

中国粉丝与日常食品中抗性淀粉含量的比较研究

张炳文¹, 张桂香², 沈蕊², 李洁琼², 王茂山¹, 范涛¹

(1. 济南大学酒店管理学院, 山东 济南 250022; 2. 济南大学医学与生命科学学院, 山东 济南 250022)

摘要: 为消除消费者对中国传统食品资源——粉丝的认识误区, 从抗性淀粉的角度对粉丝与日常食品做对比分析。结果显示: 普通食品中的抗性淀粉含量分别为: 热米饭 0.27%、凉馒头 1.99%、饼干 1.16%、方便面 1.64%, 粉丝中抗性淀粉的含量明显高于普通食品如: 甘薯粉丝 3.69%、绿豆粉丝 6.21%。

关键词: 中国粉丝; 日常食品; 抗性淀粉

Comparison of Resistant Starch Contents between Chinese Vermicelli and Daily Foods

ZHANG Bing-wen¹, ZHANG Gui-xiang², SHEN Rui², LI Jie-qiong², WANG Mao-shan¹, FAN Tao¹

(1. College of Hotel Management, University of Jinan, Jinan 250022, China;

2. College of Medicine and Life Sciences, University of Jinan, Jinan 250022, China)

Abstract: In order to eliminate Chinese consumers' misunderstanding of vermicelli as a traditional food, a comparative analysis on resistant starch contents between vermicelli and daily foods was conducted. The results showed that the contents of resistant starch in hot rice, cool steamed bread, cookies, instant noodles, sweet potato vermicelli and mung bean vermicelli were 0.27%, 1.99%, 1.16%, 1.64%, 3.69% and 6.21%, respectively. The content of resistant starch in vermicelli was obviously higher than that in ordinary foods.

Key words: Chinese vermicelli; daily foods; resistant starch

中图分类号: TS201.21

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)11-0062-04

抗性淀粉是近年来国际上新兴的食品研究领域, 其主要生理功效是防治便秘, 且具有预防肠癌、痔疮以及降血脂、预防脂肪肝的辅助功能, 特别对糖尿病和结肠癌具有明显的预防和辅助治疗效果, 在减肥食品中亦具有很重要的价值^[1-5]。抗性淀粉作为低热量组分在食物中存在, 可起到与膳食纤维相似的生理功能, 这引起生理学家和营养学家的广泛关注, 成为食品营养学的一个研究热点; 由于某些食品加工工艺技术能够改变食品中抗性淀粉的含量, 抗性淀粉也受到了食品科学与工程领域专家的关注。近几年国内外对抗性淀粉的研究^[6-9]比较活跃, 国外产业化发展较快, 已有产品上市(如美国的 Novelose 系列和英国的 Crystalean), 而国内对抗性淀粉的研发还处于初级阶段, 研究不够深入, 产业化发展缓慢。

粉丝是中国传统特产之一, 产销量居世界首位, 95% 以上的粉丝生产企业集中在中国。当前由于缺乏相关粉丝产品品质的理论支撑, 导致国内消费存在极大的认识误区。由抗性淀粉的角度展开对粉丝健康品质的科

学评价, 以及粉丝与日常食品中抗性淀粉的含量、原料来源等对粉丝中抗性淀粉含量的影响等目前尚无研究报道。为消除消费者对中国传统食品资源——粉丝的认识误区, 本实验从抗性淀粉的角度对粉丝与日常食品做了对比分析。结果显示, 粉丝中抗性淀粉的含量明显高于普通食品, 研究结果为中国粉丝产品健康品质的科学评价提供了参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

绿豆粉丝、豌豆粉丝、甘薯粉丝、蕨根粉丝烟台双塔食品股份有限公司、纯豌豆粉丝、速食粉丝 1(豌豆与马铃薯质量比为 1:1)、速食粉丝 2(豌豆与马铃薯质量比为 3:7) 烟台双塔食品股份有限公司; 康师傅红烧牛肉面方便面 康师傅公司; 卡夫香脆饼干 雀巢公司; 热米饭, 粳米为原料、凉高桩馒头(酵母发酵) 济南大学食堂。

阿拉丁糖化酶(40000U/mL)、阿拉丁耐高温 α 淀粉

收稿日期: 2011-06-16

基金项目: 山东省科技发展计划项目(2011GNC11307); 济南市科技发展计划项目(201202057)

作者简介: 张炳文(1970—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为保健食品与功能因子。E-mail: Zbw217@163.com

酶(10000U/mL) 上海晶纯试剂有限公司;所有试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

7230G 可见分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司; FZ102 型微型植物试样粉碎机 河北省黄骅市新兴电器厂; YP2102 型电子天平 上海光正医疗仪器有限公司; 恒温水浴锅 江苏金坛市全程国胜实验仪器厂; TGL16M 离心机 长沙湘智离心机仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品的前处理

粉丝: 将粉丝用剪刀剪成小段, 入微型植物试样粉碎机粉碎后经超微粉碎机粉碎, 样品粒度达到 80~100 目; 饼干: 入微型植物试样粉碎机粉碎后经超微粉碎机粉碎, 样品粒度达到 80~100 目; 方便面: 用手掰碎后入组织捣碎机粉碎后经超微粉碎机粉碎, 样品粒度达到 80~100 目; 馒头: 用手掰碎后直接入组织捣碎机粉碎; 米饭: 直接入组织捣碎机粉碎。

1.3.2 3,5-二硝基水杨酸比色法测定葡萄糖

取 7 支具有 25mL 刻度的试管, 编号, 按表 1 加入试剂。准确加入质量浓度为 1mg/mL 的葡萄糖标准溶液和 3,5-二硝基水杨酸溶液。

表 1 DNS 法测定葡萄糖标准曲线

Table 1 Standard curve preparation for glucose determination by DNS method

试管编号	0	1	2	3	4	5	6
葡萄糖标准溶液/mL	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
蒸馏水/mL	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8
3,5-二硝基水杨酸/mL	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
试管中葡萄糖含量/mg	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2

加入试剂后各管快速摇匀, 沸水浴中煮沸 5min, 取出冷却至室温, 蒸馏水定容至 25mL, 混匀。以 0 号管为空白对照, 在 540nm 波长处比色, 迅速测定各管吸光度。以葡萄糖含量为横坐标, 以 A_{540nm} 值为纵坐标, 绘制标准曲线。

1.3.3 复合酶水解法测定抗性淀粉含量

参照杨光等^[11]TSA 法测定抗性淀粉含量的研究进行, 并加以改进。

称取 1g 待测样品(样品以湿基原样计), 放入锥形瓶, 加入 20mL pH5.8 磷酸盐缓冲液后, 加入 3mL(120U)耐高温 α -淀粉酶, 沸水浴 40min, 冷却至室温, 12000r/min 离心 25min, 得到沉淀物, 将上清倒入另一离心管, 再次离心 20min, 弃去上清液, 得到沉淀物。用 24mL 2mol/L KOH 溶解离心两次得到的沉淀物, 室温振荡 30min, 以 2mol/L HCl 溶液调节 pH 值至中性, 加入 20mL pH4.4 醋

酸盐缓冲液, 加入 5mL 糖化酶(1000U), 60℃水浴 1h, 冷却, 6000r/min 离心 25min, 收集上清液, 用蒸馏水洗涤沉淀, 重复离心, 合并上清液, 量取体积, 定容至 100mL 容量瓶中。

取试管 3 支, 分别加入根据需要稀释一定倍数的还原糖提取液 2mL 及 3,5-二硝基水杨酸试剂 1.5mL; 另取试管 1 支, 以等量蒸馏水代替提取液与 3,5-二硝基水杨酸试剂 1.5mL 混合, 作空白对照。充分振荡混匀各管, 置沸水浴 5min, 冷却至室温后, 定容至 25mL。测定 A_{540nm} 值。

根据 3,5-二硝基水杨酸法测定不同样品中还原糖的吸光度, 由标准曲线查得葡萄糖含量, 根据如下公式计算各种待测样品中的抗性淀粉含量。

$$\text{抗性淀粉含量}/\% = \frac{\rho V \times 1000}{m} \times 100 \times 0.9$$

式中: ρ 为还原糖提取液的质量浓度/(mg/mL); V 为还原糖总体积/mL; m 为样品质量/g。

2 结果与分析

2.1 3,5-二硝基水杨酸法测定葡萄糖的标准曲线

以葡萄糖含量(mg/mL)为横坐标、以吸光度(A_{540nm})为纵坐标绘制标准曲线, 标准方程为 $y = -0.02504 + 0.56411x$ ($R^2 = 0.99574$)。

改进后的检测方法经实验验证, 基本能准确的反映样品中抗性淀粉的含量大致趋势, 重现性较好, 简捷, 酶的使用量少, 成本较低。随着对抗性淀粉研究的深入, 不同样品中含有其他成分(如脂肪)对检测结果的影响有待于进一步研究探讨。

2.2 淀粉原料与其粉丝产品之间的抗性淀粉含量的比较分析

表 2 淀粉原料与其粉丝产品抗性淀粉的含量

Table 2 Comparative contents of resistant starch between starch and vermicelli

样品	豌豆淀粉	豌豆粉丝	甘薯淀粉	甘薯粉丝
抗性淀粉含量/%	0.65 ± 0.02	5.79 ± 0.04	0.57 ± 0.03	3.69 ± 0.02

由表 2 可知, 与原料淀粉相比, 对应的粉丝产品其抗性淀粉的含量明显提高, 如豌豆粉丝比豌豆淀粉提高近 17 倍, 甘薯粉丝比甘薯淀粉提高 6 倍多。

淀粉颗粒当有水存在时进行加热则吸水膨胀, 淀粉粒中有序及无序(晶质与非晶质)态的淀粉分子间的氢键断开, 晶体结构被破坏, 淀粉分子分散在水中成为亲水性的溶胶, 该过程为糊化^[12]。糊化了的淀粉糊, 实际上还是有些分子间的聚合点(氢键结合)保留下来。在逐

表3 粉丝与日常食品中抗性淀粉的含量

Table 3 Comparative contents of resistant starch between vermicelli and daily foods

样品	馒头	米饭	方便面	饼干	绿豆粉丝	豌豆粉丝	甘薯粉丝	蕨根粉丝
抗性淀粉含量/%	1.99 ± 0.02	0.27 ± 0.02	1.64 ± 0.03	1.16 ± 0.02	6.21 ± 0.04	5.79 ± 0.03	3.69 ± 0.03	3.01 ± 0.03

渐冷却的过程中, 分子动量降低, 运动减弱, 会以原有的聚合点为中心点(氢键), 相邻分子间的氢键又逐渐恢复(分子重新缔合), 形成微晶状结构^[12]。导致淀粉糊变成不透明甚至产生沉淀的现象, 称为淀粉的“老化”或“回生”或“退减”现象, 其本质是 α 化的淀粉分子自动排列成序形成致密、高度晶化的不溶性的淀粉分子微束。这种有序的结晶结构可以阻止淀粉酶靠近结晶区域的葡萄糖苷键, 阻止了淀粉酶的活性, 因而由淀粉制成的产品比原淀粉中抗性淀粉的含量明显提高。

豌豆粉丝比豌豆淀粉中抗性淀粉的含量明显高于甘薯粉丝比甘薯淀粉中抗性淀粉的含量, 其原因可能是豌豆淀粉中的淀粉种类与粒径等因素使得比甘薯淀粉更容易老化, 即豌豆淀粉中的直链淀粉含量比红薯淀粉高, 同时红薯淀粉中还含有一定量的果胶等影响到淀粉的老化。

2.3 粉丝与日常食品中抗性淀粉的含量测定结果与分析

2.3.1 粉丝与常见食品中抗性淀粉含量的比较分析

由表3可知, 不同食品中的抗性淀粉含量是不同的, 所有种类的粉丝中的抗性淀粉含量都明显高于日常食品, 如蕨根粉丝含抗性淀粉为3.01%、甘薯粉丝为3.69%, 虽然比绿豆粉丝、豌豆粉丝含量低, 但也明显高于日常食品馒头(1.99%)、米饭(0.27%)、饼干(1.16%)、方便面(1.64%)。

对于日常的淀粉食品而言, 要避免其发生老化(回生)的, 如面包老化后会失去柔软性而变硬, 煮熟了的面条老化后会失去弹性。如速食面米制品(米饭、方便面), 糊化后需要趁热迅速脱水, 这样淀粉分子来不及重新排列, 即以原来的散乱状态多方面与邻近分子联结而固定下来, 基本保持住糊化状态(即 α -型); 馒头、米饭等食品趁热吃品质最佳等加工或食用要求, 都是需要尽最大可能防止淀粉老化。

而传统的粉丝以绿豆、豌豆等淀粉为主要原料, 其本质就是利用淀粉的回生特性制备成的食品, 是淀粉回生化的凝胶体^[13]。粉丝的生产基本工序为浸泡、磨浆、提粉、打糊、拉锅、理粉、晾粉、冷冻、挂晒等。淀粉颗粒当有水存在时进行加热吸水膨胀, 淀粉中的氢键断裂, 晶体结构被破坏成为溶胶, 当淀粉溶胶冷却时, 氢键重新排列组合, 成为不溶性淀粉晶体, 粉丝的生产工艺中的老化处理, 实际上就是抗性淀粉的产生过程。

2.3.2 不同原料淀粉制备的粉丝其抗性淀粉含量的比较分析

由表3可知, 不同原料淀粉制备的粉丝其抗性淀粉含量也有差异, 如绿豆粉丝的抗性淀粉含量为6.21%, 豌豆粉丝为5.79%, 甘薯粉丝为3.69%, 蕨根粉丝为3.01%。

中国传统的粉丝加工原料有绿豆淀粉、豌豆淀粉、甘薯淀粉、马铃薯淀粉等, 其中以绿豆淀粉制备的龙口粉丝质量最佳, 龙口粉丝以绿豆为原料, 利用传统工艺制作而成, 光纯透白、丝条细滑, 弹性和韧性比其他粉丝都强, 可以任意扭曲, 柔韧坚实、百折不断, 在水中浸泡40h以上, 不变色、不发胀, 仍然爽口滑爽, 绿豆粉丝的这些特点与抗性淀粉性质的相关性, 有待于后期的进一步研究。

淀粉糊的沉降体积反映了淀粉分子之间重聚能力的大小, 即淀粉糊形成凝胶的能力。分子以氢键结合的能力越大, 分子之间则越易聚集, 沉降越快, 沉降体积就越小, 形成凝胶的能力就愈强, 而粉丝的生产就是将糊化后的淀粉分子进行最大化的老化, 有研究^[14]发现, 绿豆淀粉形成凝胶的强度最大, 说明绿豆淀粉比其他淀粉更易回生。

绿豆淀粉具有中等粒度分布的淀粉颗粒, 容易产生回生^[15]; 另外, 淀粉中直链淀粉含量越高越容易老化^[12], 即制品的消化性能越差。在常见的淀粉中, 绿豆淀粉中直链淀粉含量是最高的, 故绿豆粉丝的抗消化性能最强, 其抗性淀粉的含量也应最高。

2.4 不同淀粉配比的粉丝中抗性淀粉含量的比较分析

为进一步验证不同原料淀粉制备的粉丝其抗性淀粉含量的区别, 特别是针对市场销售的产品(如速食粉丝)进行科学评价与食用方法的选择, 特从烟台双塔食品股份有限公司生产车间取样, 明确其真正的原料配比。取纯豌豆粉丝、速食粉丝1($m_{\text{豌豆}}:m_{\text{马铃薯}}=1:1$)、速食粉丝2($m_{\text{豌豆}}:m_{\text{马铃薯}}=3:7$)各500g。

表4 不同淀粉原料配比的粉丝中抗性淀粉的含量

Table 4 Comparative contents of resistant starch in vermicelli prepared from pea starch alone or in combination with potato starch at different mass ratios

样品	纯豌豆 粉丝	速食粉丝1 ($m_{\text{豌豆}}:m_{\text{马铃薯}}=1:1$)	速食粉丝2 ($m_{\text{豌豆}}:m_{\text{马铃薯}}=3:7$)
抗性淀粉 含量/%	9.83 ± 0.02	8.76 ± 0.03	7.01 ± 0.03

由表4可知,3种样品中抗性淀粉的含量有明显差异,100%纯豌豆粉丝的抗性淀粉含量为9.83%;速食粉丝1($m_{\text{豌豆}}:m_{\text{马铃薯}}=1:1$)的抗性淀粉含量为8.76%;速食粉丝2($m_{\text{豌豆}}:m_{\text{马铃薯}}=3:7$)的抗性淀粉含量为7.01%。

马铃薯淀粉具有糊化温度低、黏度大、膨润力大等优良品质,其黏度在所有淀粉中最大,是自然界唯一与磷酸盐共价结合的淀粉,不易老化,因此是食品工业用(如方便面添加)高级淀粉^[16]。从马铃薯淀粉的特性可以发现,如果在粉丝中添加较高比例的马铃薯淀粉,可以提高粉丝食用的方便性(易快速吸水复原),而降低了其抗性淀粉的含量,这与实验结果一致。

由表3、4可知,市售豌豆粉丝与直接来自企业车间采集的纯豌豆粉丝中抗性淀粉的含量有一定的差异,分析其原因,其一可能是有的企业产品包装上虽然写的是“豌豆粉丝”,但实际可能添加了部分玉米淀粉或马铃薯淀粉,其二可能是不同企业粉丝生产工艺的不同导致产品的抗性淀粉含量出现差异。关于生产工艺对于抗性淀粉的影响有待于后期进一步的研究探讨。

3 结 论

3.1 不同淀粉原料来源制作的粉丝其抗性淀粉的含量有明显区别,以绿豆粉丝中抗性淀粉的含量最高,研究结果进一步提供了绿豆粉丝比其他粉丝品质优良的实验依据。

3.2 与原料淀粉相比,对应的粉丝产品其抗性淀粉的含量明显提高,这可能与粉丝独特的糊化-老化工艺技术密切相关。因此在保证产品质量前提下,如何加速、加大其老化程度,提高其抗性淀粉的含量,是粉丝产业未来技术革新之关键。

3.3 添加了一定比例马铃薯淀粉的速食粉丝,虽然食用方便,但是抗性淀粉的含量比纯豌豆粉丝低。这从抗性淀粉的角度验证了粉丝的品质与抗性淀粉含量的正相关关系。

3.4 从抗性淀粉的角度对中国传统食品资源——粉丝展开品质研究,将从根本上确立起科学、全面的粉丝产品评价体系与营销宣传方向,对粉丝产业是一种新的尝试,对于该产业的可持续发展具有良好的示范和带动作用,对于粉丝传统工艺配方的改进、新产品的开发将带来巨大的推动力。

参考文献:

- [1] 王竹,杨月欣,周瑞华,等.抗性淀粉的代谢及对血糖的调节作用[J].营养学报,2003,25(2):190-194.
- [2] 徐贵发,石励,李慧,等.抗性淀粉与大肠癌关系的病例对照研究[J].营养学报,2006,28(1):11-14.
- [3] LING Chen, LI Xiaoxi, PANG Yansheng, et al. Resistant starch as a carrier for oral colon-targeting drug matrix system[J]. Mater Sci, 2007, 18(2): 2199-2203.
- [4] CHAMP M M, MOLIS C, FLOURIÉ B, et al. Small-intestinal digestion of partly resistant cornstarch in healthy subjects[J]. Am J Clin Nutr, 1998, 68(6): 705-710.
- [5] 姚蕊,张守文.抗性淀粉的研究发展现状与前景[J].粮食与食品工业,2006,13(4):30-33.
- [6] THOMPSON D B. Strategies for the manufacture of resistant starch[J]. Trends Food Sci Technol, 2000, 11(7): 245-253.
- [7] 蹇华丽,高群玉,梁世中.抗性淀粉的酶法研制[J].食品与发酵工业,2002,28(5):6-9.
- [8] 李昕,于国萍,张旭.酸解压热法制备玉米抗性淀粉[J].粮油食品科技,2007,15(6):46-48.
- [9] 杨光,杨波,丁霄霖.微波辐射对抗性淀粉形成的影响[J].食品科学,2008,29(10):118-120.
- [10] 张泽生,曹力心,张建昌.酶法制备马铃薯抗性淀粉的工业研究[J].食品研究与开发,2006,27(5):57-60.
- [11] 杨光,丁霄霖.抗性淀粉定量测定方法的研究[J].中国粮油学报,2002,17(3):59-62.
- [12] 阚建全.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,2002:76-78.
- [13] 迟献,张聚茂.粉丝加工[M].北京:中国轻工业出版社,2001:70-73.
- [14] 金茂国,吴嘉根,吴旭初.粉丝生产用淀粉性质及其与粉丝品质关系的研究[J].无锡轻工大学学报,1995,14(4):307-312.
- [15] 洪雁,顾正彪.粉丝用淀粉的结构和性质研究[J].食品与发酵工业,2006,32(1):48-51.
- [16] 李里特.食品原料科学[M].北京:中国农业出版社,2001:103.