

淀粉性质与粉丝消化性的研究

洪雁, 顾正彪

(食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学食品学院, 江苏无锡, 214122)

摘 要 不同来源的淀粉制成的粉丝消化性能有所不同, 这和其性质不同有关, 淀粉颗粒大小与粉丝的消化有关, 小的淀粉颗粒($<10\ \mu\text{m}$)比大的淀粉颗粒水解速度快, 淀粉中直链淀粉含量越高, 尤其是具有中等链长的分支结构的淀粉所制的制品的消化性能越差, 直链淀粉含量与制品的抗消化性呈正相关。

关键词 粉丝, 性质, 消化

淀粉制品是东方食品的重要组成部分, 而粉丝作为我国的传统食品, 深受人们的喜爱, 在我国有着非常广阔的消费市场, 据调查, 上海市粮食和蔬菜系统每年投放市场的粉丝量达到 700 万 $\text{kg}^{[1]}$ 。作为一种方便食品, 由于粉丝有良好的附味性和本身的柔润滑嫩, 爽口怡人, 备受人们的关注。但是现代饮食结构的调整, 健康观念的增加, 吃出健康成了当前最为重要的话题之一。粉丝作为一种再生制品, 不同的原料制备出的粉丝的消化性有不少差别。这与其颗粒大小及其分子质量分布和直链淀粉含量有直接的关系。本文探讨了 5 种淀粉粒度分布、直链淀粉含量以及分子量分布等性质对粉丝消化性的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料

普通玉米淀粉, 诸城兴贸玉米开发有限公司提供; 马铃薯淀粉, 宁夏固原六盘山淀粉公司提供; 甘薯淀粉, 徐州龙泰保健食品厂提供; 豌豆淀粉, 市售(酸浆法); 绿豆淀粉, 市售(酸浆法)。

其他试剂均为分析纯。

Mastersizer2000 激光粒度分析仪, 英国马尔文公司; 2000 型分光光度计, 尤尼科公司。

1.2 实验方法

1.2.1 淀粉粒度分布的测定

称取试样 1 g 放入 400 mL 烧杯中, 再加入 300 mL 蒸馏水, 搅拌均匀后用 Mastersizer2000 激光粒度分析仪进行测定。

1.2.2 直链淀粉含量的测定^[2]

总直链淀粉含量: 准确称取样品 100 mg 置于 50 mL 三角瓶中, 加入体积分数为 95% 的乙醇 1 mL 和

1 mol/L 的 NaOH 9 mL, 在沸水浴中加热 10 min。使淀粉糊化, 冷却后, 用蒸馏水转移至 100 mL 容量瓶中稀释至刻度。准确吸取 5 mL 上述试液放入另一个 100 mL 容量瓶中, 加入 1 mL 1 mol/L 乙酸和 2 mL 的碘液, 用蒸馏水定容至刻度, 静置 20 min 后, 在波长 620 nm 下用 1 cm 比色皿测定其吸光值, 查标准曲线, 即可求得试样中直链淀粉的含量。

可溶性直链淀粉含量: 准确称取样品 100 mg 置于 50 mL 三角瓶中, 加入体积分数为 95% 的乙醇 1 mL 和 9 mL 蒸馏水, 在沸水浴中加热 10 min。使淀粉糊化, 过滤, 去掉不溶性直链淀粉后, 将滤液用蒸馏水转移至 100 mL 容量瓶中稀释至刻度。准确吸取 5 mL 上述试液放入另一个 100 mL 容量瓶中, 加入 1 mL 1 mol/L 乙酸和 2 mL 的碘液, 用蒸馏水定容至刻度, 静置 20 min 后, 在波长 620 nm 下用 1 cm 比色皿测定其吸光值, 查标准曲线, 即可求得试样中可溶性直链淀粉的含量。不溶性直链淀粉即为两者之差。

标准曲线的绘制: 准确称取 40.00 mg 纯直链淀粉, 用 1 mL 体积分数 95% 乙醇润湿, 再加 9 mL 1 mol/L NaOH, 在沸水浴上加热 10 min, 冷却后用蒸馏水制成 100 mL 标准液。吸取 1、2、3、4 和 5 mL 标准液分别放入 5 个 100 mL 容量瓶中, 用 1 mol/L 乙酸酸化(相应的分别加入 0.2、0.4、0.6、0.8 和 1.0 mL)并加入碘液, 用蒸馏水定容至刻度, 静置 20 min 后, 在波长 620 nm 下用 1 cm 比色皿测定其吸光值, 以吸光值为纵坐标, 直链淀粉的浓度为横坐标, 绘制标准曲线, 得出标准曲线图。

1.2.3 相对分子质量分布

1.2.3.1 Sepharose 6B 分子排阻色谱

样品溶液的制备: 称取 50 mg 的样品, 溶解于 0.3 mL 2 mol/L 的 KOH 溶液中, 加 3 mL 蒸馏水, 混合均匀, 用 1 mol/L 的 HCl 溶液中和至 pH 7.0 \pm 0.2, 将溶液全部转移至 50 mL 容量瓶, 用蒸馏水定

第一作者: 硕士, 副教授。

收稿日期: 2007-05-16, 改回日期: 2007-07-19

容至 50 mL,混合均匀,离心(2 000r/min, 20 min),取 1 mL 上清液进样。(φ1 cm×80 cm Sepharose 6B 柱),以 50 mmol/L 的 NaCl 洗脱。洗脱速率 9 mL/h,自动部分收集器收集洗脱液,每管收集 3 mL,取 1 mL 用苯酚-硫酸比色法测总糖。

1.2.3.2 高效液相色谱

样品的预处理:称取经水洗,脱脂,醇洗纯化处理后的淀粉样品 0.125g,溶解于 5 mL 的质量分数 90%的二甲亚砜中,完全分散后转移至 25 mL 容量瓶中定容至刻度,摇匀后用 0.45 μm 尼龙微孔膜过滤,滤液供进样。(UltrasphereTM Linear 7.8 mm ×300mm×2 柱),以 1 mol/L NaNO₃ 为流动相,流速:0.9 mL/min,柱温:45℃,用 2410 型示差折光检测器检测。

相对分子质量标准溶液制备:称取适量相对分子质量校正曲线所用标准品 {Maltose (麦芽糖, M_w 342), Dextran T-10 (葡聚糖 T-10, M_w 10 000), Dextran T-40 (葡聚糖 T-40, M_w 40 000), Dextran T-70 (葡聚糖 T-70, M_w 70 000), Dextran T-190 (葡聚糖 T-190, M_w 188 000), Dextran T-500 (葡聚糖 T-500, M_w 482 000)} 溶解于流动相中,用微孔膜过滤后供进样。制定标准工作曲线。

1.2.4 粉丝的生产

采用漏粉法生产粉丝。具体过程为称取一定量的淀粉,先把 3.5%左右的淀粉加适量开水加热(用水量为整个和面时用淀粉数量的 12%~16%),使其完全糊化后,用力搅拌,打好的糊晶莹透亮、劲大丝长;打好的糊与其他淀粉合成有一定粘性和流动性的面子,通过漏粉瓢的孔,使其变成粗细均一的长丝,经过煮熟定型后,再进行冷冻、解冻、即可干燥成粉丝^[3]。其工艺流程如下:

淀粉处理→打糊→作面→漏粉→煮熟→冷冻→解冻→干燥→成型

2 结果与讨论

2.1 淀粉颗粒的粒度分布

淀粉粒的大小随植物来源而异,即使是同一植物的淀粉粒也决不是固定不变的,会随着植物的生长而发生变化。Geddes^[4]等人研究了马铃薯成熟的各个时期挖出的薯块的淀粉,发现随薯块的逐渐成熟长大,淀粉含量越高,分离到的淀粉粒的平均粒径越大,直链淀粉含量越高。即淀粉粒的大小会影响淀粉的性质,是受生物合成过程的某些反馈机构调节的。

马铃薯淀粉、豌豆淀粉的粒度分布接近正态分布,分布范围较窄;玉米淀粉的粒度主要分布在 10~25 μm 之间,小部分分布在 1~8 μm 之间,这个试验结果和文献^[5]报道是相符合的。甘薯淀粉的粒度分布规律和玉米淀粉相似,但是它的分布范围较宽,主要集中在 10~39 μm 之间,而绿豆淀粉的粒度分布具有很强的规律性,小颗粒的淀粉粒度分布在 1~8 μm 之间,大颗粒的粒度分布在 150~950 μm,而大部分则分布在 30~80 μm 之间;由此也可以看出,绿豆淀粉是具有大量中等粒度分布的淀粉颗粒。

2.2 直链淀粉含量

不同种类的淀粉,其直链淀粉含量不同。一定含量的直链淀粉是粉丝成型、形成具有足够强度凝胶的关键。但直链淀粉又分可溶性直链淀粉和不溶性直链淀粉两种,它们在粉丝生产中起着不同的作用。直链淀粉含量对于粉丝生产中淀粉的回生是至关重要的,蓝值已经表明了各种淀粉直链淀粉含量的高低,而表 1 中各种不同淀粉中直链淀粉、可溶性直链淀粉和不溶性直链淀粉的含量则进一步说明了该性质的差异。

表 1 的结果说明:不同来源的淀粉,其直链淀粉、可溶性直链淀粉和不溶性直链淀粉的含量是各不相同的,且并不是直链淀粉含量越高,不溶性直链淀粉含量也越高(如玉米淀粉与马铃薯淀粉相比)。

表 1 各种不同淀粉中直链淀粉、可溶性直链淀粉和不溶性直链淀粉的含量

淀粉名称	直链淀粉/%	可溶性直链淀粉/%	不溶性直链淀粉/%
玉米淀粉	28.53	18.28	10.25
马铃薯淀粉	21.38	10.68	10.70
甘薯淀粉	21.88	7.01	14.87
绿豆淀粉	34.67	15.14	19.26
豌豆淀粉	32.72	14.87	17.85

2.3 相对分子质量分布

2.3.1 淀粉的 Sepharose 6B 分子排阻色谱

凝胶色谱法是一种排阻分离法,淀粉分子进入凝胶柱后,按相对分子质量大小被洗脱液排出,相对分子质量大的先洗脱出,相对分子质量小的后流出凝胶床,所以流出峰的先后排序,就代表了相对分子质量从大到小的分布,所以支链淀粉先洗脱出^[6],从图 1 中可以看出,马铃薯淀粉和甘薯淀粉单峰峰值较高,说明支链淀粉含量较多,链较长,不易老化,分子间结合力弱。玉米淀粉相比于薯类淀粉而言,出峰时间稍

稍滞后,单峰较窄,有2个小峰,说明玉米淀粉的直链淀粉含量多于薯类淀粉,且链长较短,容易形成局部的微晶束,产生回生,绿豆淀粉的凝胶色谱图可以看出存在一个较高的单峰外,还有许多小峰,这也说明在绿豆淀粉中存在很多中等链长的分支结构,可以像直链淀粉一样能够形成局部的微晶束,产生回生。

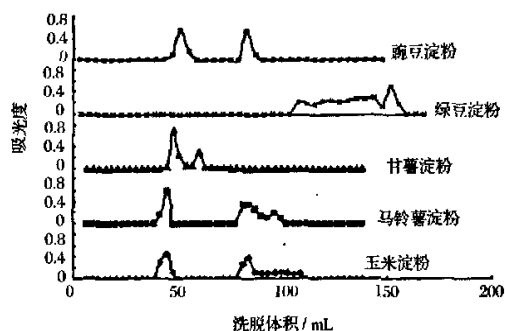


图1 淀粉的凝胶过滤图

2.3.2 高效液相色谱测定相对分子质量分布分析

表2 相对分子质量测定结果

淀粉种类	重均聚合度(DP_w)	数均聚合度(DP_n)	分散度
玉米淀粉	19 468	2 156	9.03
马铃薯淀粉	23 302	2 246	10.37
甘薯淀粉	23 159	1 774	13.05
绿豆淀粉	21 945	2 146	10.23
豌豆淀粉	20 665	2 038	10.14

组成淀粉分子的脱水葡萄糖单位的相对分子质量为162,则淀粉分子的聚合度 $DP = M/162$ 。样品的分散度 $D = \overline{DP}_w / \overline{DP}_n$,反映分子大小差别的范围。而 \overline{DP}_w 为重量平均聚合度,而 \overline{DP}_n 为数量平均聚合度。 D 小表明分子大小差别小; D 大则表明分子之间差别大。

从表2可以看出,重均聚合度最大的是马铃薯淀粉、其次是甘薯淀粉、绿豆淀粉和玉米淀粉。分散度以玉米淀粉最小,其次是绿豆淀粉、豌豆淀粉、马铃薯淀粉和甘薯淀粉,这也说明了绿豆淀粉中存在很多中等链长的分支结构,可以像直链淀粉一样能够形成局部的微晶束,产生回生,使得其制作成粉丝后不易被消化,有一定的饱腹感。

2.4 淀粉性质与粉丝消化性的影响

粉丝消化性的测定通过测定淀粉水解率来衡量。

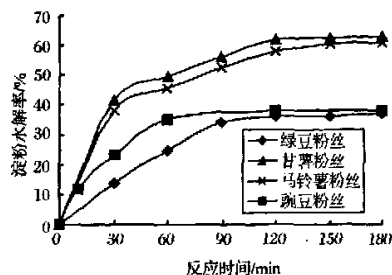


图2 原料来源对于粉丝消化性的影响

表3 淀粉性质和粉丝消化性的关系

淀粉种类	粒度大小所占比例/%			直链淀粉含量/%	蓝 值	粉丝消化性
	<10 μ m	11~100 μ m	>100 μ m			
甘薯淀粉	19.49	80.51	0	21.88	0.36	较易消化
马铃薯淀粉	0	100	0	21.38	0.32	易消化
豌豆淀粉	0	100	0	32.72	0.53	较难消化
绿豆淀粉	5.16	86.88	7.96	34.67	0.58	最难消化

注:由于玉米淀粉采用漏粉法无法制成粉丝,故在这里未讨论。

从图2发现,不同来源的淀粉制成的粉丝消化性能有所不同,这和其性质不同有关,在对淀粉性质的研究中发现不同来源的淀粉其存在以下差别。

首先颗粒大小与淀粉的消化有关,小的淀粉颗粒(<10 μ m)比大的淀粉颗粒水解速度快,可以发现甘薯淀粉有一部分颗粒较小,大约占到总体的16.46%,马铃薯淀粉粒度分布都集中在19~52 μ m之间,豌豆淀粉的分布范围则更为集中,在20~39 μ m之间,绿豆淀粉中<10 μ m的粒度大概占了5.16%,而粒度在150~950 μ m也有7.96%,其余的基本在11~40 μ m之间,从图7中也可以看出,甘薯

淀粉制成的粉丝因为有一部分淀粉颗粒比较小,相比而言最容易被消化,而绿豆淀粉制成的粉丝则因为其含有相当一部分粒度较大的颗粒而不易消化,这是因为小的淀粉颗粒中,直链淀粉含量比大粒淀粉低,而结晶区却少于大粒淀粉,由于不同淀粉品种及相同淀粉品种不同发育阶段淀粉颗粒大小不同,因而不同来源的淀粉其消化性能也存在差别;其次,结合直链淀粉含量、蓝值以及相对分子质量分布、凝沉性等数值,从表3可发现,淀粉中直链淀粉含量越高,制品的消化性能越差,直链淀粉含量与抗性淀粉的形成呈正相关,可能的原因是由于直链淀粉分子较支链淀粉分子

小,连接葡萄糖的氢键也较强,支链淀粉链较长,分子间结合力弱,因而直链淀粉受消化酶作用影响较小^[7]。另外,直链淀粉比支链淀粉易与油脂(脂肪酸)等化合物形成复合物,这也是直链淀粉较支链淀粉难消化的原因之一^[8]。所以相比之下,绿豆粉丝的消化性能最低。

3 结 论

马铃薯淀粉、豌豆淀粉的粒度分布接近正态分布,分布范围较窄;玉米淀粉的粒度主要分布在10~25 μm 之间,小部分分布在分布在1~8 μm 之间,甘薯淀粉分布范围较宽,主要集中在10~39 μm 之间,而绿豆淀粉的粒度分布具有很强的规律性,小颗粒的淀粉粒度分布在1~8 μm 之间,大颗粒的粒度分布在150~950 μm ,而大部分则分布在30~80 μm 之间;由此也可以看出,绿豆淀粉具有中等粒度分布的淀粉颗粒,容易产生回生。

从凝胶色谱图发现,马铃薯淀粉和甘薯淀粉单峰峰值较高且峰较宽,说明支链淀粉含量较多,链较长,不易老化,玉米淀粉相比于薯类淀粉而言,出峰时间稍稍滞后,单峰较窄,有2个小峰,说明玉米淀粉的直链淀粉含量多于薯类淀粉,且链长较短,容易形成局部的微晶束,产生回生;绿豆淀粉中存在很多中等链长的分支结构,相对分子质量分布图可以发现,重均聚合度最大的是马铃薯淀粉、其次是甘薯淀粉、绿豆淀粉和玉米淀粉。分散度以玉米淀粉最小,其次是绿

豆淀粉、豌豆淀粉、马铃薯淀粉和甘薯淀粉。

不同来源的淀粉制成的粉丝消化性能有所不同,这和其性质不同有关。颗粒大小与淀粉的消化有关,小的淀粉颗粒(<10 μm)比大的淀粉颗粒水解速度快,淀粉中直链淀粉含量越高,制品的消化性能越差,相比之下,绿豆粉丝的消化性能最低。

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国卫生部. 中国居民营养与健康现状[J]. 中国心血管病研究杂志, 2004, 2(12): 919~922
- 2 何照范,熊绿芸,王绍美. 植物淀粉及其利用[M]. 贵州: 贵州人民出版社, 1990. 237~239
- 3 张聚茂,迟 献. 粉丝加工[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001. 1~3
- 4 Geddes R, Greenwood C T, MacGregor A W, et al. Observations on the isolation and subfractionation of amylose: The presence in amylose of a natural barrier to β -amylolysis[J]. Die Makromolekulare Chemie, 2003, 79 (1): 189 ~ 206
- 5 张力田. 淀粉糖[M]. 北京: 轻工业出版社, 1998
- 6 何忠孝. 现代生物化学技术概论[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1995. 156~157
- 7 Zobel H F. Molecules to granules: a comprehensive starch review[J]. Starch/Starke, 1988, 40(2): 44~50
- 8 胡友军,周安国,杨 凤,等. 糊化淀粉对断奶仔猪消化率和血糖水平的影响[J]. 动物营养学报, 2003, 15(2): 33~35

The Study of Starch Properties and the Digestibility of Starch-noodle

Hong Yan, Gu Zhengbiao

(The State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT The experiment indicated that the source of starch had great influence on the digestibility of starch, and the digestibility of starch was also related to the size of starch granule. Small size (<10 μm) can be hydrolyzed quickly, and the higher amylose content, the easier to be retrograded, especially for the products made by branch structure with media length which showed weak digestibility. The content of amylose has the positive correlation with the anti-digestibility of the production.

Key words starch starch-noodle, property, digest