

难消化糊精的研究进展

苏会波, 林海龙

(中粮营养健康研究院/国家能源生物液体燃料研发中心,北京 100020)

摘要: 难消化糊精是抗消化、低热量的膳食纤维食品,具有降低血糖血脂、防止血糖升高、改善肠胃功能、促进体内益生菌增殖和预防疾病等生理功能,2012年被卫生部批准为普通食品。随着人们生活品质提高,越来越注重食品保健功能,难消化糊精的市场前景极其广阔。作者对难消化糊精的理化和结构特性、研究进展、生理功效、应用领域和产品市场概况进行总结分析,以期能促进难消化糊精行业的可持续健康发展。

关键字: 难消化糊精;膳食纤维;研究进展;市场现状

中图分类号:TS 231 文献标志码:A 文章编号:1673—1689(2014)01—0001—07

Research Progress and Market Status of Health Food—Indigestible dextrin

SU Huibo, LIN Hailong

(COFCO Nutrition and Health Research Institute/National Energy Biological Liquid Fuel R&D Center, Beijing 100020, China)

Abstract: Indigestible dextrin is low-calorie dietary fiber, with many physiological functions such as reducing blood fat and pressure, preventing blood glucose increase and diseases, enhancing stomach function and facilitating proliferation of probiotic bacteria. Since the people pay more and more attention on the healthcare function of food, indigestible dextrin will have a broad market prospect. To promote its sustainable and healthy development, the physical, chemical and structure property, research progress, physiological function, application field and market profile of indigestible dextrin were summarized and analyzed in this manuscript.

Keywords: Indigestible dextrin, dietary fiber, research progress, market status

难消化糊精又称抗性糊精,是由淀粉加工而成的一种低热量葡聚糖,属于膳食纤维的一种^[1-8]。膳食纤维是人类饮食中重要的营养成分,被认为是糖、蛋白质、脂肪、维他命、矿物质之外的“第六营养

成分”^[9],具有改善人体肠胃功能、调节血糖和脂肪代谢、降低血清胆固醇、促进矿物质吸收等生理功能。根据溶解性差异,市场上的膳食纤维分为不溶性和可溶性两种,而水溶性膳食纤维根据聚合度不

收稿日期:2013-10-08

基金项目:国家863计划项目(2012AA022304);中粮集团有限公司资助项目(2013-C2-T001L)

作者简介:苏会波(1983—),男,河南沁阳人,工学博士,高级工程师,主要从事生物化工技术、生物基产品、生物质能源研究。

E-mail:suhuibo@cofco.com

同,又分为高分子膳食纤维和小分子膳食纤维。不溶性膳食纤维口感粗糙涩口,难以加工成口感鲜美的食品。高分子水溶性膳食纤维的黏度大,容易形成凝胶,也不适宜于食品加工。难消化糊精属于小分子的水溶性膳食纤维,具有黏度低、易吸收的特点,近年来成为食品加工行业的重点研究对象。

根据膳食纤维含量不同,难消化糊精分为 I 型和 II 型两种。难消化糊精含有抗人体消化酶(淀粉酶和糖化酶等)作用的成分,在消化道中不会被吸收利用,属于低热量的食品原料。中国卫生部发布的 2012 年第 16 号公告,根据《中华人民共和国食品安全法》和《新资源食品管理办法》有关规定,将抗性淀粉列为普通食品,并公布了抗性淀粉的基本信息和质量标准,要求企业生产经营时应当符合有关法律、法规、标准规定,具体指标见表 1。

表 1 卫生部公布的难消化糊精指标

Table 1 Quality index of indigestible dextrin published by Ministry of Health of PRC

项目	指标	
基本信息	来源:食用淀粉	
生产工艺简述	以食用淀粉为原料,在酸性条件下经糊精化反应制得的一种膳食纤维。	
质量要求	性状	白色至淡黄色粉末
	总膳食纤维/(g/hg)	≥82(根据 GB/T22224-2008)
	水分/(g/hg)	≤6
	灰分/(g/hg)	≤0.5
	pH	4~6
其他需要说明的情况	卫生安全指标应符合我国相关标准要求	

1 难消化糊精及其特性

1.1 理化特性

难消化糊精一般以粉末状存在,呈白色或淡黄色,略有甜味,易溶于水,其质量分数 10%水溶液 pH 为 4.0~6.0,呈酸性,不溶于乙醇。难消化糊精的水溶液黏度低(质量分数 30%水溶液约 0.01 Pa·s),黏度值随剪切速率和温度变化小。难消化糊精耐热、耐酸、耐冷冻性好,发热量低。

1.2 结构特性

难消化糊精一般的生产工艺过程如下:将淀粉加入一定浓度酸溶液中,进行浸泡搅拌;混合均匀后加热一段时间,使淀粉在酸热条件下分解成焦糊精。将溶液过滤后进行预干燥、粉碎,之后在高温下进行焙烤。焙烤结束后用清水调成乳状,然后加入一定量的液化酶和糖化酶进行水解,水解液灭酶后进行脱色和离子交换进行除杂,之后再离心收集上清液,进行浓缩和喷雾干燥,最后得到难消化糊精产品^[10-11],基本生产工艺流程如图 1 所示。

淀粉在酸溶液中经过加热处理后,会降解成小分子的单糖、双糖、低聚糖以及糊精,这些小分子物质在高温条件下重新聚合,生成难消化糊精。聚合后的葡萄糖分子间通过 α -1,4 糖苷键、 α (β)-1,6 糖苷键、 α (β)-1,3 糖苷键和 α -1,2 糖苷键等化学键连接,其中 α (β)-1,6 糖苷键、 α (β)-1,3 糖苷键和 α -1,2 糖苷键不能或很难被 α -淀粉酶和糖化酶降解,故称为难消化糊精。部分还原末端上的葡萄糖会发生分子内脱水,生成缩葡聚糖等不规则结构^[12-13]。黄东东等运用热重分析(TG)和差示扫描量热

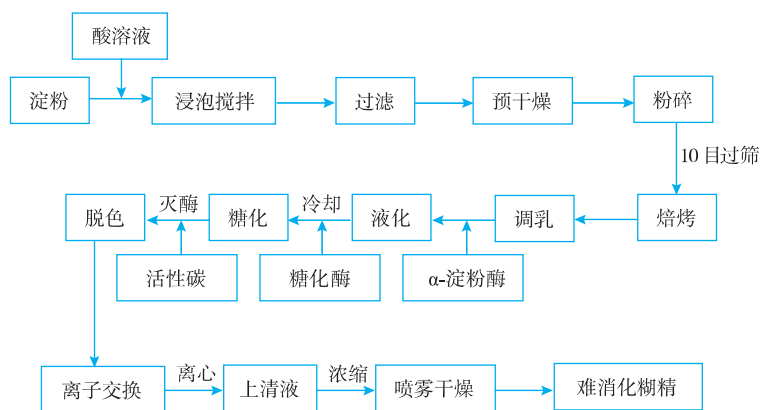


图 1 难消化糊精生产流程

Fig. 1 Production process of indigestible dextrin

分析技术(DSC),对日本松谷的难消化糊精产品 Fibersol-2 进行热性能分析,发现该产品含有多种晶体结构,以支链淀粉晶体为主^[5]。这些支链晶体结构可能是在加热分解过程中,由淀粉所含的还原性

葡萄糖端基发生分子内脱水或被解离的葡萄糖残基转移到任意羟基上形成的,难消化糊精的分子结构如图 2 所示。

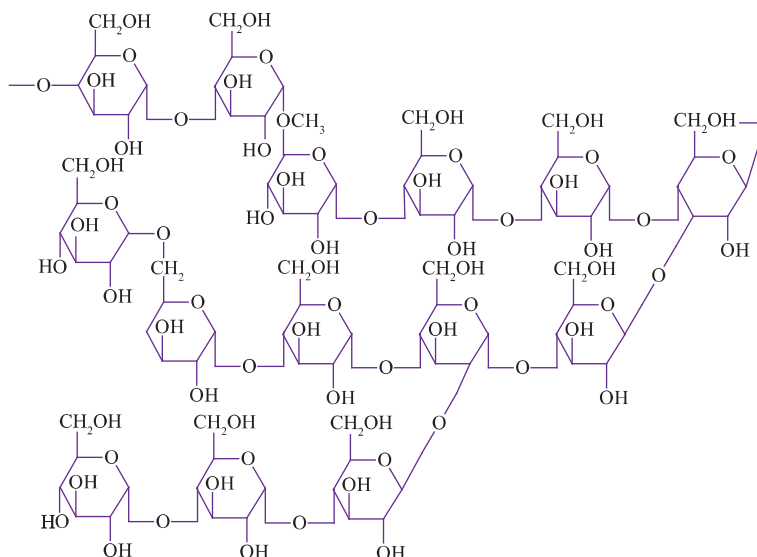


图 2 难消化糊精的结构

Fig. 2 Structure of indigestible dextrin

2 研究进展

日本科学家在 20 世纪 80 年代首先对难消化糊精进行研究。日本松谷化学工业株式会社的 Ohkuma 等人用质量分数 1.0% 的盐酸溶液(HCl)在 120~200 °C 时处理淀粉,采用酸热法制取难消化糊精,得到的产物纯度在 60% 以上,并以此申请了日本、韩国、美国和欧洲的专利^[11,14-17],所得产品被日本政府认定为特定保健用食品原料。2007 年,日本松谷化学工业株式会社申请了含有异构化糖的抗性麦芽糊精的制造方法的专利(CN 101052657),通过添加葡萄糖异构化酶,将难消化糊精中的消化成分转化成果糖糖浆,制取含有还原性葡萄糖果糖糖浆或还原果糖葡萄糖糖浆的还原难消化性糊精^[16]。Wang 等^[18]在 2011 年研究了高直链淀粉玉米中直链淀粉的含量和化学改性对制取难消化糊精含量的影响,结果发现由于改性剂在转糖苷反应中产生的位阻效应,以及糊化时存在的重聚合反应,会降低化学改性高直链淀粉玉米制得的难消化糊精含量。

20 世纪 90 年代后期,国内才开始对难消化糊精的生产方法、酶制剂使用等开展研究。顾正彪等^[12]研究了盐酸催化条件下,淀粉在焙烤过程中不同酸

热条件对淀粉分子降解和糖基转移的影响,并用 α -淀粉酶水解和糖化酶进行水解。分析糊精量的变化发现,在转化温度低于 200 °C 时,增加盐酸用量、升高焙烤温度和延长焙烤时间均有利于淀粉降解反应。华南理工大学的林勤保等^[19]以玉米淀粉为原料、盐酸作催化剂进行酸热处理得到焦糊精,再用耐高温淀粉酶和真菌 α -淀粉酶处理,然后经活性炭脱色、离子交换树脂精制、喷雾干燥制得难消化糊精产品,并申请了国内专利^[20]。基本生产工序为:以淀粉为原料,喷雾加入淀粉质量的 3%~10% 的质量分数为 1~3% 的盐酸作催化剂;搅拌均匀后,在 100~120 °C 条件下预热 1~4 h,使淀粉含水量降至 5% 以下,然后升温至 140~200 °C,焙烤 0.5~4.0 h 生成焦糊精。然后进行酶水解,将焦糊精加水制成 30%~50% 的乳液,pH 调为 6.0~6.5,加入淀粉质量 0.05%~0.60% 的耐高温淀粉酶在 100~105 °C 糊化,在 90~95 °C 液化。然后升温至 110~120 °C 灭酶活,冷却至 50~55 °C,pH 调至 5.0~5.5,加入淀粉质量 0.05%~0.30% 的真菌 α -淀粉酶,在 50~55 °C 保温 18~48 h,然后升温至 80 °C 灭酶活。所得溶液经活性炭脱色、过滤、离子交换树脂精制,喷雾干燥后得到难消化糊精产品。广东省食品工业研究所的寇秀颖

等^[21]用玉米淀粉作原料,加入质量分数 1%盐酸作催化剂进行酸热处理,用 α -淀粉酶和糖化酶进行酶解,可以制得质量分数不低于 60%的难消化糊精产品。研究发现,提高加热温度、增加加热时间、提高盐酸、 α -淀粉酶和糖化酶的添加量均可以提高产品中的难消化糊精成分含量。但考虑到产品的颜色、气味和生产成本,研究建议加热温度不超过 180 $^{\circ}\text{C}$,盐酸用量不超过质量分数 7%, α -淀粉酶和糖化酶的添加量分别不超过质量分数 0.5%和 0.3%。2007 年,该研究所申请了一种抗性麦芽糊精的制备方法的专利(CN1908017)^[19],在酶水解时用普鲁兰酶代替传统方法中的糖化酶,制得的难消化糊精产品膳食纤维含量高,色泽浅,应用范围宽广。2010 年,山东保龄宝生物股份有限公司申请了一种新型抗消化糊精的制备方法(CN 101870991)^[22],该专利采用高温淀粉酶、真菌酶、转苷酶和复合糖化酶等酶制剂进行直接转化生产,制取含功能性低聚糖的难消化糊精,产品中有效成分质量分数高于 90%,葡萄糖质量分数低于 1%。

最近关于难消化糊精的研究主要集中在物理改性、化学改性、酶改性和复合改性方法在生产原料上的应用,利用微波膨化处理淀粉、利用超声波加速酶水解等新技术也逐渐应用于难消化糊精的制备和抗酶解性能的研究^[23-28]。

3 生理功效

难消化糊精具有抗消化酶的特性,被人体摄入后不会被消化道吸收,属于低热量的膳食纤维食品。进入消化道后,在上消化道中可减缓对糖类吸收和饭后血糖的上升,并可阻止胆汁酸进入肠肝循环,从而降低血清胆固醇浓度。在下消化道中,通过机械式刺激,促进肠道蠕动,并可改善肠内菌群的状态,有利于形成短链脂肪酸等发酵产物,从而达到调理肠道的作用^[29-32]。

调节血糖、血脂和血压:难消化糊精进入人体肠道后,可以通过形成凝胶阻止糖类扩散、减少胰汁等消化道激素的分泌、抑制淀粉酶作用等途径,延缓和抑制糖类的吸收,从而阻止血糖和胰岛素升高。有研究曾对成年健康男子进行试验,对照组给予饴糖 75 g,试验组另加难消化性糊精 30 g,实验组的血糖、胰岛素、肠道和胰脏的血糖激素水平明显降低。难消化糊精是膳食纤维食品,人体摄入后,

可以降低人体内血清胆固醇、中性脂肪浓度和体内脂肪量,起到降血脂和改善体内脂类代谢的效果。有研究曾对正常健康人和非胰岛素依赖型糖尿病患者进行试验,健康者每天 3 次,每次给予难消化性糊精 10 g,共 8 周;患病人群每天 3 次,每次给予 20 g,共 12 周。发现空腹血糖、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇和中性脂肪的指标均下降。有实验证明难消化糊精还具有降低血压的作用,但作用机理不明。有研究曾用添加质量分数 3%难消化性糊精的饲料喂养自然性高血压大鼠,10 d 后血压比对照组有明显下降。

调节肠胃功能:难消化糊精可以被人体消化道中的有益微生物利用,促进益生菌生长繁殖,改善人体的免疫机能和肠道功能。难消化糊精进入大肠被肠道菌利用后,会产生短链脂肪酸,阻止癌细胞的生长繁殖,预防直肠癌。同时吸水膨胀后能促进肠道蠕动,可以有效预防结肠癌、便秘和痔疮等疾病。

4 应用领域

由于难消化糊精具有抗消化、低热量、易溶解、降血脂和血压等特点,目前已广泛应用于乳制品、保健品、婴儿食品、面制品、肉制品等饮料食品领域^[13]。

难消化糊精的口感与糖类相似,但是热量低,可以代替砂糖作为

低热量冰淇淋、乳酸型饮料的原料,同时可以促进乳酸菌和双歧杆菌等益生菌生物机能的充分发挥;难消化糊精具有防止血糖升高的功能,加入糖尿病人食品中可以有效防止糖尿病人的各种不良症状;难消化糊精是水溶性膳食纤维,可以加入保健食品中用于调节体内微生态平衡和肠道功能,润肠通便;难消化糊精的热量是 4.2 kJ/g,远低于糖类物质的 16.8 kJ/g,可以作为低热量添加剂应用于减肥食品;难消化糊精加入婴儿配方食品中,可以提高营养素的利用率,促进对钙、铁、锌等微量元素的吸收;难消化糊精加入饼干、馒头、糕点等面制品中,可以提高食品的口感、韧性和滋润性;难消化糊精代替脂肪加入肉制品中,可以与蛋白形成热稳定性凝胶,增强产品口感,生产出高蛋白、高膳食纤维、低脂肪、低盐和低热量的保健肉制品^[13,29,30,34]。

5 产品和市场概况

难消化糊精具有良好的功能特性和应用价值,

已经逐渐引起各国食品和保健品企业的重视。目前市场上的主要难消化糊精产品是日本松谷化学共业株式会社生产的“Fibersol-2”和“Fibersol-2B”,经过该公司推广,日本市场近30%的保健品均用该产品作为功能成分。日本的难消化糊精产量在膳食纤维中仅次于聚合葡萄糖,已广泛用于清凉饮料、果汁饮料、调味料和果子酱等产品的生产^[13]。美国泰莱公司(Tate&lyle)推出了Promitor可溶性玉米纤维产品,逐步开拓难消化糊精的保健品市场。法国罗盖特公司(Roquette)也推出有膳食纤维“Nutriose”系列和“Lycasin”系列,“Nutriose[®]FB”是一种可溶性膳食纤维,与“fibersol-2”功能类似,两种产品均耐高温、高压和冷冻,其他基本特性如表2所示^[35]。

目前,国内的难消化糊精主要作为原料用于高膳食纤维健康食品的生产^[36-37]。该类食品种类繁多,均被各公司冠以特定商品名称,导致国内难消化糊精市场的具体需求和市场供应量难以统计。尽管如此,国内各大知名食品企业均推出富含难消化糊精的健康食品,必然会推动国内难消化糊精市场的蓬勃发展。

6 结 语

随着人们越来越重视生活品质和食品的营养

保健功能,我国民众的饮食结构会发生根本性变化,由原来的细粮精食逐步过渡到摄取更多的膳食纤维。难消化糊精产品具有诸多有益的生理功效,可以有效调理人体的血糖、血脂、血压和显著改善肠胃功能,并且已广泛应用于国内外的饮料、普通食品和保健品中,具有相当可持续的商业价值和广阔的应用前景。

表2 Fibersol-2和Nutriose[®]FB的基本性质

Table 2 Basic property of Fibersol-2 and Nutriose[®]FB

特性	Fibersol-2	Nutriose [®] FB
热量/(kJ/g)	4.18	9.36
相对分子质量	1 600~2 000	4 000~6 000
甜味度(砂糖为100)	10	10
膳食纤维质量分数/%	90~95	82~88
DE值	8.0~12.5	4.0~8.0
pH值	4~6	4~6
黏度(质量分数30%水溶液)/(Pa·s)	0.015	0.025
溶解度/%	70	90
抗吸湿性(相对湿度)/%	80	80

参考文献:

- [1] Baghurst P A, Baghurst K I, Record S J. Dietary fiber, non-starch polysaccharides and resistant starch—a review [J]. *Food Australia*, 1996, 48(3): 33–35.
- [2] Cairns P, Sun L, Morris V J, et al. Physicochemical studies using amylose as an in vitro model for resistant starch [J]. *Journal of Cereal Science*, 1995, 21(1): 37–47.
- [3] Ranhotra G S, Gelroth J A, Glaser B K. Effect of resistant starch on blood and liver lipids in hamsters[J]. *Cereal Chem*, 1996, 73(2): 176–178.
- [4] Ranhotra G S, Gelroth J A, Glaser B K. Energy value of resistant starch[J]. *Journal of Food Science*, 1996, 61(2): 453–455.
- [5] 黄东东, 寇秀颖, 王学文, 等. 知名抗性淀粉热性质分析[I][J]. 现代食品科技, 2007, 23(1): 91–92.
HUANG Dongdong, KOU Xiuying, WANG Xuewen, et al. Thermal property analysis of resistant starch [I][J]. *Modern Food Science and Technology*, 2007, 23(1): 91–92. (in Chinese)
- [6] Goda T, Kajiya Y, Suruga K, et al. Availability, fermentability, and energy value of resistant maltodextrin: modeling of short-term indirect calorimetric measurements in healthy adults[J]. *American Society for Nutrition*, 2006, 83(6): 1321–1330.
- [7] Kazuhiro O, Isao M, Yasuo K, et al. Development of indigestible dextrin [J]. *The Japanese Society of Applied Glycoscience*, 2006, 53(1): 65–69.
- [8] Brouns F, Arrigoni E, Langkilde A M, et al. Physiological and metabolic properties of a digestion-resistant maltodextrin, classified as type 3 retrograded resistant starch[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(4): 1574–1581.
- [9] 大隈一裕, 西端丰秀. 水溶性膳食纤维 Fibersol-2[J]. 食品科学, 2004, 25(4): 218–220.
OHKUMA Kazuhiro, MATSUDA Isao. Hydrosoluble Dietary Fibre) Fibersol-2 [J]. *Food Science*, 2004, 25(4): 218–220. (in Chinese)

- [10] 林勤保,杨连生,罗发兴,等. 以淀粉为原料制造难消化糊精[J]. 食品与发酵工业,1995(5):49-51.
LIN Qinbao,YANG Liansheng,LUO Faxing,et al. Preparation of indigestible dextrin from starch [J]. **Food and Fermentation Industries**,1995(5):49-51.(in Chinese)
- [11] Ohkuma K,Matsuda I,Hanno Y. Method for preparing low calorie dextrin:USA,US5430141 A [P].1995-07-04.
- [12] 顾正彪,王志强,谢春阳. 淀粉酸热转化过程研究[J]. 陕西粮油科技,1996,21(3):43-45.
GU Zhengbiao,WANG Zhiqiang,XIE Chunyang. Research on acid thermal conversion process of starch [J]. **China Western Cereals & Oils Technology**,1996,21(3):43-45.(in Chinese)
- [13] 周焕霞,王彩梅,袁卫涛,等. 抗性糊精的特性、功能及市场前景[J]. 发酵科技通讯,2011,40(4):54-56.
ZHOU Huanxia,WANG Caimei,YUAN Weitao,et al. Property,function and market prospect of resistant dextrin [J]. **Fermentation Technology Communication**,2011,40(4):54-56.(in Chinese)
- [14] Ohkuma K,Hanno Y,Inada K,et al. Indigestible dextrin:USA,US005364652A [P].1994-11-15.
- [15] Ohkuma K,Hanno Y,Inada K,et al. Indigestible dextrin:Europe,EP0540421A1 [P].1993-05-05.
- [16] 大隈一裕,松田功市,原敬司,等. 含有异构化糖的难消化性糊精的制造方法[P]. 中国专利:CN101052657B. 2010-11-03.
- [17] 大隈一裕,半野敬夫,稻田和之,等. 难消化デキストリン[P]. 日本专利:JP5255402A. 1993-10-05.
- [18] Wang Y-J,Kozlowski R,Delgado G A. Enzyme resistant dextrans from high amylose corn mutant starches [J]. **Starch - Starke**,2001,53(1):21-26.
- [19] 黄东东,寇秀颖,李春荣,等. 一种抗性麦芽糊精的制备工艺:中国,1908017 [P].2008-12-24.
- [20] 林勤保,杨连生,罗发兴,等. 难消化糊精的制备方法:中国,CN1037444C [P].1995-07-12.
- [21] 寇秀颖,黄东东,王三永,等. 难消化糊精及其制备工艺[J]. 食品科技,2007(9):50-52.
KOU Xiuying,HUANG Dongdong,WANG Sanyong,et al. Indigestible dextrin and preparation technology [J]. **Food Science and Technology**,2007(9):50-52.(in Chinese)
- [22] 袁卫涛,王彩梅. 一种新型抗消化糊精的制备方法[P]. 中国专利:CN101870991A.2010-10-27.
- [23] Radosta S,Kettlitz B,Schierbaum F,et al. Studies on rye starch properties and modification. Part II:swelling and solubility behaviour of rye starch granules[J]. **Starch-Starke**,1992,44(1):8-14.
- [24] Guraya H S,James C,Champagne E T. Effect of enzyme concentration and storage temperature on the formation of slowly digestible starch from cooked debranched rice starch[J]. **Starch-Starke**,2001,53(3-4):131-139.
- [25] Shin S I,Choi H J,Chung K M,et al. Slowly digestible starch from debranched waxy sorghum starch:preparation and properties [J]. **Cereal Chemistry Journal**,2004,81(3):404-408.
- [26] Han X -Z,Ao Z,Janaswamy S,et al. Development of a low glycemic maize starch:preparation and characterization [J]. **Biomacromolecules**,2006,7(4):1162-1168.
- [27] 李晓玺,陈玲,邹芳建,等. 微波对高链玉米淀粉颗粒抗消化性能的影响[J]. 食品科学,2007,28(10):105-108.
LI Xiaoxi,CHEN Ling,ZOU Fangjian,et al. Effect of microwave on digestion resistibility of high amylose maize starch granule[J]. **Food Science**,2007,28(10):105-108.(in Chinese)
- [28] 蓝平,陈阿明,李冬雪,等. 超声波作用对木薯淀粉化学反应性能的影响[J]. 食品科技,2012,37(3):246-249.
LAN Ping,CHEN Aming,LI Dongxue,et al. The effect of ultrasound on the chemical reaction properties of cassavastarch[J]. **Food Science and Technology**,2012,37(3):246-249.(in Chinese)
- [29] 大隈一裕,刘凌. 难消化糊精 Fibersol-2 的保健功效[J]. 中国食物与营养,2002(2):50-51.
OHKUMA Kazuhiro,LIU Ling. Healthy function of indigestible dextrin fibersol-2 [J]. **Food and Nutrition in China**,2002(2):50-51.(in Chinese)
- [30] 徐仰丽,刘亚伟,任伟豪. 抗性糊精的研究进展[J]. 河南工业大学学报:自然科学版,2008,29(4):67-71.
XU Yangli,LIU Yawei,REN Weihao. Research progress of resistant dextrin [J]. **Journal of Henan University of Technology : Natural Science Edition**,2008,29(4):67-71.(in Chinese)
- [31] 尹月玲,张姝,王明珠,等. 抗性糊精的研究进展及市场现状[J]. 精细与专用化学品,2012,20(12):34-37.
YIN Yueling,ZHANG Shu,WANG Mingzhu,et al. Research progress and market status of resistant dextrin [J]. **Fine and Specialty Chemicals**,2012,20(12):34-37.(in Chinese)
- [32] 张泽生,朱洁,张颖,等. 抗性糊精对小鼠血糖及糖耐量的影响[J]. 食品科技,2010,35(8):112-114.

- ZHANG Zesheng, ZHU Jie, ZHANG Ying, et al. Effect of indigestible dextrin on the serum glucose and the glucose tolerance in mice[J]. **Food Science and Technology**, 2010, 35(8): 112-114. (in Chinese)
- [33] 付银龙, 钱和. 难消化糊精及其应用[J]. 食品工业, 2003(3): 14-15.
FU Yinlong, QIAN He. Indigestible dextrin and application[J]. **The Food Industry**, 2003(3): 14-15. (in Chinese)
- [34] 杨海军. 功能性食品配料——水溶性膳食纤维[J]. 中国食物与营养, 2003(9): 29-31.
YANG Haijun. Functional food additives——soluble dietary fiber [J]. **Food and Nutrition in China**, 2003 (9): 29-31. (in Chinese)
- [35] 滕健, 孙英. 抗性麦芽糊精研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2012(4): 35-37, 43.
TENG Jian, SUN Ying. Research progress of resistant malt dextrin [J]. **Cereal and Feed Industry**, 2012 (4): 35-37, 43. (in Chinese)
- [36] 张群. 改性环糊精的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(9): 1232.
ZHANG Qun. Research on modified cyclodextrin [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31 (9): 1232. (in Chinese)
- [37] 金征宇, 王金鹏, 柏玉香. 环糊精制备过程的催化机制及其影响因素[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(1): 1-8.
JIN Zhengyu, WANG Jinpeng, BAI Yuxiang. Catalytic mechanisms and influence factors on cyclodextrin preparation [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2013, 32(1): 1-8. (in Chinese)

会 议 信 息

会议名称(中文): 德国细胞生物学学会第 37 届年会

会议名称(英文): 37th Annual Meeting German Society for Cell Biology (DGZ)

所属学科: 生物物理学、生物化学及分子生物学, 细胞生物学

开始日期: 2014-03-18

结束日期: 2014-03-21

所在国家: 德国

所在城市: 德国

具体地点: Regensburg

主办单位: 德国细胞生物学学会

摘要截稿日期: 2014-01-31

联系人: Prof. Dr. Eugen Kerkhoff

联系电话: +49 (0) 941-944-8922

E-MAIL: Eugen.Kerkhoff@klinik.uni-regensburg.de

会议网站: <http://www.zellbiologie2014.de/>

会议名称(中文): 第七次亚太细胞生物学组织大会

会议名称(英文): 7th Congress of the Asian Pacific Organization for Cell Biology (APOCB)

所属学科: 生物物理学、生物化学及分子生物学, 细胞生物学

开始日期: 2014-02-24

结束日期: 2014-02-27

所在国家: 新加坡

具体地点: Singapore

主办单位: National University of Singapore (NUS), Nanyang Technological University (NTU), Institute of Molecular and Cell Biology (IMCB) and Temasek Life Sciences Laboratory (TLL)

E-MAIL: apocb@nus.edu.sg

会议网站: <http://www.dbs.nus.edu.sg/APOCB2014/>