放1~2d就开始腐败变质, 在厂区及运输过程中造成环境污

染。因此如何高效利用这些皮渣成为番茄酱加工企业亟待解决的问题。番茄皮渣的主要成分是籽和皮, 番茄籽的主要成分是蛋白质, 可用于加工高蛋白饲料。而番茄皮的主要成分是膳食纤维^[1], 有研究证明, 番茄膳食纤维是很好的膳食纤维来源^[2], 可以降低大鼠胆固醇

收稿日期: 2010-04-08

基金项目: 新疆生产建设兵团博士基金项目(2009JC12); 中央高校基本科研业务费专项(XDJK2009B003)

作者简介: 郑刚(1970—), 男, 副研究员, 博士研究生, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: shothawk@sohu.com

*通信作者: 赵国华(1971—), 男, 教授, 博士, 研究方向为非消化性碳水化合物化学与营养。E-mail: zhaoguohua1971@163.com

吸收^[3]、改善大鼠血糖血脂水平^[4-6]和有润肠通便^[7]等功能,番茄膳食纤维添加至面包^[8]、牛奶^[9]、肉制品和烘焙食品^[10]中可改善食品的营养和食用品质。将番茄皮加工成膳食纤维,可以提高番茄皮附加值,增加番茄加工企业的经济效益。

膳食纤维的品质与其理化性质和生理功能相关,不同的制备工艺或改性处理会影响膳食纤维的理化性质,从而影响其发挥生理功能。王遂等^[11]采用酶法制备高活性玉米膳食纤维,其膨胀力与持水力分别为6.5mL/g和620%,高于国外标准麸皮纤维的相应值4mL/g和400%;而超微粉碎和冷冻粉碎能够使麦麸膳食纤维中水溶性纤维含量提高,膨胀力、重金属离子吸附能力增加,持水力、持油力减小^[12];超高压处理薯渣膳食纤维后发现,纤维的葡萄糖吸附能力和胆酸盐结合能力均有所提高^[13];瞬时高压处理荷叶膳食纤维并真空冷冻干燥,可使荷叶纤维对不饱和脂肪的吸附作用有明显的提高^[14]。因此,了解不同工艺处理对膳食纤维理化性质的影响,才能更好的对其进行利用。本实验采用不同工艺制备番茄皮膳食纤维,并测定持水力、持油力等理化性质,探讨不同制备工艺对番茄纤维理化性质的影响,为番茄纤维的应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

番茄皮渣 新疆天业公司番茄酱厂;胆酸钠、脱氧胆酸钠(均为色谱纯) Sigma 公司;胰蛋白酶 北京华瑞新成公司;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

PB-10 酸度计 德国 Sartorius 公司;LC-20A 高效液相色谱(HPLC) 日本岛津公司;G3 砂心坩埚 瑞典 Foss 公司;SHZ- 循环水真空泵 上海亚荣生化仪器厂;HH-6 数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 番茄膳食纤维制备工艺

番茄皮渣经水洗、皮籽分离后,将番茄皮放置在恒温干燥箱中60℃干燥12h,然后粉碎至粒度为100目的番茄皮粉末,以其为原料,经酸法、碱法、酸碱结合法、酶-酸法制备膳食纤维。酸法(H₂SO₄)工艺参数为:时间30min、温度50℃、pH2.0、料液比1:10(g/mL);碱法(NaOH)工艺参数为:时间1.5h、温度70℃、pH10.0、料液比为1:15(g/mL);酸碱结合法以上述酸法和碱法对原料进行连续处理;酶法(胰蛋白酶)工艺参数为:酶与底物质量比为6:800、酶质量浓度0.6mg/mL、底物质量浓度0.08g/mL、pH8.0、温度45℃、提取时间2.5h,酶-酸法以上述条件下酶法与酸法对原料进行

连续处理。

1.3.2 基本成分测定

水分、粗蛋白、粗脂肪、淀粉、灰分测定采用国标方法,分别为:GB/T 5009.3—2003《食品中水分的测定》;GB/T 5009.5—2003《食品中蛋白质的测定》;GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》;GB/T 5009.9—2008《食品中淀粉的测定》;GB/T 5009.4—2003《食品中灰分的测定》;总膳食纤维(TDF)、水溶性膳食纤维(SDF)和水不溶性膳食纤维(IDF)的测定采用AOAC方法(AOAC Official Method 991.43“Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods”)。

1.3.3 膳食纤维持水力(water holding capacity, WHC)测定^[15-16]

称量离心管质量,再精确称取膳食纤维干样0.1g(精确至0.001g),于50mL离心管中,加10mL蒸馏水浸泡,摇匀,室温下静置1h,于5000r/min离心20min,小心弃去上清液后称质量。计算持水力(WHC)。

$$WHC/(g/g)=(m_1 - m_0)/m$$

式中: m 为样品干样质量/g; m_1 为样品吸水后质量/g; m_0 为离心管质量/g。

1.3.4 膳食纤维持油力(oil holding capacity, OHC)测定

参考黄才欢等^[17]方法,有修改。称量离心管质量,再准确称取膳食纤维干样0.1g,置于50mL离心管中,加菜籽油10mL,震荡摇匀,室温放置1h,5000r/min离心20min,小心除去上清液,称质量。计算持油力(OHC)。

$$OHC/(g/g)=(m_1 - m_0)/m$$

式中: m 为样品干样质量/g; m_1 为样品吸附油脂后质量/g; m_0 为离心管质量/g。

1.3.5 膳食纤维膨胀力(swelling capacity, SC)测定

参考Chau等^[18]方法,有修改。精确称量膳食纤维干样0.5g(精确至0.001g),置于25mL刻度试管,读取干样体积,加入20mL蒸馏水,震荡摇匀,于室温下放置24h,观察其自由膨胀体积,计算膨胀力(SC)。

$$SC/(mL/g)=(V_1 - V_0)/m$$

式中: m 为样品干样质量/g; V_0 为样品干样体积/mL; V_1 为样品膨胀后体积/mL。

1.3.6 膳食纤维阳离子交换力(cation exchanging capacity, CEC)测定

参考李焕霞^[19]方法,有修改。称取0.5g膳食纤维干样,加0.1mol/L的盐酸10mL,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 15% NaCl溶液,磁力搅拌

30min, 以 0.5% 的酚酞乙醇溶液为指示剂, 0.1mol/L 的氢氧化钠溶液滴定。用蒸馏水代替 HCl, 测定空白消耗的氢氧化钠的量。计算阳离子交换能力(CEC)。

$$CEC/(mL/g)=(V_0 - V_1) \times 0.1/m$$

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

1.3.7 膳食纤维胆酸盐吸附能力(bile salt absorbing capacity, BSAC)测定

参考赵健^[20]方法, 有修改。准确称取膳食纤维 0.2g, 加入 20mL 15mmol/L 的胆酸盐溶液, 放于 37 水浴中 2h, 然后 6000r/min 离心 15min, 取上清液进行 HPLC 分析, 通过样品峰面积和胆酸盐标准曲线测定出溶液中未被膳食纤维吸附的胆酸盐的含量。计算胆酸钠吸附能力(BSAC)。

$$BSAC/(mg/g)=(N_0 - N_1) \times 20 \times 430.75 \times 1000/m$$

式中: N_0 为胆酸钠溶液初始浓度 /(mmol/L); N_1 为上清液中胆酸钠浓度 /(mmol/L); m 为样品干样质量 /g; 20 为胆酸钠溶液体积 /mL; 430.75 为胆酸钠摩尔质量 /(g/mol)。

HPLC 条件: Ultimate XB-C₁₈ 色谱柱(250mm × 4.6mm, 5 μm); 流动相: pH6.5 的 V(磷酸缓冲液):V(甲醇)=35:65; 检测波长: 254nm; 柱温: 35 ; 进样量: 20 μL; 流速: 0.8mL/min。

1.3.8 数据处理

所有测定重复 3 次, 实验结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示。数据用 Excel 2003 进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同方法制备膳食纤维的组成对比分析

经测定, 番茄皮原料及不同方法制备的膳食纤维基本成分如表 1 所示。可以看出番茄皮原料中主要成分为膳食纤维, 接近 70%。其次是粗蛋白含量较高(14.71%), 这可能是由于皮籽分离不彻底, 部分番茄籽混合在皮中, 造成粗蛋白含量偏高。因此在提取番茄膳食纤维的时候, 蛋白是要重点去除的部分。

由表 1 可知, 与原料比较, 经过不同工艺处理得到的膳食纤维产品中杂质成分都有减少, 粗蛋白、粗脂肪和淀粉含量分别下降了 19.7%~57.2%、71.0%~91.4% 和 50.7%~87.4%, 其中以酶-酸法处理去除杂质效果较好。单纯从番茄皮膳食纤维得率来看, 酸碱结合法最高, 而酶-酸法最低; 但从番茄皮膳食纤维纯度来看, 则酶-酸法优于其他方法, 说明酸法、碱法和酸碱结合法获得番茄皮膳食纤维得率较高的原因是杂质去除较少, 因此, 以番茄皮膳食纤维纯度(纯膳食纤维

在产品中的含量)来判断处理工艺的优劣应更为合理。从可溶性纤维与不溶性纤维的比例来看, 酶-酸法最高, 其次是酸碱结合法、碱法和酸法, 说明酶处理和碱处理有利于增加可溶性膳食纤维含量; 从纤维外观来看, 酸法纤维颜色呈浅黄色, 碱法纤维呈浅褐色, 酸碱法纤维颜色呈黄褐色, 且颗粒粗大, 在水中不易分散, 酶-酸法纤维颜色呈黄白色, 手感细腻, 在水溶液中易分散。综上所述, 4 种工艺中, 酶-酸法工艺去除杂质最多, 可溶性纤维含量增加最多, 番茄皮膳食纤维纯度最高, 产品色泽最佳, 为最优工艺。

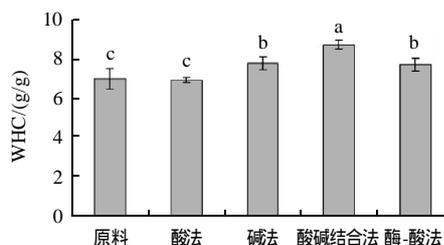
表 1 制备工艺对膳食纤维基本成分的影响

Table 1 Comparisons of basic chemical composition and dietary fiber composition among tomato skin and TDF products obtained by different extraction processes %

成分	原料	酸法	碱法	酸碱结合法	酶-酸法
水分	6.03 ± 0.07	4.52 ± 0.10	5.44 ± 0.80	6.53 ± 0.60	2.90 ± 0.50
粗蛋白	14.71 ± 0.06	11.81 ± 0.10	11.28 ± 0.90	10.60 ± 0.06	6.30 ± 0.09
粗脂肪	6.25 ± 0.31	1.81 ± 0.20	1.43 ± 0.60	1.33 ± 0.20	0.54 ± 0.04
淀粉	2.94 ± 0.03	0.78 ± 0.02	1.45 ± 0.04	0.52 ± 0.02	0.37 ± 0.01
粗灰分	4.06 ± 0.48	3.42 ± 0.10	2.67 ± 0.05	4.71 ± 0.06	2.45 ± 0.10
番茄皮膳食纤维	69.61 ± 0.30	74.39 ± 1.10	73.31 ± 0.70	72.97 ± 0.20	74.58 ± 1.20
IDF	66.13 ± 0.20	72.54 ± 0.90	72.20 ± 0.40	69.10 ± 0.20	66.35 ± 1.10
SDF	4.70 ± 0.50	6.13 ± 0.40	6.71 ± 0.07	6.80 ± 0.01	8.23 ± 1.00
SDF/IDF	7.10	8.45	9.29	9.84	12.40
TDF得率	-	85.61	86.60	92.0	81.06
TDF纯度	-	86.89	84.65	81.80	92.01

2.2 不同方法制备膳食纤维理化性质比较分析

2.2.1 持水力



不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。

图 1 制备工艺对番茄皮膳食纤维持水力的影响

Fig.1 Comparison of water-holding capacity among tomato skin and TDF products obtained by different extraction processes

膳食纤维化学结构中的亲水基团, 具有良好的持水性。具有较高的持水性的纤维可以增加粪便的体积, 加快排便速度, 减轻直肠内压力, 防止便秘。另外膳食纤维的持水性有利于形成食品的组织结构, 以防脱水收缩。由图 1 可以看出, 除酸法外的其他 3 种提取工艺都可以显著提高番茄总纤维的持水力, 其中以酸碱法处理

工艺最佳,持水力达 8.74g/g。单一工艺中,碱法工艺获得的膳食纤维持水力(7.85g/g)优于酸法工艺(7.07g/g)。因此,要获得持水力较好的番茄膳食纤维,可考虑采用酸碱结合法、碱法或酶-酸法。

2.2.2 持油力

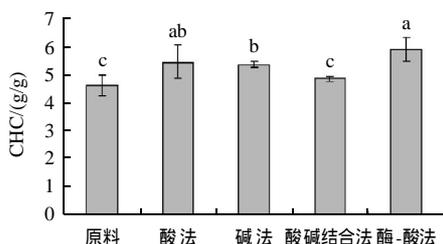


图2 制备工艺对番茄皮膳食纤维持油力的影响

Fig.2 Comparison of oil-holding capacity among tomato skin and TDF products obtained by different extraction processes

膳食纤维在人体肠道中可以吸收脂肪,减少人体对脂肪的吸收,避免体内脂肪的过度积累。同时膳食纤维包裹脂肪,减少脂肪与胆汁的接触,从而降低肠道对膳食中胆固醇的吸收,具有一定的调节血脂的作用。图2显示,酶-酸法(5.91g/g)与酸法处理(5.49g/g)的番茄纤维具有较高的持油力,碱法稍差,酸碱结合法(4.9g/g)获得的番茄纤维持油力最低。

2.2.3 膨胀力

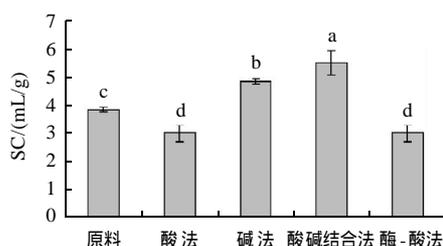


图3 制备工艺对番茄皮膳食纤维膨胀力的影响

Fig.3 Comparison of swelling capacity among tomato skin and TDF products obtained by different extraction processes

膳食纤维吸水后体积增大,对胃肠道产生容积作用,易引起饱腹感,同时还可影响机体对食物中其他成分的吸收,对预防肥胖症十分有利。膳食纤维在结肠中吸水膨胀,可增大粪便的体积,降低致癌因子的浓度,有利于促进结肠功能,可预防结肠癌^[21]。由图3可知,4种提取工艺中,酸碱结合法(5.5mL/g)和碱法(4.9mL/g)处理获得的膳食纤维的膨胀力显著优于酸法和酶-酸法(3.0mL/g),说明酸处理会大大降低膳食纤维的膨胀力,而碱处理则可以改善其膨胀力。酸碱结合法番茄皮膳食纤维膨胀力较好的原因可能与酸碱处理的顺

序有关,实验中采用先酸后碱处理顺序导致纤维的最终膨胀力得到较大改善。

2.2.4 阳离子交换能力

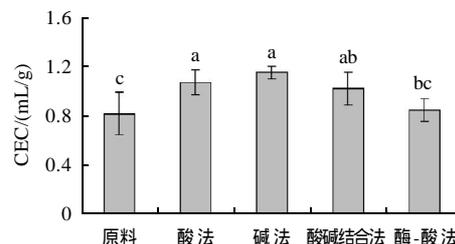


图4 制备工艺对番茄皮膳食纤维阳离子交换能力的影响

Fig.4 Comparison of cation exchange capacity among tomato skin and TDF products obtained by different extraction processes

膳食纤维结构中包含一些羧基和羟基侧链基团,呈现弱酸性阳离子交换的能力,可与阳离子,特别是有机阳离子进行可逆交换。膳食纤维稀释离子浓度,对消化道的pH值、渗透压以及氧化还原电位产生影响,出现一个更缓冲的环境,以益于消化吸收^[22]。比如膳食纤维与胃肠道中的钠离子和钾离子进行交换,可使血液中Na⁺/K⁺比值变小,产生降血压作用^[21]。图4显示,酸法(1.07mL/g)、碱法(1.15mL/g)和酸碱结合法(1.02mL/g)处理的番茄纤维,其阳离子交换能力没有显著差异,但酶-酸法(0.85mL/g)与酸法和碱法之间有显著差异。与原料相比,酸、碱及酸碱混合处理提高了番茄皮膳食纤维的阳离子交换能力,但酶-酸法则无显著影响。

2.2.5 胆酸盐吸附能力

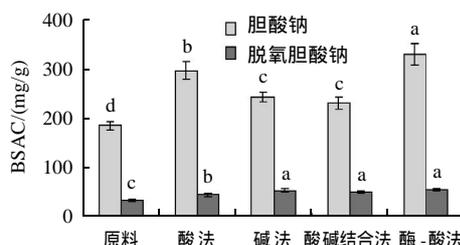


图5 制备工艺对番茄皮膳食纤维吸附胆酸盐能力的影响

Fig.5 Comparison of bile salt adsorption capacity among tomato skin and TDF products obtained by different extraction processes

膳食纤维吸附胆汁酸被认为是其降血脂功能的机理之一。有研究认为,膳食纤维通过吸附胆酸盐排出体外而促进了胆固醇的代谢^[23],减少了胆汁酸的重吸收,阻断了胆固醇的肠肝循环,使得体内胆固醇水平下降。因此通过了解膳食纤维吸附胆酸盐的能力有助于了解其调节血脂的能力。本实验通过HPLC方法,得到番茄膳食纤维吸附胆酸钠标准曲线方程为 $Y=50052X - 37732$, $R^2=0.9997$;吸附脱氧胆酸钠标准曲线方程为 $Y=66265X -$

277900, $R^2=0.9991$ 。不同工艺处理获得番茄皮膳食纤维吸附胆酸盐的能力如图5所示,酶-酸法(329.4mg/g)和酸法(297.3mg/g)番茄皮膳食纤维吸附胆酸钠的能力较强;对吸附脱氧胆酸钠而言,除酸法稍差外,其他3种工艺番茄皮膳食纤维吸附能力相近,且不同工艺处理的番茄皮膳食纤维胆酸盐吸附能力均优于原料。

3 结 论

3.1 与原料比较,经过不同工艺处理得到的膳食纤维产品中杂质成分都有减少,粗蛋白、粗脂肪和淀粉含量分别下降了19.7%~57.2%、71.0%~91.4%和50.7%~87.4%。单纯从番茄皮膳食纤维得率来看,酸碱结合法最高,而酶-酸法最低;但从番茄皮膳食纤维纯度(纯膳食纤维在产品中的含量)来看,则酶-酸法优于其他方法,说明酸法、碱法和酸碱结合法获得番茄皮膳食纤维得率较高的原因是杂质去除较少。因此,以番茄皮膳食纤维纯度来判断处理工艺的优劣应更为合理。综合来看,4种工艺中,酶-酸法工艺去除杂质最多,可溶性纤维含量增加最多,番茄皮膳食纤维纯度最高,产品色泽最佳,为最优工艺。

3.2 与原料比较,4种不同工艺处理后,番茄皮膳食纤维的理化性质均发生了显著改变。总的来说,酸碱结合法和碱法有利于提高膳食纤维的持水力和膨胀力,而酸法和酶-酸法则有利于改善膳食纤维的持油力和吸附胆酸钠的能力。除酶-酸法外,其他工艺处理都提高了番茄皮膳食纤维的阳离子交换能力。

3.3 在利用番茄皮渣制备番茄膳食纤维时,除了考虑提取率外,还应当考虑番茄纤维的最终用途,从而选择合适的提取工艺,有针对性的开发不同用途的产品,以满足市场需求。

参 考 文 献 :

- [1] 敬思群,杨文菊.番茄渣、皮成分分析及在食品加工中的应用[J].新疆大学学报:自然科学版,2006,23(2):197-200.
- [2] ALVARADO A,ACHECO-DELAHAYE E,HEVIA P. Value of a tomato byproduct as a source of dietary fiber in rats[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2001, 56(4): 335-348.
- [3] ELLIOTT J, MULVIHILL E, DUNCAN C, et al. Effects of tomato

- pomace and mixed-vegetable pomace on serum and liver cholesterol in rats[J]. Journal of Nutrition, 1981, 111(12): 2203-2211.
- [4] ALVARADO M, PACHECO-DELAHAYE E, SCHNELL M, et al. Dietary fiber in industrial tomato residue and its effects on glycaemic response and seric cholesterol in rats[J]. Arch Latinoam Nutr, 1999, 49(2): 138-142.
- [5] 刘绍鹏,张梅,暮春海,等.番茄水溶性膳食纤维对糖尿病小鼠降血糖作用的研究[J].农垦医学,2008,30(3):164-166.
- [6] 胡艳丽,陈文,安富贵.番茄纤维对糖尿病小鼠的降血糖作用研究[J].现代预防医学,2007,34(3):432-433.
- [7] 胡艳丽,陈文,杨光.番茄纤维润肠通便作用的研究[J].现代预防医学,2007,34(5):804-809.
- [8] 努尔夏西,米娜瓦尔,邱桃玉,等.不同番茄膳食纤维添加量对面包品质影响初探[J].农产品加工,2007(10):78-79.
- [9] 敬思群,吴旭.超高温番茄膳食纤维牛奶的研制[J].乳品科学与技术,2005(2):65-66.
- [10] KORTABITARTE I. A vegetable fiber from tomato which can be used in making functional meat and bakery foods[EB/OL]. [2007-06-09]. <http://www.medicalnewstoday.com/articles/64467.php>.
- [11] 王遂,刘芳.高活性玉米膳食纤维的制备、性质与应用[J].食品科学,2000,21(7):22-24.
- [12] 黄晟,朱科学,钱海峰,等.超微及冷冻粉碎对麦麸膳食纤维理化性质的影响[J].食品科学,2009,30(15):40-44.
- [13] 赵健,郑刚,赵国华.超高压处理对红薯渣膳食纤维理化性质的影响[J].食品科学,2009,30(17):109-112.
- [14] 陈钢,刘韬,熊春红,等.瞬时高压对荷叶膳食纤维物理性质的影响[J].食品科学,2006,27(12):246-248.
- [15] PILAR R, FULGENCIO, SAURA-CALIXTO. Dietary fiber and physicochemical properties of edible seaweeds[J]. Eur Food Res Technol, 2001, 212: 349-354.
- [16] CHAU Chifai, HUANG Yaling. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibres prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng[J]. J Agri Food Chem, 2003, 51: 2615-2618.
- [17] 黄才欢,欧仕益,张宁,等.膳食纤维吸附脂肪、胆固醇和胆酸盐的研究[J].食品科技,2006,31(5):133-135.
- [18] CHAU Chifai, HUANG Yaling. Characterization of passion fruit seed fibers: a potential fiber source[J]. Food Chemistry, 2004, 85: 189-194.
- [19] 李焕霞.柑橘膳食纤维制备工艺技术及品质分析研究[D].重庆:西南大学,2007.
- [20] 赵健.超高压处理对红薯膳食纤维特性的影响[D].重庆:西南大学,2009.
- [21] 肖安红,邝艳梅,孙秀发.超微粉碎对大豆皮膳食纤维性质影响的研究[J].食品工业科技,2008(10):99-103.
- [22] 金茂国,孙伟.挤压对豆渣膳食纤维理化性质影响[J].粮食与饲料工业,1996(11):35-38.
- [23] 胡国华,黄绍华.米糠膳食纤维对胆酸钠吸附作用的研究[J].中国食品添加剂,2001(2):10-12.