

# 菊芋块茎制高果糖浆的研究

魏文铃 郑志成 郑忠辉 刘月英 庄殊珊

谢 忠 郑文竹 陈如铭 姚炳新

厦门大学生物学系 361005

**摘 要** 通过菊芋干片与菊粉提取液的制备、菊粉酶解、精制生产高果糖浆, 菊粉酶解的适宜条件为: 底物糖浓度 12%, 加酶量 26u/g 糖, pH5.0~5.5, 最适温度为 50℃, 酶解 6h, 底物降解率可达 98.5%。菊粉酶解液经活性炭脱色、离子交换树脂处理、减压浓缩等步骤, 制得糖浆的固形物含量为 73.8%, 果糖含量(占固形物)为 83.6%, 同时对糖浆的 DE 值、色度、灰分、微生物含量等指标进行了测定。

**关键词** 菊芋 菊粉 酶法水解 高果糖浆

菊芋 (*Helianthus tuberosus*) 中富含菊粉 (*Inulin*), 是由 D-呋喃果糖分子以  $\beta$ -2, 1 糖苷键连接而成的多聚果糖, 每个菊粉分子末端连接一个葡萄糖残基, 果糖聚合度(D. P) 随菊芋生长季节气温不同而变化, 从而影响菊粉分子中果糖与葡萄糖的比例。利用微生物产生的菊粉酶 (*Inulinase EC. 3. 2. 1. 7*) 将菊粉一步水解后经精制可得到果糖含量至少 80% 的高果糖浆, 是一种具有应用前景的新方法<sup>[2, 3]</sup>, 本文报道该方法的研究结果, 并与国外同类研究进行比较。

## 1 材料与方法

1.1 菊芋块茎及干片 在福建省宁化县收获新鲜菊芋块茎, 并在当地加工成菊芋块茎干片。

1.2 菊粉酶 克鲁维酵母 (*Kluyveromyces SP.*) Y-85 在自控发酵罐 (15L) 上进行酶发酵获得菊粉酶, 酶活为 67.8u/ml。

1.3 菊粉酶水解底物 经钙处理后的菊粉抽提液。

1.4 酶解产物分析 分别以纸层析法和高效液相色谱 (HPLC) 法对酶解菊粉产物进行定性和定量测定<sup>[4]</sup>。

1.5 高果糖浆成品质量分析 按轻工部颁发的 QB-1216-91 指标及其试验方法进行<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与讨论

2.1 菊芋干片的制备 将收获的菊芋块茎洗净、切片和烘干。在制备中发现, 较高温度 (90~100℃) 长时间烘干, 干片呈黄褐色; 较低温度 (60℃) 烘成干片的时间需要延长, 由于酶作用造成褐变, 干片呈褐色。适宜的方法是, 烘制开始时可短时间 (3h) 高温 (90℃) 处理, 而后维持在 50~55℃ 下继续烘烤 36h 左右, 可得到颜色淡黄, 含水量 7.5%~8.0% 的菊芋干片。

### 2.2 菊粉酶解底物的制备

2.2.1 从菊芋干片提取菊粉 为了有效地从菊芋块茎提取菊粉, 有人提出将菊芋蒸煮、捣碎、过滤等步骤<sup>[1]</sup>。由于新鲜块茎难于保存和运输, 本文采用菊芋干粉为原料, 用 3 种方法提取菊粉: (1) 浸煮法, 菊芋干粉加水浸泡 1h 后, 在沸水浴中煮沸 40min, 冷却离心得上清液, 沉淀加水再抽提 1 次, 合并两次清液并测定总糖提取率 (%) 和菊粉提取率 (%); (2) 浸捣法, 除煮前用捣碎机捣碎 1min 外, 其它步骤与上法相同; (3) 浸压法, 除菊芋干粉

浸泡后用高压蒸煮(121℃)1h代替沸水浴外,其余同(1)法。测定结果是(3)法总糖和菊粉提取率均最低(84.4%和83.8%),且提取液颜色较深;而(1)法和(2)法的总糖、菊粉提取率均相近,分别为91%、90.8%和88.9%、88.8%,从设备与操作繁简、生产成本等方面考虑,用(1)法更符合生产要求。多次重复试验表明,用浸煮法提取菊粉是可行的。

2.2.2 菊粉提取液的钙处理 菊粉提取液中含有蛋白质、果胶质、色素等杂质,需进一步处理方能作为菊粉酶解底物。Kierstan 等人<sup>[1]</sup>提出,用Ca(OH)<sub>2</sub>处理可去除提取液中的非菊粉物质。我们参照制糖工艺<sup>[6]</sup>,在提取液中添加石灰乳,调pH11,80℃搅拌保温20min,继以磷酸回调至pH5.0,再保温20min,过滤得钙处理液。处理结果(表1)表明,处理后平均总糖收得率可达96.9%,总

表1 菊粉提取液的钙处理

序号	体 积(ml)		总糖浓度(%)		总 糖 收得率 (%)	处理液 透光度 (%)
	处理前	处理后	处理前	处理后		
1	2100	1881	13.6	14.8	97.5	85.0
2	2300	2053	14.8	15.9	95.9	87.0
3	2210	1975	14.7	15.9	96.9	86.0
平均	2210	1975	14.7	15.9	96.9	86.0

糖损失3.1%,而滤液的平均透光度可达86.0%,质量大为提高。Kierstan 等人<sup>[1]</sup>认为,钙处理会导致提取物中游离果糖的损耗,但在适宜条件下这种损耗不超过总糖总量的2.0%,我们的实验结果,接近这种水平。

2.3 菊粉酶解条件的研究 菊粉可以通过酸法和酶法水解制备糖浆,然而果糖在低pH时容易降解,产生颜色和形成二果糖二酐(difrucosedianhydride)<sup>[6]</sup>,从而降低果糖产率并造成精制上的困难。本研究采用酶法水解菊粉,探讨酶解时底物、加酶量、pH值、温度等条件对酶解效果的影响。

2.3.1 底物的影响 分别以菊粉提取液和纯菊

糖为底物(每g糖加20u菊粉酶),在50℃水浴中振荡酶解6h,结果菊粉提取液为底物的降解率(82.9%)高于纯菊糖的降解率(55.3%)。这可能是菊粉提取液中含有一些短链的多聚果糖更易被水解<sup>[7]</sup>。为了研究底物浓度的影响,以糖浓度10%、20%和30%菊粉提取物为底物,每g糖加酶26u,pH5.0,50℃振荡酶解6h,结果降解率分别为96.5%、98.7%和94.2%。这表明,底物糖浓度在10%~30%范围内酶解效率并无影响。工业生产上可适当提高底物浓度以减轻后处理中糖液浓缩的负担。但底物浓度也不宜过高,否则粘度增大将影响酶、菊粉以及酶解产物的扩散,而降低降解率。因此,底物糖浓度选择12%~15%。

2.3.2 加酶量的影响 采用加酶量10~26u/g糖,50℃下振荡酶解6h,结果降解率为73.8%~98.5%。故采用每g糖加26u菊粉酶。

2.3.3 pH值和温度的影响

将菊粉提取液(糖浓度12%)调至不同的pH值,在50℃下酶解6h,结果表明,酶解最适pH为5.0~5.5;pH偏酸性,可减少酶解中有色物质的形成。

将菊粉提取液置不同温度下水浴振荡酶解6h,(其它条件同上)结果表明,在50℃下酶解底物的降解率最高,可达98.5%,

2.3.4 酶解产物分析 用纸层析法对酶解产物进行定性分析表明,其主要成分为果糖及少量葡萄糖。用HPLC法分析测定,色谱图上仅出现果糖和葡萄糖峰,果糖占水解产物的85%。

2.4 酶解液制高果糖浆方法研究 酶解滤液中还原糖浓度还不高,并含有色素、无机离子等杂质,需进一步精制。

2.4.1 活性炭处理 酶解液的脱色和纯化,Vandamme 等人<sup>[2]</sup>认为可将酶解滤液依次通过阴离子、阳离子、弱阳离子树脂处理来实现。我们发现采用活性炭处理比较适宜。为此,酶解液在pH5.0,75℃水浴振荡保温处理

40min 的条件下, 对不同量活性炭(302 糖用湿

表 2 活性炭用量脱色效果的比较

活性炭量 (W/V%)	色素去除率* (%)	总糖收得率 (%)
1.5	75.3	97.6
2.0	78.1	96.5
2.5	83.0	95.3
3.0	86.4	94.4
4.0	91.2	93.2
5.0	96.8	91.8
6.0	97.2	89.5

\* 色素去除率(%) =  $(1 - X_1/X_2) \times 100\%$

式中  $X_1$  为处理后样品色度,  $X_2$  为处理前样品色度。

碳)进行脱色效果比较。结果(表 2)表明,随着活性炭用量增加,色素去除率明显提高,糖收得率随之下降。活性炭用量为 5% (W/V) 时色素去除率达 96.8%, 总糖收得率仍保持 91.8%。多次试验认为,活性炭用量 5% 合适。

2.4.2 离子交换树脂处理 碳脱液经抽滤的滤液中含有较多的离子, 可通过离子交换树脂处理加以去除<sup>[1]</sup>, 以降低灰分含量色度, 避免口感偏涩, 用 732\*(H<sup>+</sup>)阳离子和 711\*(OH<sup>-</sup>)阴离子交换树脂, 按树脂(湿)比待处理液为 1:10(V/V) 分别装柱, 使处理液先后通过上述两柱, 并控制流速使过柱液的 pH 值分别为 2.0 和 5.0, 碳脱滤液全部上柱后, 用无离子

表 3 炭脱液的离子交换树脂交换

序 号	体积(ml)		总糖(%)		总糖收得率 (%)
	过柱前	过柱后	过柱前	过柱后	
1	1800	3000	13.5	7.4	91.4
2	1900	3088	13.1	7.4	91.8
3	1900	3210	13.0	7.4	91.0

水洗涤树脂柱, 以回收残留在树脂的糖分。3 批试验结果(表 3)表明, 通过 732\* 及 711\* 两根离交柱的总糖收得率可达 91% 以上。

2.4.3 减压浓缩 从表 3 看出过柱液体积增

表 4 过柱液的减压浓缩

序 号	过柱液		浓缩液		总糖收得率 (%)
	体积(ml)	总糖(%)	重量(g)	固形物含量(%)	
1	3000	7.4	298.4	74.4	99.5
2	3100	7.4	308.2	73.6	99.3
3	3200	7.0	304.4	73.5	99.5

大, 总糖浓度降低, 只有通过浓缩才能达到高果糖浆质量要求的糖浓度。为此, 将过柱液在 60~65℃ 水浴中减压浓缩至固形物达 71% 以上。表 4 表明, 减压浓缩总糖收得率可达 99%。

2.4.4 成品质量分析 对 3 批试验的高果糖浆成品, 按轻工部颁布的 QB—1216—91《高果糖浆及其实验方法》试验方法<sup>[5]</sup>分析。3 批成品的外观均为淡黄、透明、无杂质, 具有甜味及果香气味; 固形物含量平均为 73.8%, 果糖含量(占固形物%)平均为 83.6%; DE 值、pH 值、色度、透光度、硫酸灰分、二氧化硫、铅、砷以及微生物等质量指标也进行了测定。结果表明, 3 批成品质量达到或超过部颁行业标准。

### 3 结论

从鲜菊芋块茎制备高果糖浆, 应尽量减少色素的形成。适宜的工艺环节包括: 制菊芋块茎干片提取菊粉、提取液的钙处理等。鲜菊芋在菊粉提取中色素形成较少, 但不易保存, 因此将新鲜块茎加工成干片是必须的。干菊芋片烘干时, 前阶段应保持高温, 后阶段温度较低以防止变焦。将菊芋干片粉碎, 以浸煮方法能有效地从中提取菊粉; 菊粉提取液经石灰乳等处理可去除果胶质、蛋白质、色素等大量非菊粉物质。本研究的酶解工艺条件, 具有底物降解率高, 酶解速度快以及无需用纯酶等特点; 酶解液精制高果糖浆, 操作简单, 总糖收得率较高。

总之, 以菊芋块茎为原料, 利用菊粉酶水解菊粉制备高果糖浆具有仅需一种酶、一步酶解转化率高, 产物纯, 生产工艺较简便, 而且不用粮食等优点。因此, 具有良好的应用前景。

### 参考文献

- 1 Kierstan Bbc M. et al. Process Biochem. 1980, 15(4): 2~4.
- 2 Vandamme E. J. et al. Adv. in Appl. Microbiol. 1983, 29: 139~147.

- 3 魏文铃. 食品科学, 1991, 10, 19~21.
- 4 郑忠辉等. 厦大学学报, 1995, 36(1): 82~87.
- 5 轻工部. 中华人民共和国行业标准 QB—1216—91. 果葡糖浆及试验方法.
- 6 Rong Xiao, et al. J. Ferment Technol. 1988, 66(5): 553~558.
- 7 Workman E. W. et al. Biotechnol. Bioeng. 1984, 26, 905~910.

## 腊香兔肉软罐头的研制

黄芝丰 欧阳崇学 刘永华 冯荣华 涂宗财

南昌大学食品科学与工程系 330047

**摘要** 以肉兔为主要原料, 经低盐与复合性配料腌制, 风干发酵, 阳光晾晒, 调味等工序制成的腊香兔肉软罐头。采用乙基麦芽酚与铁盐代替亚硝酸盐进行呈色, 使产品达到长期稳定的棕红色泽, 从而得到了具有色泽美观、肉质紧密、富有弹性、鲜嫩味美、咸淡适宜、腊香醇厚特征风味的产品。

**关键词** 腊香兔肉 乙基麦芽酚

兔肉营养丰富, 肉质细嫩, 易于消化, 具有高蛋白、低脂肪、含磷脂多、胆固醇少之特点。其化学组成大致为: 水分 72%~74%、蛋白质 23%~24%、脂肪 1.9%~2.4%、胆固醇含量仅有 60~85mg/100g, 是心血管病患者及肥胖者的理想动物食品, 因而兔肉在国际上享有美誉<sup>[1]</sup>。

我们研制的腊香兔肉软罐头, 采用乙基麦芽酚代替硝酸盐类进行呈色, 使腊香兔肉呈现光亮的棕红色泽, 避免硝酸盐类产生亚硝胺的致癌物质, 确保产品的安全卫生性; 采用低盐与复合性香辛料、调味料进行腌制, 快速风干发酵, 使产品具有肉质紧密, 富有弹性, 鲜嫩味美; 咸淡适宜, 腊香醇厚的独特风味。

### 1 材料与设备

#### 1.1 材料

兔肉、食盐、白砂糖、白酱油、黄酒、味精、鸡精、花椒、肉桂、白芷、八角、陈皮、砂仁、生姜、青葱、植物油、乙基麦芽

酚、柠檬酸铁、多聚磷酸钠等。

#### 1.2 设备

冷藏柜、烘干箱、夹层锅、真空封口机、高压杀菌锅

### 2 工艺流程设计

宰前准备→宰杀放血→擦洗截肢→剥皮去尾→剖腹整理→腌制处理→风干发酵→斩块调味→装袋封口→杀菌冷却

### 3 工艺操作要点

3.1 宰前准备: 选用健康活兔, 宰前须经 10~12h 断食, 但必须供水。停食是减少兔胃肠内容物, 以便摘除内脏, 防止屠体污染; 饮水可保持兔的正常生理机能, 降低血液粘稠度, 保证宰杀时放血充分。

3.2 宰杀放血: 试制时采用棒击宰杀方法, 即左手将兔肉耳提起, 右手持圆木棒, 猛击兔后脑部, 兔昏迷。然后将兔体倒挂于架上, 用刀切开颈动脉, 充分放血, 放血时间不少于 2min。