

文章编号:1671-1513(2011)01-0001-05

水苏糖的制备、功能及应用

徐宝财, 张桂菊

(北京工商大学 食品学院/食品风味化学北京市重点实验室, 北京 100048)

摘要: 水苏糖是一种新兴的功能性低聚糖,是一种优良的功能性食品原料,含有水苏糖的食物已被许多国家接受为健康食品. 介绍了水苏糖的制备方法,论述了水苏糖在增殖双歧杆菌、调节肠内菌群、降血脂血压等方面的生理功效. 对其在食品、医药、化妆品及饲料等领域的应用开发现状及前景进行了讨论.

关键词: 功能性低聚糖; 水苏糖; 双歧杆菌; 功能食品

中图分类号: TS201.3

文献标志码: A

功能性低聚糖,是指对机体健康具有一定改善效果的功能性糖类,多是由2~10个单糖通过糖苷键连接形成的低度聚合糖. 主要品种包括低聚木糖、低聚果糖、低聚异麦芽糖、低聚半乳糖、水苏糖、海藻糖等. 随着人类生活水平的提高以及对健康的追求,功能性低聚糖已走进人们的生活. 功能糖由于能调节肠道菌群、改善脂质代谢、提高身体免疫力等健康功能和增强食品营养和加工性能,可用于各种功能食品,并逐步发展到医药、化工、饲料和植物调节等领域中.

功能性低聚糖的研究是当今食品研究领域的前沿课题,也是生命科学最活跃的领域之一. 水苏糖是一种优质的功能性低聚糖,经毒理学实验证实,它安全可靠,无毒副作用. 随着人类健康保健意识的提高以及功能食品研究和生产技术的发展,水苏糖在功能食品及医药行业得到日益广泛的应用,已成为国内外功能性低聚糖研究和开发的热点.

1 水苏糖的性质

水苏糖是天然存在的一种四糖,分子式为 $C_{24}H_{42}O_{21}$,其结构为果糖-葡萄糖-半乳糖-乳糖,如图

1. 纯净的水苏糖为白色粉末,其甜度是蔗糖的22%,并且口感清爽,无异味. 水苏糖极易溶解于水中,溶解度130 g(20℃),不溶于乙醚、乙醇等有机溶剂. 结晶水苏糖为带4个分子结晶水的片状晶体,熔点101℃,在真空中加热可失去结晶水,无水水苏糖的熔点为167℃~170℃.

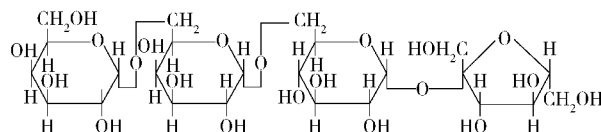


图1 水苏糖的化学结构^[1]

Fig. 1 Structure of stachyose^[1]

2 水苏糖的制备

水苏糖的制备方法目前主要有天然提取法和酶法两种. 酶法制备水苏糖是最近发展起来的方法,多处于试验研究阶段.

水苏糖较广泛存在于天然植物中,目前,生产水苏糖主要以草石蚕、银白条或大豆等天然植物为原料,一般经水提、除杂、脱色、精制等过程制得^[2]. 草石蚕是唇形科水苏属多年草本植物,块茎呈螺旋状,又名宝塔菜、地牯牛、露子、地瘤等,在我国重庆、江

收稿日期: 2010-12-31

基金项目: 北京市属高校人才强教计划资助项目(PHR200906109).

作者简介: 徐宝财,男,北京工商大学食品学院院长,教授,博士,主要从事精细化学品方面的研究.

苏、河北、陕西等地作为泡菜原料种植, 含约 12% ~ 15% 以水苏糖为主的低聚糖. 草食蚕作为水苏糖的生产原料, 一般分为鲜基或干基两种, 以鲜基作原料, 生产工艺简单, 生产周期短, 生产效率高^[3]. 利用草石蚕提取水苏糖的脱色^[4], 一般采用离子交换树脂, 活性炭方法脱色, 因原料中含有酚类氧化酶, 易产生褐色物质, 脱色难, 易污染离子交换树脂, 并增加了污水量. 为了解决提取草石蚕中水苏糖脱色难问题, 陈德经等^[5]对鲜原料分别进行直接打浆法、开水浸烫法、微波法处理, 提取后用石灰澄清、磷酸中和、臭氧脱色、柱层析脱色, 脱色率可达 99.4%.

中药地黄中含有水苏糖 39.4%^[6], 地黄中水苏糖的提取以水提法为主, Tomod^[7]、张汝学^[8]、王晓莉^[9]等地黄提取液进行阳离子树脂交换, 再用活性炭柱层析得到水苏糖等寡糖. 但是使用离子交换树脂使工艺复杂, 制备周期延长, 且水苏糖的得率低. 武卫红^[10]以鲜地黄为原料进行了水苏糖醇提工艺的研究, 对地黄寡糖的分离纯化工艺进行了改进, 将大孔吸附树脂和葡聚糖凝胶柱层析应用于水苏糖的分离中. 樊海燕等^[11]对水苏糖的分离和脱色技术进行了研究, 将水苏糖提取液经微滤预处理后超滤, 可使提取液中水苏糖含量提升, 并将提取液初步脱色, 脱色率为 72.4%. 其中脱色效果以活性炭最好, 水苏糖的损失较小.

3 水苏糖的功能

水苏糖具有显著的增值双歧杆菌、润肠通便、防止便秘、降低血压和血脂、预防龋齿等功能.

3.1 增殖双歧杆菌、调节肠内菌群

水苏糖不为人体肠胃消化液所分解, 但实验证明水苏糖对肠道有益菌如双歧杆菌、乳杆菌有特异性的增殖作用, 水苏糖对双歧杆菌的增殖效果优于低聚异麦芽糖和低聚果糖; 水苏糖还能抑制腐败菌如大肠杆菌和产气荚膜梭菌的生长, 从而抑制由于腐败菌代谢而产生的酚、氨、吲哚等有害物质. 水苏糖因而具有改善肠道内环境、改善肠道菌群失衡的功能^[12-15]. 水苏糖被双歧杆菌利用后能分解产生提高人体免疫力的多重免疫功能因子—如甘露三糖、甘露醇、棉子糖、半乳糖等, 因而具有提高机体免疫力的功能.

3.2 润肠通便

水苏糖结构中有很多羟基, 在肠道中可以很好地吸收水分, 而起到膳食纤维的功能, 还可与增殖有益菌的作用相协调, 对便秘和腹泻有双重调节作用. 席昭雁等^[16]对水苏糖治疗便秘进行临床观察, 结果显示水苏糖能显著促进双歧杆菌增殖, 降低肠道 pH 值, 促进胃肠蠕动, 具有润肠通便功效^[17-18].

钙、铁、锌及 B 族维生素等与铅的吸收有关, 这几种物质联合应用可以减少铅在小肠内的吸收^[19], 而水苏糖能促进合成 B 族维生素; 并且由于具有润肠通便功效, 可以减少食物残渣在肠道内的停留, 水苏糖从而可减少铅在肠道内被吸收的可能性.

3.3 降低血压和血脂

水苏糖可以通过增殖双歧杆菌来抑制胆固醇的合成, 起到降低血清胆固醇含量的功效^[20]. 有试验表明^[21-22], 摄入水苏糖能够降低血压; 高脂血症患者服用水苏糖制剂后, 血清总胆固醇浓度和低密度脂蛋白胆固醇也有显著的降低.

3.4 保护肝脏

水苏糖可有效减少有毒代谢产物的形成, 可以减少肝脏分解毒素的负担. 研究也证实水苏糖对于肝脏具有保护作用, 对临床、亚临床肝性脑病具有一定的预防作用^[23-25].

3.5 预防龋齿

龋齿一般是由口腔微生物, 特别是链球菌发酵糖类大量繁殖、产酸并侵蚀牙齿形成的. 水苏糖不能被引起龋齿的链球菌等口腔微生物所利用, 经常食用也不会引起龋齿.

3.6 促进微量元素的吸收

水苏糖可通过调节肠道内 pH 值, 促进人体对钙、铁、镁、锌等多种微量元素的有效吸收, 如服用水苏糖制品因有利于 Ca 的吸收, 可促进儿童生长, 防止老年骨质疏松^[26-27].

4 水苏糖的应用

由于具有特异的理化性质和生理功效, 水苏糖在食品、医药、化妆品、饲料、酿酒等领域有广泛应用前景.

功能性低聚糖在美国、日本和欧洲等发达地区得到了广泛的开发利用, 在日本和欧洲用功能性低聚糖开发的食品达 400 ~ 500 种, 我国则起步较晚,

尚未形成规模. 日本是水苏糖产业化规模最大的国家,由日本厚生省批准的69种特定保健食品中有40种加有水苏糖;美国也是水苏糖的开发力度最大,专利技术最多、程度最深,应用范围最广的国家之一.

4.1 在食品工业中的应用

在一般的食品加工工艺条件下,水苏糖不与食品原料或食品添加剂发生化学反应,也不会影响食品的气味或味道,是一种优良的功能性食品原料. 经毒理学实验表明,水苏糖安全可靠,无毒副作用;其结构清楚,功效作用明显,可用于面包、馒头、蛋糕、甜点、糖果、乳制品、饮料、冰淇淋等食品中,可用于开发适宜不同消费者需要的多种功能食品^[28].

水苏糖具有良好的热稳定性,能耐100℃的高温,因此,水苏糖可用于需热压处理的食品. 用于酸性饮料时,只要pH值不太低,在100℃的杀菌条件下也很稳定.

水苏糖的甜度为蔗糖的22%,其热值为8.36 kJ/g,约为蔗糖的50%,是低热量的甜味剂. 同时,水苏糖对糖尿病人的糖和脂质代谢无影响,可用作糖尿病患者的甜味剂替代品^[29]. 水苏糖不能被引起龋齿的链球菌等口腔微生物所利用,可以防止龋齿,可以替代部分蔗糖用于生产蛋糕、甜点以及各种糖果,这些食品添加水苏糖后,既能保持一定的甜度,又能预防龋齿,故适合于制作儿童食品.

水苏糖在80℃以上具有着色性,加入面包、饼干等焙烤食品中,可使焙烤食品产生令人愉快的焦黄色. 水苏糖还有抑制淀粉老化作用,用于面包、馒头等加工中,能防止产品变硬,使其松软可口,并可延长贮藏期^[30-31].

水苏糖的粘度随温度的升高而降低,其结晶性低于蔗糖,可用于需要甜度又不能结晶的冰淇淋、棒冰等冷饮及巧克力的生产,作为部分蔗糖的替代品.

蛋白质、氨基酸等含氮化合物被肠道内腐败菌代谢后,产生的氨、胺、硫化氢、酚等产物和细菌毒素会引发多种疾病,促进衰老. 摄入水苏糖后,肠内的腐败指标明显下降,腐败菌的代谢产物的含量也显著减少. 因此,水苏糖可用于开发延缓衰老类功能食品.

抗生素在杀死有害菌的同时也会杀死许多有益菌,长期服用抗生素,会产生肠道内正常菌群的失

调,胃肠道功能紊乱,消化不良等副作用,服用水苏糖制品可以防止或减少抗生素副作用的产生,含有水苏糖的制品因而可用于使用抗生素病人的辅助治疗.

4.2 在制药领域中的应用

水苏糖作为一种功能性低聚糖,具有防病、抗病、抗衰老等医学价值,对多种慢性疾病有潜在的预防治疗作用,其生理功效明确,理化性质稳定,可作为“靶向给药”的稳定剂. 另外,水苏糖粘度高,吸水能力强,可用作药物赋形剂,也适用于冲剂、胶囊剂、片剂、口服液等剂型的医药品^[32].

4.3 在化妆品中的应用

水苏糖分子中含有很多羟基,其持水保湿效果非常好. 水苏糖可依靠一定的粘度,在皮肤上形成一层水化膜,对角质层保持保湿作用,防止皮肤干燥,同时也可防止皮肤水分的蒸发和防止皮肤中弹性蛋白和透明质酸分解. 用于护肤类和清洁类化妆品,可改善皮肤的粗糙性,使皮肤产生光滑感,从而达到护肤润肤的目的^[33].

水苏糖在皮肤营养和美容类化妆品中有很好的应用前景,主要表现在维持皮肤弹性和可塑性,延缓皮肤衰老等功效方面^[34],若与其他抗自由基物质合用,会有更好的嫩肤及抗皮肤衰老效果. 作为一种新型的功能性化妆品原料,水苏糖已经在爽肤水、面膜等产品中得到了应用.

4.4 在饲料工业中的应用

功能性低聚糖在饲料中的应用研究近几年比较活跃. 研究发现^[35],在玉米-大豆浓缩蛋白型低寡糖日粮中添加不同剂量的水苏糖制剂,可不同程度地增加肉仔鸡消化器官的绝对质量,对盲肠和结直肠的作用效果尤为明显. 仔鸡消化器官的相对质量增加,表明其黏膜代谢速度加快,营养素用于维持的比例增加,这可能是水苏糖影响肉仔鸡生长性能的原因之一.

水苏糖是一种非消化寡糖,由于其特有的功能性和非消化性,对动物的消化生理和营养素代谢产生重要影响^[36-38],如水苏糖对家禽肠道有益菌如双歧杆菌有增殖作用^[39]. 在仔猪的饲料中添加水苏糖,可以调节仔猪体内菌群,提高有益菌数量,减少有害菌,提高仔猪的免疫能力,促进仔猪对矿物元素的吸收.

5 结 语

水苏糖具有良好的医学及保健价值,相对其它功能性低聚糖,其功效显著,有效用量少,适宜的消费者人群广泛,市场需求大. 水苏糖来源于天然植物,安全性高,应用范围广,有效物质含量高,非常符合现代食品、医药和化妆品对原料的要求,在发达国家已得到了广泛的开发利用,在我国则起步较晚,其开发和应用正在日益受到重视. 相信随着水苏糖研究开发的深入和人们健康保健意识的不断提高,水苏糖的应用范围会不断拓展,市场前景广阔.

参考文献:

- [1] 梁丽心. 功能性低聚糖—水苏糖[J]. 中国食品添加剂,2004(4):51-54.
- [2] 张金泽,周志桥,曾明,等. 用工业色谱分离技术制备高纯度水苏糖的方法:中国,CN:101633676[P]. 2010-01-27.
- [3] 向志刚,张梅,黄传维. 水苏糖提取鲜基草食蚕贮藏适宜温湿度和贮藏期研究[J]. 食品科学,2007,23(7):148-150.
- [4] Ahmad S, Gupta P, Sharmin E, et al. Synthesis, characterization and development of high performance siloxane modified epoxypaints[J]. Progress in Organic Coatings, 2005,54:248-255.
- [5] 陈德经,韩豪,郭婷. 草石蚕中水苏糖提取的脱色工艺研究[J]. 食品科学,2009,30(20):60-63.
- [6] 雷金艳,贾建伟. 地黄中水苏糖的研究进展[J]. 医学综述,2010,16(6):935-937.
- [7] Tomod M, Kato S, Onuma M. Water-soluble constituents of Rehmanniae Radix [J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin,1971,19(7):1455-1460.
- [8] 张汝学,樊俊杰,贾正平,等. 地黄中寡糖的提取分离工艺研究[J]. 解放军药学报,2005,21(1):34-37.
- [9] 王晓莉. 中药地黄中寡糖的提取分离及灌胃给药对实验性糖尿病大鼠的药理作用[D]. 上海:第三军医大学,2003.
- [10] 武卫红. 地黄寡糖的制备工艺及其药理活性研究[D]. 济南:山东大学,2006.
- [11] 樊海燕,孙道华,何宁,等. 地黄中水苏糖的分离与脱色[J]. 精细化工,2008,25(11):1087-1091.
- [12] Yin Junfa, Yang Gengliang, Wang Sumin, et al. Purification and determination of stachyose in Chinese artichoke by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection[J]. Talanta,2006,70(1):208-212.
- [13] Boehm G, Lidestri M, Casetta P, et al. Supplementation of a bovine milk formula with an oligosaccharide mixture increases counts of faecal bifidobacteria in pre-term infants[J]. Archives of Disease in Childhood. Fetal and Neonatal Edition,2002,86:178-181.
- [14] Bouhnik Y, Raskine L, Simoneau G, et al. The capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacteria in healthy humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study [J]. Am J Clin Nutr, 2004, 80(6):1658-1664.
- [15] Roy D, Chevaier P, Savoie L. Sugars fermented by Bifid bacterium infants ATCC27920 in relation to growth and α -galactosidase activity [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1991,34(8):653-655.
- [16] 席昭雁,赵起华,任宏强,等. 水苏糖治疗便秘 53 例[J]. 陕西中医,2007, 28(1): 62-64.
- [17] Ritter A J, Savaiano D, Barnes D, et al. Prebiotic formulations and methods of use for improvement in gastrointestinal health: US,20100215738 [P]. 2010-08-26.
- [18] Chen H L, Lu Y H, Lin J J, et al. Effects of isomalto-oligosaccharides on bowel functions and indicators of nutritional status in constipated elderly men[J]. J Am College of Nutr,2001,20(1):44-49.
- [19] 白雪涛,刘建荣. 钙锌铁硒及 B 族维生素联合应用对大鼠小肠铅吸收的影响[J]. 广东微量元素科学,1998,9(5):23.
- [20] 杨昌林. 水苏糖—新一代超强双歧因子[J]. 中国食品报保健产业导刊,2003,4(1):58-63.
- [21] 王晓,张孝范. 保健功能因子大豆低聚糖及其开发[J]. 西部粮油科技,1999,24(1):31-33.
- [22] 杨昌林. 水苏糖制剂对 83 例高脂血症患者降脂作用的疗效观察[C]. 北京:第一届营养与保健食品专业研讨会,2007.
- [23] 李瑞军,唐晓山,杨昭徐. 中药提取物水苏糖对临床/亚临床肝性脑病的预防作用[J]. 中国新药杂志,2001, 10(6): 428-430.
- [24] 张秋红. 大豆低聚糖的生理功能及在食品中的应用[J]. 粮食加工,2005,30(5):47-48.
- [25] 李瑞军,吕栋,廖胜东,等. 中药提取物水苏糖治疗亚临床肝性脑病 30 例[J]. 中国新药杂志, 2003, 12

- (6): 469–471.
- [26] Heuvel E G, Schaafsma G, Muys T, et al. Nondigestible oligosaccharides do not interfere with calcium and nonheme-iron absorption in young healthy men[J]. *Am J Clin Nutr*, 1998, 67(3): 445–451.
- [27] Mineo H, Hara H, Kikuchi H, et al. Various indigestible saccharides enhance net calcium transport from the epithelium of the small and large intestine of rats in vitro[J]. *J Nutr*, 2001, 131(12): 3243–3246.
- [28] 黄晓春. 水苏糖: 适于开发多种功能食品[J]. *行业信息与市场动态*, 2008, 11(6): 41–42.
- [29] 刘冠军, 董海渊, 刘文, 等. 大豆低聚糖及其在食品中的应用[J]. *中国食物与营养*, 2006, 7(3): 34–36.
- [30] 李晓东, 马莺, 任运宏, 等. 国产大豆低聚糖在点心、面包中的应用研究[J]. *东北农业大学学报*, 2006, 25(4): 180–183.
- [31] 吕俊丽, 张正茂, 梁灵, 等. 水苏糖对馒头品质的影响[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2009, 37(2): 199–202.
- [32] Nagata, Ryoichi, Haruta, et al. Intranasal pharmaceutical compositions with improved pharmacokinetics: WO, 2010131486[P]. 2010–11–18.
- [33] Kuromiya Tomomi, Suzuki Daisuke, Miyamoto Masayoshi. Cosmetic composition comprising galacto-oligosaccharide: WO, 2008148694[P]. 2008–12–11.
- [34] Moczar, Elemer, Robert, et al. Use of oligosaccharides in the prevention and treatment of the aging of tissues: US, 5910490[P]. 1999–06–08.
- [35] 易中华, 马秋刚, 王晓霞, 等. 水苏糖对肉仔鸡消化器官发育及肠黏膜形态的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2010, 32(3): 566–570.
- [36] Jiang H Q, Gong L M, Ma Y X, et al. Effect of stachyose supplementation on growth performance, nutrient digestibility and caecal fermentation characteristics in broilers[J]. *Br Poult Sci*, 2006, 47(4): 516–522.
- [37] 蒋红琴, 龚利敏, 贺永惠, 等. 日粮添加水苏糖对肉仔鸡鼠伤寒沙门氏菌感染控制效果的研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2007, 43(7): 25–27.
- [38] Pan B, Li D, Piao X, et al. Effect of dietary supplementation with alpha-galactosidase preparation and stachyose on growth performance, nutrient digestibility and intestinal bacterial populations of piglets[J]. *Arch Tierernahr*, 2002, 56(5): 327–337.
- [39] Grmanova M, Rada V, Sirotek K, et al. Naturally occurring prebiotic oligosaccharides in poultry feed mixtures[J]. *Folia Microbiologica*, 2010, 55(4): 326–328.

Preparation, Properties and Applications of Stachyose

XU Bao-cai, ZHANG Gui-ju

(*School of Food/Beijing Key Laboratory of Flavor Chemistry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China*)

Abstract: Stachyose is a new functional oligosaccharide. Foods containing stachyose were approved as the special health care foods in many countries. The preparation method of stachyose was introduced in this review. Its physiological functions such as stimulating the growth of bifidobacteria, regulating intestinal flora and lowering blood fat and pressure were reviewed. The application of stachyose in food, pharmaceutical, cosmetic and feed were discussed.

Key words: functional oligosaccharides; stachyose; bifidobacteria; health care foods

(责任编辑:王 宽)