

青海高原菊芋 (*Helianthus tuberosus* L.) 开发研究述评*

黄相国¹, 葛菊梅, 沈裕虎, 王海庆, 张怀刚

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要: 对在青海高原开发野菜资源菊芋 (*Helianthus tuberosus* L.) 进行了述评。介绍了菊芋的生物学和生态学特性, 栽培管理方法。菊芋块茎富含菊糖, 经现代生物技术深加工后, 可得菊粉 (Inulin)。再以菊粉为原料经菊粉酶 (Inulinase EC3.2.1.7) 水解可制成低聚果糖 (Oligosaccharides)、超高果糖浆 (Ultrahigh fructose Glucose Syrup UHFGS)。菊粉、低聚果糖、超高果糖浆都是当今食品工业的一种全新的多功能配料, 是全水溶性膳食纤维, 同时还是双歧杆菌增殖因子, 应用前景非常广阔。

关键词: 菊芋; 开发; 青海高原

中图分类号: Q 949.783.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2004)02-0035-04

A Review of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Developing in Qinghai Plateau

HUANG Xiang-guo, GE Ju-mei, SHEN Yu-hu,

WANG Hai-qing, ZHANG Huai-gang

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining 810001, China)

Abstract: This paper reviewed the biological and ecological characteristic and the planting management of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Qinghai plateau. The Jerusalem artichoke contained rich inulin. After processing achieved alantoin by modern biological technology. The inulinase change them into oligosaccharides and ultrahigh fructose glucose syrups (UHFGS) by hydrolyzing. The inulin and oligosaccharide and UHFGS were new manifold burden and whole water-soluble meals fiber. At the same time they were propagation factor of lactobacillus bifidus. The development of Jerusalem artichoke must have a extensive prospect.

Key words: Jerusalem artichoke; Developing; Qinghai plateau

我国地域辽阔, 野菜资源丰富, 蕴藏量大, 常被采食的野菜多达30多科100余种。在无环境污染的条件下是一种天然的绿色食品, 且风味独特, 营养价值高, 有些野菜的营养成分还具有保健和医疗价值。菊芋 [Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)] 就是这样一种宝贵的植物资源, 开发利用前景广阔。

菊芋 Jerusalem artichoke, 别名: 洋姜。

1 菊芋的形态特征

多年生草本, 高1.5 m, 有块状地下茎, 茎直

立, 有分支, 被白色短糙毛和刚毛。叶对生或上部互生, 卵形或卵状椭圆形, 长6~16 cm, 宽至6 cm, 先端渐尖, 边缘有粗齿, 基部宽楔形或圆形, 正面对被白色粗毛, 背面被柔毛, 具长柄, 愈向上部, 叶渐小。头状花序较大, 单生枝顶, 直径2~8 cm; 总苞片多层, 披针形, 长约15 mm, 宽至4 mm, 先端渐尖, 背部有短伏毛; 托片长圆形, 先端3裂, 背面有肋; 舌状花黄色, 舌片长圆形, 长达3 cm; 管状花黄色, 多数。瘦果小, 楔形; 冠毛具2~4个有毛的扁芒^[1]。

细胞染色体: $2n=102$

* 收稿日期: 2003-11-18 修回日期: 2004-01-04

基金项目: 中国科学院西北高原生物研究所知识创新重点领域《作物与牧草改良》资助项目 (CXYL-2002-6)

作者简介: 黄相国 (1944-), 男, 研究员, 从事作物遗传育种和绿色食品研究。

2 地理分布

原产北美,在美国、加拿大、墨西哥等国分布较多;欧洲各国也有分布。我国东北、内蒙古、河北、河南、陕西、宁夏、甘肃、青海、江苏、浙江、安徽、湖北、湖南、四川等省区都有分布。

3 生物学与生态学特性^[2]

菊芋主要是依靠块茎进行繁殖。块茎在6~7即可发芽,8~10发芽最好。春季幼苗可以忍受0℃以上低温的微冻。出苗30d左右,在地下块茎处开始长出匍匐枝,当60d左右时,其匍匐枝的先端开始膨大,而形成小的块茎,块茎不断增大的时期,可延迟至地上部分枯死以前。秋季植株上部叶片能忍受-4~-5℃暂时低温的侵袭。块茎一般重50~70g,大的可达250~350g。一般每株生有15~30个块茎,多的可达50~60个。块茎有的集中在根系的周围,有的较为分散,这与品种和土壤的疏松度有关。在冬季-25~-30℃低温中菊芋块茎可以很好地保存在表面覆雪的土壤中。因此,种一次菊芋可以连续利用多年。

影响菊芋块茎形成的主要因素是温度。块茎形成的最适宜温度为18~22℃,过高过低对块茎的生长都不利。青海高原的生态环境适宜菊芋生长。此期间青海高原菊芋产地的平均温度:黄河、湟水流域和柴达木盆地分别是18~23℃、17.6~18.9℃、16~17℃,一般都在适宜范围。

4 菊芋的栽培要点

播前准备 在播种前必须深翻土壤和施用基肥。土壤深翻30cm即可,如能深翻到60cm则产量还可以提高。施用厩肥做基肥4.5t/hm²。耕后将土地整平,作畦即可播种。

播种 菊芋一般以种芋播种。在播种前必须将种芋选好,可选取大小均匀和重量约30g左右的块茎作为种芋。青海多于4月上、中旬土壤解冻后播种。播种量为450~600kg/hm²,行距60~100cm,株距30~40cm。还可采用正方形点播,以60cm×60cm为宜。播种深度以5~10cm为好,可随土壤性质而定。

田间管理 首先要及时中耕除草,幼苗期及现蕾前可进行2次中耕。在第2次中耕时,在植株

基部培土,以利块茎的生长发育。灌溉必须抓住幼苗期、现蕾期和盛花期3个关键时期。幼苗期追施一次氮肥,可使植株多长枝叶,现蕾之前追施一次钾肥,对块茎的增产有显著作用。

菊芋的收获时期主要取决于栽培目的和气候条件,如以青绿枝叶作为猪、羊饲料时,宜在幼嫩期刈割,在株高80~100cm时割取上部喂猪,残茬尚能继续生长。做青贮时,要在早霜前刈割,留茬10~15cm。用菊芋调制干草,要在现蕾至始花期刈割,割下就地晒干,趁早晚吸湿发软时运回贮藏。一般菊芋块茎产量22~30t/hm²,茎叶产量15t/hm²。

为利用块茎而栽培时,可推迟至第一次霜降时刈割茎叶,以免降低块茎产量。在冬季严寒少雪和潮湿粘重的土壤上,须在秋季挖掘块茎。如果可能延迟挖掘的地方,可在早春土壤解冻后块茎萌发前收获。秋季收获的块茎休眠期一般为80d左右,可浅堆贮藏,温度以不超过0~2℃为宜。需要注意的是菊芋块茎贮藏于低温下时,高分子量的菊粉化合物消失,同时蔗糖和小的果糖多聚物含量则增高。在菊芋中已发现对菊粉起作用的各种水解酶,但是它们与温度影响的关系还在深入研究中。

5 菊芋的开发利用前景分析

菊芋不仅是优良野菜,也是饲用的植物,又是工业上和医药上的重要原料。在它的块茎中含有比较多的菊粉,水解后可形成果糖。果糖可制造酒精,为工业原料,又可用于医药及制作糖果糕点等。同时还能利用菊芋渣和酵母菊粉发酵液菌体蛋白为饲料,发展畜牧养殖。此外,块茎脆嫩可口,可以炒食、煮食或腌制咸菜佐餐用。菊芋的茎叶富含蛋白质等营养成分,茎叶外观形态及蛋白质含量相当于串叶松香草(*Silphium perfoliatum* L.),牛、羊、猪、兔、鸡、鸭等均喜食。收获后的干茎叶也可加工颗粒饲料,发酵后加入饲料添加剂营养价值更高(表1~3)^[2~4]。

青海高原独特的生态环境(光照长,温差大)有利于菊芋形成高的块茎产量(平均30000kg/hm²),可以为菊芋的综合深加工开发提供原料保证。

表1 菊芋块茎的化学成分*

Table 1 Chemical composition of tuber in the Jerusalem artichoke

项目 Item	水分 Water /%	占绝对干物质/% % of absolute dry matter W t					钙/% Ca	磷/% P	样品来源 Samples source
		粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	无氮浸出物 Extraction of without nitrogen	粗灰分 Crude ash			
鲜块茎 Fresh tuber	72.8	11.76	3.61	11.76	60.29	12.58	0.05	0.04	武汉
	72.5	12.63	4.91	7.37	70.88	4.21	0.05	0.03	扬州
	87.4	11.11	5.08	7.94	55.55	10.32	0.05	0.02	贵州
干块茎 Dry tuber	7.5	10.16	1.95	29.95	46.70	11.24	-	-	辽宁
	5.3	11.83	1.37	27.88	46.88	12.04	-	-	吉林

* 注: 表1~ 表3均引自《中国饲用植物志》第2卷, 256页。

表2 菊芋的必须氨基酸成分%

Table 2 Indispensable amino acid content of Jerusalem artichoke

分析项目 Item	赖氨酸 Lys	色氨酸 Try.	蛋氨酸 Met	苏氨酸 Thr.	异亮氨酸 Ile	组氨酸 His	精氨酸 Arg	苯丙氨酸 Phe
新鲜块茎 Fresh tuber	0.09	0.24	0.09	0.80	0.09	0.06	0.12	0.13

表3 菊芋的绿色部分和青贮绿色部分的化学成分比较

Table 3 Comparison on chemical composition of green part and ensiling part of Jerusalem artichoke

分析项目 Item	水分 Water /%	占绝对干物质/% % of absolute dry matter W t				灰分 Ash
		粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	无氮浸出物 Extraction of without nitrogen	
绿色部分 Green part	84.1	9.59	1.61	17.16	49.16	13.61
青贮绿色部分 Green part of ensiling	82.8	8.02	2.27	18.90	51.39	11.57

菊粉 (Inulin) 是富含于菊芋 (Jerusalem artichoke) 等多种菊科植物中的天然果糖糖^[5-7], 利用菊粉酶 (Inulinase) 水解菊粉生产出低聚果糖 (Oligosaccharides) 或以果糖为主要成分的超高果糖浆 (Ultra-high fructose Glucose Syrup UH-FGS), 它们的应用潜力已有报道^[8-10]。菊粉、低聚果糖、超高果糖浆是当今食品的一种全新的多功能配料, 是一种全水溶性膳食纤维, 同时还是双歧杆菌增殖因子, 应用前景非常广阔, 市场潜力大, 经济效益好。以菊粉为原料, 再经生物技术转化可制成高纯度的低聚果糖。

菊粉、低聚果糖和果糖的加工工艺路线基本相同。一般 1 t 菊芋块茎可出菊芋汁 1~ 1.5 t; 6.6~ 6.7 t 可生产超高果糖浆 1 t; 需种植菊芋 1.467.4 m²。在利用菊芋提取菊粉工艺的基础上, 增加菊粉酶水解步骤, 便延伸为制糖工艺。进一步

控制菊粉的水解底物的条件, 可分别生产低聚果糖和超高果糖。物料全部管道输送, 进行机械化、自动化控制。设备利用率高, 节省劳力。生产过程中菊芋清洗、粉碎过滤二步骤, 目的是除去菊芋中的泥砂, 加快有效成分的浸出, 含菊粉固体物料变为液体物料便于运送。净化、浓缩二步骤, 目的是液体物料中的多余水分、色素、杂蛋白、金属离子、酸根等。喷雾干燥法是目前最常用的液体物料的工艺步骤。是生产菊粉的重要手段。菊芋制糖的关键是菊粉酶水解工艺。控制酶的添加量、酸碱度、反应温度和时间, 分别生产低聚果糖浆和超高果糖浆^[11]。

菊粉: 菊芋块茎中含有菊糖, 它是一种碳水化合物, 由 35 个果糖单位和一个葡萄糖单位组成, 制成粉剂菊粉, 其分子式: (C₆H₁₀O₅)_n。菊粉是一种白色或微黄色固体粉末, 口感微甜, 可溶于

水, 10% 的水溶液 pH 值呈中性, 熔点约为 178 , 密度约为 1.35 g/cm³。理化指标, 见表 4。

表 4 菊粉的理化指标

Table 4 Index of physical and chemical in Inulin

指标 Index	一般菊粉 General Inulin
原料名称 Name	菊芋块茎 Tuber of Jerusalem artichoke
干燥失重 Loss W t by dry	5%
干物质中菊粉含量 Content of Inulin in dry matter	90%
干物质中单糖、二糖含量 Content of simple and double sugar	10%
干物质中蛋白质含量 Content of protein in dry matter	3%
灰分 Ash	1%
pH 值(10% 水溶液) pH- value(10% aqueous solution)	6~ 8
重金属(以 Pb 计) mg/kg Heavy metal (by Pb measure) mg/kg	2.0

性能和作用: 无毒副作用, 食用安全可靠。具有水溶性好的膳食纤维, 有低脂肪和能量, 可以模拟出油脂润滑、细腻的口感特性, 是巧克力中油脂的合适替代品, 是清真巧克力的必用原料。可以作为保健食品的基料, 药用载体和食品添加剂, 还可以配制饲料。也是进一步加工生产超高果糖和低聚果糖的原料。菊粉为固体粉末, 易吸潮结块, 但成分和保健功能保持不变。在极端条件下, 如酸性条件 (pH 2.0)、高水分 (40%)、长时间 (3 个月)、高温 (50) 容易产生水解。

低聚果糖: 是一种非消化性低聚糖, 性能和作用是: 低聚合度碳水化合物中的化合键是特殊结构, 不能被体内消化酶水解, 能被肠道内菌群酵解, 形成短链羧酸和一些气体, 有利于有益菌生长增殖和代谢。实验证明低聚果糖可被结肠菌群一种有益健康的细菌——双歧杆菌选择性水解和发酵。双歧杆菌具有这种特性是由于它能分泌特定的酶, 因此对人体产生一系列有益的影响。如增加排便量和排便次数, 减少便秘, 降低血糖, 降低血液中胆固醇, 降低血脂, 减少二次胆汁酸的生成 (二次胆汁酸是一次胆汁经肠道细菌作用而来, 是一种大肠癌症诱发因子)。低聚果糖对家畜、家禽有同样功能, 是功能性饲料添加剂。

低聚果糖在食品工业中使用防腐性能较好, 所制食品较便于保存, 不易发霉变酸。吸潮性较低, 可减少食品吸潮变质。热稳定性较高, 受热时较少焦化变色。甜味纯正, 较蔗糖清爽, 如用作口

服液配料, 可提高其中成分的生物活性。

超高果糖浆: 果糖含量可达 80% 以上, 它的甜度为蔗糖的 1.2~ 1.8 倍。具有爽口功能, 可与各种其他不同的味并存, 且不掩盖其他香味, 抗微生物性能好, 具有比蔗糖更好的保藏效果。高果糖浆的甜味在低温下更浓烈可口, 因此是冷冻食品 (冰淇淋、酸奶) 良好的甜味剂。

综上所述, 在青海高原菊芋深加工的关键技术是有效成分菊粉的提取, 再利用微生物发酵产生的菊粉酶水解菊粉, 生产低聚果糖和超高果糖浆。菊芋新品种选育和建立菊芋种植基地, 完善菊芋工业化深加工生产专用技术和设备, 降低消耗。建立菊芋深加工实验研究中心, 进行菊粉酶优良菌种的选育, 不断提高菊粉酶的发酵活力。使产品不断提高档次, 增加经济效益。

参考文献:

- [1] 中国科学院西北高原生物研究所编著. 青海植物志 (第 3 卷) [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1996. 355
- [2] 中国饲用植物志编辑委员会. 中国饲用植物志 (第 2 卷) [M]. 北京: 农业出版社, 1989. 256~ 261.
- [3] F. B. 索尔兹伯里, C. 罗斯著, 北京大学生物系, 北京农业大学农学系等译. 植物生理学 [M]. 北京: 科学出版社, 1979, 193~ 196
- [4] 黄相国, 沈裕虎, 葛菊梅, 等. 优质饲料——串叶松香草 [J]. 青海科技, 2003, (2): 27~ 28
- [5] Rutherford P. P, Deacen A. C. β Fructofuranosidases from roots of dandelin [J]. Biochem J. 1972, 126: 569~ 573
- [6] Gupta A. K, Bhatia I. S. Glucofructosan metabolism in cichorium intybus roots [J]. Phytochemistry, 1985, 24: 1423~ 1427.
- [7] Kierstan M. P. J. Production of fructose syrups from inulin containing plants [J]. Biotechnol Bioeng, 1978, 20: 447~ 450
- [8] Grotwassink J. W. D, Fleming S. E. Non-specific β fructofuranosidase (inulinase) from Kluyveromyces fragilis: batch and continuous fermentation, simple recovery method and some industrial properties [J]. Enzyme Microb Technol, 1980, 2: 45~ 53
- [9] Baipei P, Margaritis A. Immobilization of Kluyveromyces cells containing inulinase activity in open pore gelatin matrix: 2. Application for high fructose syrups production [J]. Enzyme Microb Technol, 1985, 7: 459~ 461.
- [10] Uhm T. B, Byun S. m. Thermal stability of the multiple charge isoforms of inulinase from Aspegillus niger [J]. Biotechnol Lett, 1987, 9: 287~ 290
- [11] 王建华. 一步法制备超高果糖浆工程研究进展 [J]. 粮油食品科技, 1999, 7(4): 1~ 4