

# 抗性淀粉产率的影响因素研究

王瑶<sup>1</sup>, 鄂应龙<sup>1</sup>, 岳双明<sup>2</sup>

(1. 四川农业大学食品科学系, 四川 雅安 625014) (2. 四川农业大学动物营养所, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 本文综述了影响抗性淀粉产率的各种因素, 包括淀粉的性质、淀粉与其它成分的相互作用、加工条件、储存条件以及其它因素的影响。

**关键词:** 抗性淀粉; 产率; 影响因素

中图分类号: TS236.9; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)05-0093-03

## Influence of Factors on Yield of Resistant Starch

WANG Yao<sup>1</sup>, WU Ying-long<sup>1</sup>, YUE Shuang-ming<sup>2</sup>

(1. Department of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

(2. Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

**Abstract:** This paper summarizes the influence factors on the yield of resistant starch, including its characteristics, the interaction of starch with other components, processing conditions, storage conditions and so on.

**Key words:** resistant starch; yield; influence factors

所谓抗性淀粉, 指的是广泛存在于碳水化合物中的一种淀粉物质。世界粮农组织下的定义是: 健康者小肠中不吸收的淀粉及其降解产物。抗性淀粉的研究始于 80 年代, 一些发达国家如美国、英国、澳大利亚、德国和比利时等进行了大量深入的研究, 目前国外已经有 Crytaline<sup>®</sup>和 Novelose<sup>®</sup>两种商品上市, 但成本与售价均较高。然而, 国内对于抗性淀粉的研究刚刚起步, 其形成机理、理化性质及制备工艺的研究比较少, 阐述不够深入, 国内市场更是一片空白。随着我国农作物产量的不断提高, 早日实现抗性淀粉的工业化生产, 对农产品的深加工与转化具有十分重要的意义。

### 1 内在因素对抗性淀粉产率的影响

#### 1.1 结晶性

抗性淀粉具有抗性的原因之一是结晶性。通过对高直链玉米淀粉的结晶体进行 X 射线衍射和差示扫描量热法研究, 发现结晶体中的链片段可促使抗性淀粉的形成。任何能消除淀粉结晶性的处理(如糊化、碾磨)都能减少抗性淀粉的产率。

#### 1.2 颗粒结构、大小与聚合度

抗性淀粉的形成与淀粉颗粒的大小有关。Eerlingen 等研究了平均聚合度(DP<sub>n</sub>)为 40~610 的淀粉的

收稿日期: 2006-12-10

作者简介: 王瑶(1983-), 女, 硕士研究生, 主要从事功能性食品研究

抗性淀粉的含量, 结果发现分子平均聚合度越小, 抗性淀粉含量越低。

#### 1.3 直链淀粉和支链淀粉的比例

一般情况下, 直链淀粉越高, 抗性淀粉的生成量就越大, 比如豆类淀粉的消化性比谷类淀粉更低是因为前者具有更多的直链淀粉, 这是因为支链淀粉受三维结构影响, 其聚合度只有 14~8, 因此不会形成高抗性淀粉片段(在 100 °C 条件下不被酶水解)。当然, 也不能绝对认定抗性淀粉的生成量一定与直链淀粉的含量有关, Szczodrak<sup>[1]</sup>等发现在大麦中, 含 43.5% 直链淀粉的白色淀粉层中的抗性淀粉含量(7.5%)比直链淀粉含量为 49.3% 的褐色淀粉层中的抗性淀粉含量(4.0%)高。

#### 1.4 直链淀粉的老化

直链淀粉的老化可改变其排序方式<sup>[2]</sup>, 从而提高对淀粉酶的抗性, 增加抗性淀粉含量。Wen<sup>[3]</sup>等发现经加热再冷却的淀粉所产生的抗性淀粉会随着淀粉分子中的老化的直链淀粉含量的增加而增加。

#### 1.5 支链淀粉的线性化转变

长时间的低温焙烤下支链淀粉在生面团内淀粉酶和有机酸的作用会发生线性化转变, 从而提高抗性淀粉的产量<sup>[4]</sup>。

### 2 其它成分对抗性淀粉产率的影响

#### 2.1 蛋白质

研究表明原料中蛋白质可减缓高粱淀粉粒的老化。Escarpa<sup>[5]</sup>等研究了外源蛋白质对淀粉老化的影响,对添加了蛋白质的马铃薯淀粉进行高压灭菌后冷却到-20℃,结果发现淀粉会与蛋白质相互作用,减少抗性淀粉的产率。

## 2.2 膳食纤维

Torre等发现可溶性纤维素(果胶等)和不溶性纤维素(木质素和纤维素)会减少抗性淀粉含量,但幅度很小<sup>[6]</sup>。有文献表明其对抗性淀粉产率的影响小于儿茶素、钾离子和钙离子。

## 2.3 多酚、植酸、儿茶素

多酚、植酸能抑制淀粉酶活性,鞣酸能阻碍淀粉酶和肠内麦芽糖酶的作用。马铃薯淀粉加入儿茶素后进行高压灭菌,冷却后能显著的减少抗性淀粉的产量。

## 2.4 金属离子

钙离子和钾离子会减少马铃薯淀粉胶粒中的抗性淀粉含量<sup>[7]</sup>,可能是这些离子会抑制直链淀粉与支链淀粉链间氢键形成,从而妨碍了抗性淀粉形成。

## 2.5 糖

研究发现加入可溶性糖(如葡萄糖、麦芽糖和核糖)能降低淀粉的结晶度,减少抗性淀粉产量。Eerlingen<sup>[8]</sup>等发现:淀粉:水:糖=1:10:5(w/w/w)时能影响抗性淀粉的含量。

## 2.6 脂质、乳化剂

Czuchajowska<sup>[9]</sup>等在VII型直链玉米淀粉加入磷脂酰胆碱(LPC)、硬脂酸乳酸钠(SSL)和羟基磷脂(OHL),发现95℃~110℃时会形成直链淀粉-脂质复合物,155℃时则形成酶-抗性淀粉。Eliasson发现单甘酯可与直链淀粉形成复合物从而竞争性地抑制由于直链淀粉子间相互复合而导致的淀粉老化,其它脂质如磷脂、油酸和大豆油都会使抗性淀粉含量降低,但其降低幅度远不及单甘酯;另还发现马铃薯直链淀粉-油酸复合物的抗性非常高,但在马铃薯直链淀粉中同时加入油酸和十二烷基磺酸钠则又会使抗性淀粉的含量降低。

另外,Eerlingen等研究了内源脂类对小麦抗性淀粉形成的影响,发现脱脂会减少抗性淀粉产量。当外加脂质被添加到脱脂小麦或者高直链玉米淀粉中时,抗性淀粉的产量立即减少。X-射线衍射和DSC表明,直链淀粉-脂质复合物是在内源脂质和外加的脂质都存在的情况下形成的。

## 3 加工条件对抗性淀粉产率的影响

### 3.1 蒸汽加热

蒸汽加热可促进抗性淀粉的形成。黄豆经过高压蒸汽后抗性淀粉提高3到5倍。

### 3.2 高压灭菌与冷热循环次数

高压灭菌可以增加抗性淀粉的产量,随冷热循环次数的增加抗性淀粉形成量也不断增加。高压灭菌小麦淀粉可得9%的抗性淀粉,而在未处理过的小麦淀粉中仅为1%。如果高压灭菌小麦淀粉包含了6.2%的抗性淀粉,它在经过3个冷热循环后就会增加到7.8%<sup>[10]</sup>。Sievert和Pomeranz对高直链玉米淀粉与水、压力、灭菌温度和冷热循环次数进行研究,发现循环次数对抗性淀粉有显著的影响,当其增加到20次可使抗性淀粉的含量大于40%。Ranhotra等发现将含0.5%抗性淀粉的小麦原淀粉进行5次冷热循环,可将其抗性淀粉含量提高到11.5%;冷热循环次数还显著影响大麦淀粉中抗性淀粉形成,把循环次数从1增加到20,可使抗性淀粉的产量从6%增加到26%<sup>[11]</sup>。

### 3.3 微波辐射法

Grazyna发现,在低水分条件(20%~35%)下,微波辐射会影响马铃薯和木薯淀粉的性质、结构和行为,辐射处理后淀粉溶解度下降、X-射线衍射类型由B型变为A型、糊化温度增大,抗性淀粉含量大幅度减少<sup>[12]</sup>。

### 3.4 发酵

发酵会减少抗性淀粉含量。高粱面粉与水混合后在37℃下发酵36h,淀粉的体外消化性增加,抗性淀粉减少<sup>[13]</sup>。

### 3.5 储存条件

一般的说,抗性淀粉在储存期间会增加。把全玉米面包在不同温度(-20℃、4℃、20℃)下储存7天可发现抗性淀粉含量会先减少后增大<sup>[14]</sup>。Johan-sson和Siljestrom发现玉米、小麦、鸭脚稗、大米、西米和马铃薯面粉的糊化样品在低温下储存,抗性淀粉会增加,而反复加热样品则抗性淀粉减少。当储存温度为4℃时,煮熟大米的抗性淀粉含量会增加到27%。糊化小麦面粉的储存时间持续的越长,抗性淀粉的形成就越多。大米在-20℃下储存要比在冰箱里更易老化<sup>[15]</sup>。储存温度在6℃~60℃间变化的糊化糯玉米淀粉在1d~29d内同样也表现出对胰α-淀粉酶和淀粉葡萄糖苷酶的酶敏感性的减少<sup>[16]</sup>。

## 4 结束语

抗性淀粉是一种重要的膳食纤维资源,其大规模生产必将推动农副产品深加工和综合利用,促进农副产品增值,具有很大的开发和应用前景。因此,充分

全面地掌握影响其产率的因素,扬长避短,可缩短制备时间,提高质量和效率,加快实现抗性淀粉的工业化生产。

## 参考文献

- [1] Szczodrak J, Pomeranz Y. Starch-lipid Interactions and Formation of RS in High-amylose Barley[J]. Cereal Chem, 1992, 69 (6): 626-632.
- [2] Sievert D, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Enzyme-resistant starch. III. X-ray diffraction of autoclaved amylo-omaize VII starch and enzyme-resistant starch residues. Cereal Chem 1991, 68(1):86-91.
- [3] Wen Q B, Lorenz K J, Matin, D J, et al. Carbohydrate Digestibility and Resistant Starch of Steamed Bread[J]. Starch, 1996, 48 (5): 180-185.
- [4] Liljeberg H, Akerberg A, Bjorck I. 1996. Resistant starch formation in bread as influenced by choice of ingredients or baking conditions. Food Chem, 1996, 56(4): 389-394.
- [5] Escarpa A, Gonzalez M C, Morales M D, et al. An Approach to the Influence of Nutrients and Other Food Constituents on Resistant Starch Formation[J]. Food Chem, 1997, 60 (4): 527-532.
- [6] Torre M, Rodriguez A R, Saura-Calixto F. Study of the Interactions of Calcium ions with Lignin, Cellulose and Ctin[J]. J Agri Food Chem, 1992, 40: 1762-1766.
- [7] Escarpa A, Gonzalez MC, Morales MD, Saura-Calixto F. An approach to the influence of nutrients and other food constituents on resistant starch formation. Food Chem 1997, 60(4):527-532.
- [8] Eerlingen RC, Van den Broeck I, Delcour JA, Levine H. Enzyme resistant starch. VI. Influence of sugars on resistant starch formation. Cereal Chem. 1994, 70:345.
- [9] Czuchajowska Z, Sievert D, Pomeranz Y. Enzyme-resistant Starch (IV)——Effect of Complexing Lipid[J]. Cereal Chem, 1991, 68 (5) 537-542.
- [10] Bjorck IM, Nyman ME. In vitro effects of phytic acid and polyphenols on starch digestion and fiber degradation. J Food Sci. 1987, 52:1588-1594.
- [11] Szczodrak J, Pomeranz Y. Starch and enzyme-resistant starch from high-amylose barley. Cereal Chem 1991, 68(6): 589-596.
- [12] Grazyna Lewandowicz, Jozef Fornal, Aleksander Walkowski, Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of potato and tapioca starchs. Carbohydrate Polymers, 1997, 34, 213-220.
- [13] Abd-Elmoneim-O-Elkhalifa, Schiffler B, Bernhard R. Effect of fermentation on the starch digestibility, resistant starch and some physicochemical properties of sorghum flour. Nahrung/Food, 2004, 48(2):91-94.
- [14] Niba LL. Effect of storage period and temperature on resistant starch and beta-glucan content in cornbread. Food Chem. 2003, 83(4):493-498.
- [15] Mitsuda H. Retrogradation of cooked rice. J Food Qual, 1993, 16:321-325.
- [16] Eerlingen R C, Jacobs H, Delcour J A. Enzyme-resistant Starch(V)——Effect of Retrogradation of Waxy Maize Starch on Enzyme Susceptibility[J]. Cereal Chem, 1994, 71(4): 351-355.

(上接第 92 页)

## 参考文献

- [1] 孙东平,陈敏,张小雪等.绿色木霉 NUST<sup>996</sup> 发酵产纤维素酶的提纯和性质分析[J].南京理工大学学报,2001,25(3):295-298
- [2] G.斯密士.工业真菌学纲要[M].北京:科学出版社,1994
- [3] 徐春厚.绿色木霉 X-13 株固态发酵产酶优化条件的研究[J].云南农业大学学报,2003,18(3):286-288
- [4] 张德强,黄镇亚,张志毅.绿色木霉纤维素酶 AS3.3032 固态发酵的研究[J].北京林业大学学报,2001,23(2):57-60
- [5] 鄢永琦,张素芹.绿色木霉 T-99 产纤维素酶的研究[J].应用与环境生物学报,1999,5(suppl):200-203
- [6] 程驭宇,梁如玉.绿色木霉 HB 产纤维素酶的条件研究[J].西南农业大学学报,2000,22(6):539-541
- [7] 孙东平,庞延军,李兆兰.绿色木霉产纤维素酶的提取分离及其性质[J].徐州师范学院学报,1996,14(2):62-66
- [8] 张丽萍,钱磊,程辉采等.绿色木霉固态发酵产纤维素酶条件及酶性质的研究[J].河北省科学院学报,2000,17(2): 120-123
- [9] 余莲君.等电聚焦电泳制备绿色木霉纤维素酶[J].河南科学, 1994, 2(3):228-231
- [10] 陈庆森,刘剑虹,蔡红远等.多菌种共发酵生物转化天然纤维素材料的研究[J].天津商学院学报,2000,20(3):1-6
- [11] 肖冬光.里氏木霉纤维素酶在酒精生产中应用的研究[J].酿酒,1997,(3):12-16