

及作用机理研究不多。因此,有待于进一步研究。

参考文献

- 1 吴培熙著. 聚合物共混改性. 北京:中国轻工业出版社, 1998.
- 2 王树桐译. [苏]托斯托古佐夫著. 人造营养食品. 北京:农业出版社, 1985.
- 3 Tolstoguzov V B. Functional Property of Food Macromolecules, Elsevier Applied Science Publishers Ltd. London and New York, 1986, 385.
- 4 赵谋明等. 食品与发酵工业, 1993 (4): 45 ~ 56.
- 5 赵谋明等. 食品与发酵工业, 1995 (1): 1 ~ 7.
- 6 李志达等. 食品与发酵工业, 1995 (2): 1 ~ 8.
- 7 李博等. 食品与发酵工业, 1995 (6): 1 ~ 8.
- 8 刘通讯等. 食品科学, 1995 (6): 9 ~ 12.
- 9 Delben. Journal of Food Engineering, 1997, 31: 325 ~ 346.
- 10 Delben. Journal of Food Engineering, 1997, 31: 347 ~ 363.
- 11 陈炯糖. 食品科学(台湾), 1993, 20(1): 9 ~ 20.
- 12 Tolstoguzov V B. Food Hydrocolloids, 1991, 4(6): 429 ~ 468.
- 13 Gurov A N. Food Hydrocolloids, 1988, 2(4): 267 ~ 283, 285 ~ 296.
- 14 Bernal V B. Journal of Food Science, 1987, 52(5): 1121 ~ 1125.
- 15 Kato A. Agri. Biol. Chem, 1990, 543: 107.
- 16 王璋等译. 食品化学. 北京:中国轻工业出版社, 1991.
- 17 Semenova M G. Food hydrocolloids, 1990, 3(6): 447 ~ 456.
- 18 Dickinson E, Stephen R. Colloids in food. Applied science, London, 1982.
- 19 Vcadimir B. Journal of Agricultural and food chemistry, 1985, 33(2): 150 ~ 159.
- 20 Susan M. Journal of food science, 1992, 57(5): 1051 ~ 1055.
- 21 Muhrbeck P. Eliasson A C. Journal of Texture studies, 1991, 22: 317 ~ 332.
- 22 Chiract A. Journal of texture studies, 1994, (25): 33 ~ 43.
- 23 蔡震寿. 食品科学(台湾), 1992, 19(3): 291 ~ 301.
- 24 蔡震寿. 食品科学(台湾), 1995, 22(5): 514 ~ 520.
- 25 Burova T V. Carbohydrate Polymers, 1992, 18: 101 ~ 108.
- 26 Ming - jun Lee. J. Agri. Food Chem, 1991, 39(1): 17 ~ 21.
- 27 郭煌林. 食品工业(台湾), 1994, 26(10): 45 ~ 46.
- 28 Jose M A. Journal of Food Science, 1997.
- 29 Sterberg M et al. J Dairy Sci, 1976, 59: 1042.
- 30 Hidalgo J et al. J. Dairy Sci, 1969, 17: 1084.
- 31 Hidalgo J et al. J. Sci Food Agric, 1977, 28: 661.
- 32 Gafied I L et al. FEBS Lett. 1972, 28: 29.
- 33 林金鹏. 食品科学(台湾), 1995, 22(5): 533 ~ 541.
- 34 Nakamura S. J. Agri. Food Chem, 1992, 40: 735 ~ 739.
- 35 Imeson A P. J. Sci. Food Agri, 1977, 27: 621.

难消化淀粉的功能及其食品中的应用

欧仕益 傅亮 黄才欢 暨南大学食品科技研究中心 广州 510632
朱新贵 华南农业大学食品科学系

摘 要 难消化淀粉是指难以被小肠吸收消化的淀粉,它被结肠微生物发酵产生许多独特的生理作用;如抑制餐后血糖升高、防治肠胃疾病、降低血清胆固醇含量、促进益生菌的繁殖等。与膳食纤维相比,其发酵率更高,产生的丁酸更多。难消化淀粉的物性与普通淀粉相似,添加到食品后不会改变食品的颜色和质地。在国外,难消化淀粉已应用到许多食品中。

关键词 难消化淀粉 生理功能 应用

Abstract Enzyme - resistant starch (RS) refers to starch that is indigestible in small intestine and is fermented in colon by micro biota. Compared with non - starch polysaccharides, RS has had higher fermentation rate (almost completely fermented) and produced more butyric acid when fermented in colon. RS intake could lower postprandial serum glucose and HDL cholesterol, protect against colon cancer and colitis, and promote the growth of probiotics. Its physical properties were found similar to those of common starch and the addition of RS would not change the color and texture of foods. Today, many kinds of RS - fortified foods have been prepared for consumers such as bread, buns, breakfast cereals, extruded foods, snacks, pasta, biscuits, yoghurt, ice cream, confectionary and beverages etc.

Key words Enzyme - resistant starch Physiological function Application

难消化淀粉(Enzyme-resistant starch, RS)是指不能被小肠中淀粉酶降解的那部分淀粉^[1],因此它像膳食纤维一样不能被小肠吸收。难消化淀粉具有许多独特的功能,目前越来越引起人们的重视。在几类难消化淀粉中,凝沉难消化淀粉(RS₃)是最有应用前景的,因为它可采用工程方法生产,不会随加工操作而变得可消化。近年来,国外在RS的研究和开发上开展了许多工作,而国内的相关研究报道却不很多。本文就难消化淀粉的功能、制备、测定方法及其在食品中的应用作简单的综述,以促进RS的研究。

1 难消化淀粉的生理功能

1.1 防治肠胃疾病

和膳食纤维一样,RS能防治便秘、结肠炎和结肠癌、直肠癌。摄食RS能增加粪便的湿度、重量和体积,减少排空时间^[2],从而防止便秘。RS防治结肠癌、直肠癌的机理与膳食纤维相似。一是在结肠中发酵产生短链脂肪酸特别是醋酸,抑制腐败菌的生长;二是吸附致癌物质如次生胆汁酸、某些酚类等;三是促进肠道蠕动,增加粪便体积,稀释致癌物,减少它们与肠细胞接触的机会;四是产生丁酸^[3]。丁酸及其衍生物对癌症的预防和治疗作用已在分子水平上得到阐明,并用于临床^[4]。更为重要的是,RS比膳食纤维表现出更好的营养特性(表1),它在结肠中的发酵率高,产生的丁酸量比任何一种膳食纤维都多^[2,5]。

1.2 降低血糖、胰岛素的反应

动物实验表明,RS有明显的降血糖效果^[6]。对于非胰岛素依赖型的糖尿病患者,RS的最主要作用是抑制餐后血糖升高^[7]。研究表明,RS主要通过吸附葡萄糖和抑制α-淀粉酶的活性延缓淀粉的降解和葡萄糖的吸收抑制餐后血糖升高^[8]。

1.3 降低血清胆固醇,防治心血管疾病

RS主要通过以下途径降低血清和肝中的胆固醇含量。一是束缚脂肪,减少小肠对脂肪的吸收^[6]。二是吸附胆汁酸排出体外,促进胆固醇向胆汁酸转化。Trautwein等的研究表明,RS能使胆汁酸从粪便中的排出80%^[11]。三是促进结肠有益微生物的繁殖,增加丙酸的产生,丙酸输送到肝脏后抑制胆固醇的合成^[6]。近来发现,摄食RS能大大降低血清中的HDL胆固醇含量,但LDL胆固醇含量却增加^[12]。单食RS时,RS主要在近结肠发酵,这不能充分发挥RS降低胆固醇和防治结肠癌的作用。Govers等和Morita等发现,将RS和麦麸、亚麻籽膳食纤维混合

食用可使大部分RS达到粪中发酵,从而产生良好的降胆固醇和防治结肠癌的效果^[13,14]。

1.4 改变结肠微生物群落,促进肠道有益微生物繁殖

结肠中有益微生物如双歧杆菌、乳酸杆菌具有许多生理功能,如降低肠道pH、减少腐败物和致癌物的产生、产生B族维生素、促进肠道蠕动、提高人体免疫力等^[15]。摄食RS能使结肠中的双歧杆菌和乳酸杆菌增加10~100倍,而梭杆菌、拟杆菌数量下降^[12,16]。RS对微生物群落的有选择性影响使有害物质氮和有害酶葡萄糖苷酸酶下降。

1.5 与能量代谢关系

研究表明,摄食RS在体内所产生的热量不及淀粉的十分之一,有人认为,RS在体内根本就不产生能量^[2]。由于在被调查者中普遍反映摄食RS后能产生持久的饱腹感^[17],暗示RS可作为一种很有前途的减肥食品。

RS要能产生上述功能,必须达到一定数量,推荐量为每天20g。事实上,一些西方国家每日摄食量为5~7g,我国还未有这方面的数据。

2 RS的测定

RS测定的最简便方法是重量法^[18],具体方法如下:
样品→α-淀粉酶(pH=6.0, 100℃, 30min)→蛋白酶(pH=7.5, 60℃, 30min)→葡萄糖淀粉酶(pH=4.5, 60℃, 30min)→过滤→残渣→乙醇洗、去离子水洗,烘干,称重。除去灰分、蛋白质,剩下的即为RS。此方法测定的主要为RS₂。

咀嚼法,即测定的第一步不采用α-淀粉酶降解可被酶作用的淀粉,再用蛋白酶和葡萄糖淀粉酶水解蛋白质和降解的糊精^[19]。

最能准确测定方法是活体法。如测定回肠造口术病人的回肠渗出物中淀粉含量、采用插管法测定小鼠回肠渗出物中的淀粉含量、采用结肠切除术测定小鼠回肠渗出物中淀粉含量等^[19]。这些方法准确,但麻烦。

3 RS的制备

在几种RS中,只有RS₃最适合采用工程方法制备。Sivert等^[20]的制备流程如下:

淀粉+水→121℃,1h→42℃,12h→干燥。
以直链淀粉含量为70%的玉米淀粉为原料,采用上述方法

表1 RS与膳食纤维在大肠中的生理效应比较

特性	难消化淀粉	水溶性膳食纤维	水不溶性膳食纤维
水溶性	-	+	-
发酵度	+++	+++	-
短链脂肪酸产生量	+++	+++	-
丁酸产生量	+++	++	-
降低回肠pH	+++	+++	-
增加粪便含水量	++	++	+
增加粪便重量(干重)	++	+	+++
缩短排空时间	++	-	+++

注:+, -表示程度。

可获得 RS₃ 量达 21.3% 的产品 ;如果干燥前采用 α - 淀粉酶处理 ,则可制备出纯度很市制 RS₃ 制品。

RS₃ 的产量首先受直链淀粉含量的影响 ,含量越高 ,获得的产品其 RS₃ 含量也高。第二是热、冷循环数(即加热后冷却、再加热、再冷却的次数),玉米淀粉经过 4 个循环后直链淀粉含量达 31.8% ,20 个循环则超过 46%。第三是调淀粉糊时的加水量 ,加水量为淀粉量的 3.5 倍(重量比)时 RS₃ 产量最高。干燥方式不影响 RS₃ 的含量。

但上述工艺流程的生产周期太长,可采用适当的工艺缩短生产时间。

4 RS 在食品的应用

4.1 RS 的物性

RS 与淀粉相似,添加到食品后,它不会影响食品的感官和质地。首先,其颜色为白色,不会影响食品的颜色。其次,其特水力低,吸水性差,适合用于焙烤食品。第三,颗粒细小,添加后不会产生沙粒感。第四,它和普通淀粉一样,可膨化,且膨化后不影响其难消化性^[17],故可用作膨化食品的添加物。第一,RS₃ 的糊化温度特别高(超过 150℃),几乎不影响热加工后的难消化性。

4.2 RS 在食品中的应用

4.2.1 在面粉类食品中的应用

国外已将 RS 应用到面包、包子、小吃、通心面、饼干等面粉类制品中。其中最引人注目的是面包。人们一直试图将非淀粉多糖类添加到面包中生产膳食纤维强化面包,但添加这类膳食纤维后,面包发不起(体积变小),口感差(质地变硬),面团的速冻和焙烤品质下降,色泽也不受人欢迎。而 RS 则成功地解决了上述问题,添加 RS 后面团质地和结构良好。又因 RS 的吸水性低很适合生产速冻面团。

研究表明,摄食 Hi-maizeTM(一种 RS 产品)添加量为 5.6% 的面包,比食用不加 RS 的面包的膳后血糖指数下降一倍。

4.2.2 在膨化食品中的应用

RS 用于膨化食品,不会影响膨化食品的质地,也不会在膨化后被小肠消化吸收。研究表明,添加 RS 后,食品的膨化度增加,密度下降,脆性得到改善^[5]。由于其吸水力弱,将加有 RS 的

膨化食品浸泡到牛奶等饮料中食用时,其质地虽变软但不会崩溃,且可维持较长时间的脆性。

4.2.3 在酸奶等发酵食品中的应用

RS 不仅是双歧杆菌、乳酸杆菌等益生菌繁殖的良好基质,还可作为菌体保存剂,研究表明,加有 RS 的酸奶,乳酸杆菌的数量明显高于对照,饮用后,通过菌体的存活率也大为提高^[5]。

此外,RS 也适用于饮料,由于容易磨成微小颗粒,只要充分分散,就不会沉淀,也不会有砂粒感。

综上所述,RS 具有许多独特的功能和良好的物性,几乎各方面的特性都优于非淀粉多糖类的膳食纤维,是值得开发的一种新型保健食品基料。而且它的原料是廉价的、直链淀粉含量高的玉米,可以预见,RS 的大规模生产必将推动农副产品的深加工和综合利用,促进农副产品的增值。提高农民的收入水平。

参考文献

- 1 Englyst HN et al. Am j Clin Nutr, 1985, 42: 778.
- 2 Brown IL et al. Food Australia, 2000, 52: 22.
- 3 欧仕益等. 膳食纤维研究进展. 粮食与饲料工业, 1997, 2: 39.
- 4 Smith JG. German JB. Food Technol, 1995, 49: 87.
- 5 Baghurst PA et al. Suppl to Food Austral, 1996, 48: sl.
- 6 吴建平. 食品与发酵工业, 1999, 25: 66.
- 7 Liljiberg HGM et al. J Nutr, 1996, 126: 458.
- 8 欧仕益等. 营养学报, 1998, 20: 32.
- 9 Ramakrishna BS et al. J Med, 2000, 342: 308.
- 10 Heijnen MLA et al. Am J Clin Nutr, 1997, 65: 167.
- 11 Trautwein EA et al. Bioch. Biophys Acta, 1999, 1437: 1.
- 12 Jenkins DJ et al. Metabolism, 1999, 48: 264.
- 13 Govers MJ et al. Gut, 1999, 45: 840.
- 14 Morita T et al. J Nutr, 1999, 129: 2091.
- 15 王俊勇,刁复强. 国外医学-卫生学分册, 1998, 3: 156.
- 16 Silvi S et al. J Appl Microbiol, 1999, 86: 251.
- 17 Meance S et al. Eur J Clin Nutr, 1999, 53: 844.
- 18 Prosky L et al. J Assoc Off Anal Chem, 1985, 68: 677.
- 19 Anna KE Akerberg et al. J Nut.
- 20 Sivert D. Pomeranz Y. Cereal Chem, 1989, 66: 342.