

国内外小麦戊聚糖研究进展

董 彬, 郑学玲, 王凤成

(河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450052)

摘要: 戊聚糖是小麦粉中重要的功能性成分。从小麦戊聚糖的结构、分类、理化性质和功能特性入手, 阐述了小麦戊聚糖和小麦品质以及最终面制品品质的关系。

关键词: 戊聚糖; 品质; 小麦; 面粉

中图分类号: S512.1 Q539⁺.4 文献标识码: A 文章编号: 1004—3268(2005)05—0008—03

Research Advance on Wheat Pentosans both Inside and Outside the Country

DONG Bin, ZHENG Xue-ling, WANG Feng-cheng

(College of Grain Oil and Food, Henan Industry University, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Pentosans are important functional compositions in wheat flour. This article reviewed the molecular structure, classification, physiochemical and functional properties of wheat pentosans and discussed the effect of pentosans on quality of wheat and the last products made by flour.

Key words: Pentosans; Quality; Wheat; Flour

小麦粉中除了含有淀粉、蛋白质、脂肪外, 还有一种非淀粉的胶状多糖——戊聚糖。戊聚糖在小麦粉中的含量很低, 大约占面粉干基的 2% ~ 3%^[1], 但是在小麦麸皮中含量却很高, 可以达到干基的 20% 以上^[2]。近几十年来, 国内外谷物科学家对戊聚糖进行了深入的研究, 发现它对面粉品质、面团流变性以及最终的面制品品质有重要影响。

1 戊聚糖的概念和存在方式

1927 年, Hoffmann 从小麦粉中分离得到一种具有较高粘度的非淀粉多糖, 经研究证实, 其主要由阿拉伯糖 (Ara) 和木糖 (Xy1) 组成, 后来将其命名为戊聚糖。戊聚糖是一种非淀粉多糖, 除了含有大量的戊糖聚合物外, 还可能含有一定量的己糖、酚类物质和杂多糖等^[3]。50 年前, 谷物化学家对小麦品质进行了深入的研究, 发现这种含量极少而且具有较高粘度的非淀粉多糖对小麦和面制品的品质起着非常重要的作用。

戊聚糖在谷物 (如小麦、黑麦、高粱等) 中广泛存

在, 但含量极少。它是构成植物细胞壁的重要成分; 大多数谷物的糊粉层细胞外薄壁和胚乳层细胞外薄壁的 60% ~ 70% 是由戊聚糖构成^[2, 4]。戊聚糖对维持植物生命具有极其重要的作用。

2 戊聚糖的分类和分子结构

根据戊聚糖在水中的溶解性可以将其分为水可溶性戊聚糖和水不可溶性戊聚糖两大类。后者大部分可以溶于碱液, 所以也常称为碱可溶性戊聚糖^[5]。这 2 种戊聚糖的分子结构十分相似, 均是由 D—吡喃木糖通过 $\beta-1, 4$ 糖苷键构成木聚糖主链, L—呋喃阿拉伯糖基以寡糖侧链的形式在木糖的 C(O)—2 和 C(O)—3 位进行进行取代^[2]。阿拉伯糖寡糖侧链是以 2 个或者 2 个以上的阿拉伯糖单糖分子通过 1—2, 1—3, 1—5 键连接起来的^[2]。溶解度性质的不同主要是由于侧链的取代方式不同造成的。另外, 戊聚糖分子之间相互缠绕和戊聚糖与细胞壁结构中其他组分的相互作用也会影响戊聚糖的溶解性^[6]。小麦戊聚糖的分支程度相对较低, 未被

收稿日期: 2004—12—24

作者简介: 董 彬 (1979—), 男, 河南郑州人, 在读硕士, 主要研究方向: 谷物品质与最终用途。

取代的木糖残基很多,单取代和双取代的数量相当。戊聚糖在阿拉伯糖的 C(O)—5 位上常有一酯键相连的阿魏酸,这种阿拉伯糖基常常连在木糖残基的 C(O)—3 位上。阿魏酸的存在对于戊聚糖的功能特性有重要的作用^[2]。

3 戊聚糖的理化性质

3.1 戊聚糖的粘度特性

戊聚糖在水溶液中形成粘度较高的胶体溶液。它在水中可以自由伸展成螺旋状的棒状结构,很大程度上提高水溶液的粘度。高粘度的戊聚糖 Xyl/Ara 的比值较高,阿魏酸的含量较高,而且双取代 Xyl 的残基较少^[7]。面粉水提取物中戊聚糖对固有粘度的贡献要比可溶性蛋白质大的多^[7]。

3.2 戊聚糖的氧化交联性质

戊聚糖的氧化交联性质是指在氧化剂存在的情况下,戊聚糖在水溶液中相互交联形成复杂的三维网络结构。戊聚糖中的阿魏酸被认为是氧化凝胶的主要作用物质^[8]。Izydorczyk 发现,阿魏酸含量高、分子量高的戊聚糖氧化凝胶的能力较强^[8]。有关氧化凝胶的作用机理争论很多^[9-10]。Neukom 和 Markwald^[11]认为,阿魏酸的分子上有 3 个潜在的反应点(2 个在芳香环上,1 个在双键上),阿魏酸可以和蛋白质中氨基的 N 末端和酪氨酸残基相连。Moore^[12]认为,交联中心是阿魏酸的芳香环而不是双键,但是 Hosney^[13]的观点与其恰恰相反。Figuerola^[14]认为,阿魏酸分子中的丙烯链参与了氧化交联反应,但芳香环对于反应开始是必需的。针对这些分歧,戊聚糖的氧化凝胶机理还需要进一步研究。

戊聚糖发生氧化交联反应,氧化剂是必需的。可以产生游离基的氧化剂才能使戊聚糖发生氧化交联反应。 H_2O_2 /过氧化物酶, $FeCl_3$ 可以有效地促进戊聚糖的氧化交联。交联后,戊聚糖的吸水能力大大增加,吸水量可以达到它本身重量的 100 倍^[8]。

3.3 戊聚糖的酶解性质

戊聚糖在戊聚糖酶的作用下可以发生降解。可导致戊聚糖酶解的酶主要有木聚糖酶、呋喃阿拉伯糖酶、木糖酶等,其区别主要在于作用位点不同。天然面粉中存在有少量的戊聚糖酶,酶活较低。实践证明:戊聚糖酶的添加可以提高面团的机械调理性能,增大面粉烘焙和蒸煮产品的体积,延缓产品的老化^[10-15-17]。但是,过多的添加会使戊聚糖降解过度,造成面团发粘、面粉的烘焙和蒸煮品质下降^[18]。目前,戊聚糖酶的酶制剂已被广泛用于面包烘焙行业。

4 戊聚糖和小麦品质的关系

小麦胚乳质地的差别和淀粉颗粒与蛋白质基质之间的结合程度有密切的关系,小麦淀粉颗粒与蛋白质基质之间起连接作用的物质很可能是戊聚糖,它将蛋白质和淀粉粘结在一起。作为一种细胞壁物质,它的含量以及与其他物质之间结合的强弱直接影响小麦硬度^[19]。郑学玲等^[20]对面粉精度和戊聚糖含量之间的相关性进行研究发现,戊聚糖的含量和小麦粉精度呈显著的负相关,它和小麦粉的灰分含量有近似的分布。

5 戊聚糖对面制品品质的影响

小麦戊聚糖可以明显地改善面制品品质特点,主要是因为它具有 3 个重要特性:一是具有较高的吸水和持水能力;二是具有较高的表观粘度;三是具有氧化交联的性质。这使得它对面团的流变学特性和最终的面制品品质产生非常重要的影响。

5.1 戊聚糖对面团吸水率的影响

戊聚糖在面粉中的含量虽然很少,但它却可以吸收相当于自身重量 4 倍的水分,戊聚糖所吸收的水分约占面团总吸水量的 20%。戊聚糖的数量和分子量大小决定了它的影响效果。在面团中存在可以提供自由基的氧化剂的时候,戊聚糖可以形成氧化胶凝,这时它的吸水性能会大幅度提高。戊聚糖的持水性能与凝胶网络的交联密度密切相关,适当的交联密度会使持水性能达到最大值,但是过度的交联会使面筋体系的膨胀受到限制,持水能力反而下降^[8]。

5.2 戊聚糖对于面团持气性能的影响

戊聚糖的高粘度增加了面筋和淀粉膜的强度与延伸性,使蛋白质泡沫的抗热破裂能力增强,提高了面团的持气性^[9],从而使发酵过程中产生的 CO_2 扩散速率得到延缓,面制品的芯质构更加细腻和均匀,同时增大面制品的体积^[21]。

5.3 戊聚糖对面团流变学性质的影响

面团中单纯加入水溶性的戊聚糖可增加面团的延伸性,但是在实际面团体系中,尤其是能产生自由基的氧化剂存在时,戊聚糖发生氧化交联反应,可以使面团的内聚力增强,弹性增加,延伸性下降^[8]。所以,戊聚糖对于粉质较差的面粉是一种很好的改良剂。

5.4 戊聚糖对面制品品质的影响

将适量的水溶性戊聚糖添加到面粉中可以显著增大面包体积,但是过量地添加会导致面团过粘,使

面制品体积减小^[9]。戊聚糖的最适添加量决定于面粉本身的性质和戊聚糖的分子量。水不溶性戊聚糖的加入也可以显著提高面包的体积,但是会增加面包内部结构的粗糙程度。过量的加入会减少面包的总评分^[22]。

5.5 戊聚糖可以延缓面制品老化,抑制淀粉回生

戊聚糖在面包焙烤过程中有效地提高了面包芯的含水量,水在面团这个复杂的体系中扮演增塑剂的角色,可以有效的降低面包的硬度^[23];同时,持水量的增加抑制了淀粉的回生,因为水分子在面包中和糊化过的淀粉分子发生氢键结合,防止了淀粉和淀粉之间的直接缔合,使淀粉微晶束不易产生。

6 戊聚糖的营养功能

在人类膳食中,小麦是重要的膳食纤维的来源。许多谷物早餐中含有的膳食纤维少于 5%,但是小麦中的膳食纤维在 5%~30%^[24]。戊聚糖是一种很好的膳食纤维,在人体内不可以被消化,具有良好的润肠通便功能。在医学上,戊聚糖还有预防和控制乳腺癌、减肥和降血脂、血糖的作用。经过进一步的研究,戊聚糖很可能成为新世纪新一代保健食品中的功能因子^[25]。

参考文献:

- [1] Neukom H, Kuendig W, Deuel H. The soluble wheat flour pentosans[J]. Cereal Sci, Today, 1962, 7: 112.
- [2] Maes C, Delcour J A. Structural characterization of water-extractable and water-unextractable arabinoxylans in wheat bran[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 35: 315—326.
- [3] Lineback D R, Kakuda N S, TSEN C C. Carbohydrate composition of water-soluble pentosans from different types of wheat flour[J]. Journal of Food Science, 1977, 42: 461—467.
- [4] Izydorczyk M S, Biliaderis C G. Cereal arabinoxylans: Advances in structure and physicochemical properties[J]. Carbohydrate Polymer, 1995, 28: 33—48.
- [5] Aneorsson R, Westerlund E, Aman P. Natural variations in the contents of structural elements of water-extractable non-starch polysaccharides in white flour[J]. Cereal Sci, 1994, 19: 77—82.
- [6] Izydorczyk M S, Biliaderis C G, BUSHUK W. Studies on the structure of wheat-endosperm arabinoxylans[J]. Carbohydr Polymer, 1994, 24: 61—71.
- [7] Udy D C. The intrinsic viscosities of the water-soluble components of wheat flour[J]. Cereal Chem, 1956, 33: 67.
- [8] Izydorczyk M S, Biliaderis C G, Bushuk W. Oxidative gelation studies of water-soluble pentosans from wheat[J]. Cereal chem, 1990, 67: 153—169.
- [9] 吴雪辉, 陈永泉, 刘欣, 等. 戊聚糖对面粉品质的影响[J]. 华南农业大学学报, 1998, 19(1): 119—125.
- [10] 李静, 王学东, 李庆龙, 等. 小麦戊聚糖及其在烘焙工业中的作用[J]. 粮食与饲料工业, 2002(9): 39—41.
- [11] Neukom H, Biliaderis C G. Oxidative gelation of wheat flour pentosans: a new way of crosslinking polymer[J]. Cereal Chem, 1978, 58: 421—424.
- [12] Moore A M, Martinez-munoz I, Hoseney R C. Factors affecting the oxidative gelation of wheat water-solubles[J]. Cereal Chem, 1990, 67: 81—84.
- [13] Hoseney R C, Faubion J M. A mechanism for the oxidative gelation of wheat flour water-soluble pentosans[J]. Cereal Chem, 1981, 58: 421—424.
- [14] Figueroa-espinosa M C, Rouau X. Oxidative cross-linking of pentosana by a fungal laccase and horseradish peroxidase: mechanism of linkage between feruloylated arabinoxylans[J]. Cereal Chem, 1998, 75: 259—265.
- [15] 周素梅, 王璋, 许时婴. 面包制作过程中戊聚糖酶的作用机理[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(3): 275—279.
- [16] 周素梅, 王璋, 许时婴. 小麦面粉阿拉伯木聚糖酶解性质的研究(I)[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(3): 13—17.
- [17] 周素梅, 王璋, 许时婴. 小麦面粉阿拉伯木聚糖酶解性质的研究(II)[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(5): 27—32.
- [18] Rouau X. Investigations into effects of an enzyme preparation for baking on wheat flour dough pentosans[J]. Journal of Cereal Science, 1993, 18: 145—157.
- [19] Bettge A D, Morris C F. Relationships among grain hardness, pentosan fractions, and end-use quality of wheat[J]. Cereal Chemistry, 2000, 77(2): 241—247.
- [20] Izydorczyk M S, Biliaderis C G. Influence of structure on the physicochemical properties of wheat arabinoxylan[J]. Carbohydrate Polymer, 1992, 17: 237—247.
- [21] 郑学玲, 李利民, 朱永义, 等. 戊聚糖在小麦中的分布规律及其与灰分、白度相关性的研究[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(6): 19—22.
- [22] Krishnarau L, Hoseney R C. Enzymes increase loaf volume of bread supplemented with starch tailings and insoluble pentosans[J]. Journal of Food Science, 1994, 59: 1251—1254.
- [23] Biliaderis C G. Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours[J]. Food Chem, 1995, 53: 165—171.
- [24] Mongeau R, Brassard R. Determination of neutral detergent fiber in breakfast cereals: pentose, hemicellulose, cellulose and lignin content[J]. Journal of Food Science, 1982, 47: 550—555.
- [25] 李利民, 侯业茂, 朱永义, 等. 谷物戊聚糖国内外研究进展[J]. 粮油加工与食品机械, 2002(5): 36—38.