

戊聚糖对面粉品质的影响

吴雪辉¹ 陈永泉¹ 刘欣¹ 黄卓烈²

(1 华南农业大学食品科学系, 广州, 510642; 2 华南农业大学生物技术学院)

摘要 对小麦面粉中戊聚糖的分类、分子结构, 戊聚糖的含量与面粉品质的关系作了综述, 讨论了戊聚糖对面团形成的作用机理以及戊聚糖对面包中气体保持的机理。

关键词 戊聚糖; 面粉

中图分类号 TS 211

近年来, 随着人民生活水平的不断提高和工作节奏的加快, 面包等烘焙食品以其花色、营养、卫生、方便等特点, 迅速进入我国市场和家庭。面包质量及档次的提高, 对加工面包的面粉质量的挑选也越加严格。以往在衡量面包面粉品质时主要以面筋含量为标准, 但国外大量研究表明, 面粉中所含的戊聚糖对面粉品质存在着密切的关系, 它与蛋白质一起参与面筋网络结构的形成, 从而改善面团的工艺性状, 提高面包的品质。因此, 面粉的品质并非简单地取决于其蛋白质含量的高低, 只有蛋白质、戊聚糖、脂肪、淀粉等组成的比例协调, 才能获得理想的功能品质。

戊聚糖是指含大量戊糖的聚合物, 主要由阿拉伯糖、木糖、少量的半乳糖、甘露糖、葡萄糖以及蛋白质所组成。根据它们的溶解性能的差异可分成水溶性与非水溶性两类。

1 戊聚糖的化学结构

戊聚糖的结构是大量研究的主题, 不同原料中分离的戊聚糖分子的大小、单糖组成、分支程度方面有所不同, 表现出不同的物理化学和功能特性。

1.1 水溶性戊聚糖

Perlin(1951a; 1951b)最早研究了从小麦面粉中获得的主要水溶性戊聚糖的结构, 发现它由 L-阿拉伯糖和 D-木糖组成, β -1, 4 键连的 D-吡喃木糖组成主链, L-呋喃阿拉伯糖连接在木糖残基的 0-2 或 0-3 上。Ewald 等(1959)进一步指出阿拉伯糖分支主要存在于单独的木糖残基或两个连续的木糖残基上, 通常很少出现在 3 种相邻的残基, 而不出现在 4 种或更多相邻的残基上。Goldschmid 等(1963)用木聚糖内切酶来降解阿拉伯木聚糖, 发现其分支与相同类型的样品有很大偏差, 因此推测可能有更多的取代形式。

随着检测技术的发展, 戊聚糖的结构也逐渐被认识。Cleemput 等(1993)详细报道了用乙醇沉淀法从 6 种欧洲小麦面粉中分离的水溶性阿拉伯木聚糖的结构, 用气相色谱测得单糖组成如表 1。

从表 1 可知: 阿拉伯糖与木糖的比例为 0.50~0.61, 除了 Soissons 样品外, 其它 5 种面粉中阿拉伯木聚糖的分支程度相近, 这与 Suckow 等(1983)从另外 6 种欧洲小麦面粉中提取

的阿拉伯木聚糖的结果相一致,其中阿拉伯糖与木糖的比例为 0.54~0.63,这一点与 Izydorczyk 等(1991)的结果有差异,他们分析了用硫酸铵沉淀法从 8 种加拿大小麦面粉中分离出来的阿拉伯木聚糖,发现阿拉伯糖与木糖的比例为 0.53~0.71. 因此,阿拉伯木聚糖的单糖组成、分支程度与小麦品种有关.

表 1 6 种欧洲小麦面粉中阿拉伯木聚糖的单糖组成%

面粉	L-阿拉伯糖	D-木糖	D-半乳糖	D-葡萄糖	戊聚糖 ¹⁾	A/X ²⁾
A pallo	31.5	61.8	2.3	2.5	82.1	0.51
Slejpna	28.1	52.6	0.8	2.7	71.0	0.53
Spernar	29.8	58.9	0.7	3.4	78.1	0.51
Camp Remy	31.4	59	1.4	6.9	79.6	0.53
Minarat	33.8	64.2	0.8	2.6	86.2	0.53
Soissons	28.2	46.6	1.2	9.0	65.8	0.61

1) 戊聚糖=(阿位伯糖+木糖)×0.88%; 2) A/X=L-阿拉伯糖/D-木糖

用核磁共振光谱法可进一步了解阿拉伯糖在木糖残基上的取代情况,图 1 展示了 6 种小麦面粉中阿拉伯木聚糖在化学位移为 $5.2 \times 10^{-6} \sim 5.5 \times 10^{-6}$ 的谱图. 在此区域,所有的样品都出现 3 个峰,位移为 5.40×10^{-6} 的第一个峰表示呋喃阿拉伯糖的 H¹ 连接在吡喃木糖残基的 O-3; 在位移 5.30×10^{-6} 和 5.23×10^{-6} 处有两个相等高度的峰,表示阿拉伯糖的 H¹ 连接在同一木糖残基的 O-2 和 O-3 上; 在 5.30×10^{-6} 和 5.23×10^{-6} 左侧也有峰存在,可能是两个相邻的双取代木糖残基的结果,由此推测,阿拉伯木聚糖链上的双取代木糖残基,既有单独存在,又有配对存在; 5.40×10^{-6} 左边的不明确的小峰表示双取代的木糖残基紧连着一单取代的木糖残基,这与 Hoffman 等人(1992b)的结果相符.

1.2 非水溶性戊聚糖

非水溶性戊聚糖通常称为半纤维素. Medcalf 等(1968)详细研究了非水溶性戊聚糖的结构,指出:非水溶性戊聚糖除支化程度较高,分子量较大以外,结构与水溶性戊聚糖相似. 非水溶性戊聚糖的单糖组成为 D-木糖占 53%, L-阿拉伯糖占 41%, 还有 6% 的 D-葡萄糖;阿拉伯糖与木糖的比例为 0.77, 每 5 个 D-木糖单位中差不多有 4 个 L-阿位伯糖,分支程度较高.

2 戊聚糖与面粉(焙烤)品质的关系

2.1 戊聚糖对面团流变学性质的影响

戊聚糖对面团流变性质的影响可用粉质仪和拉伸仪

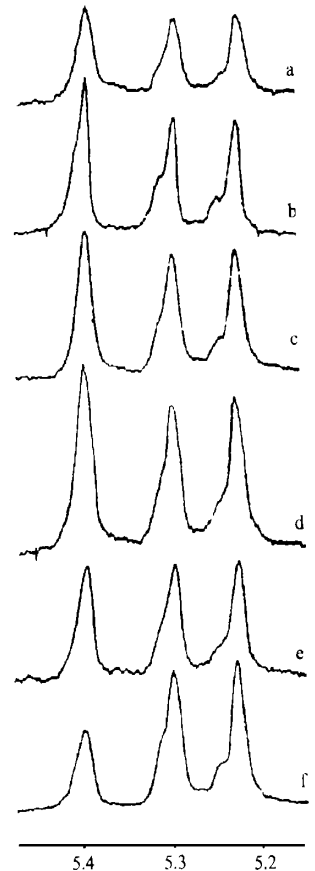


图 1 6 种小麦面粉中阿拉伯木聚糖核磁共振光谱图

(Cleemput et al. 1993)

测定面团的流变学指标来定量评价. 在这方面, 国内外作了大量的工作, Michniewicz 等 (1991) 在 4 种不同的面粉中添加一定量的戊聚糖进行粉质试验, 结果表明, 戊聚糖的加入可提高面粉的吸水率, 延长面团形成时间和稳定时间, 从而改善面粉品质. Vanhmel 等 (1993) 将黑麦水溶性戊聚糖加入面粉中进行揉混试验, 结果发现: 戊聚糖的加入不改变揉混曲线的形状, 但增加曲线的峰高和峰下的面积, 使面粉的筋力加强.

许兆明等 (1990) 的拉伸试验表明, 戊聚糖使面团拉伸阻力显著增加, 延伸性下降, 从而使拉力比的数值大大增加, 说明面粉的面筋质强度有较大的提高, 这两种影响的结合使较弱面粉的筋力仍获提高, 对原来较强的面筋则可能造成粉力的下降.

2.2 戊聚糖与焙烤特性的关系

流变学试验结果表明, 戊聚糖能增加面团的吸水率. 反应表面方法学认为, 面包体积在很大程度上决定于加水量和混合时间. Cleemput 等 (1993) 将戊聚糖的分析数据与焙烤过程作了定量描述. 他们认为, 戊聚糖的结构、组成影响面团混合时间和焙烤吸收率; 并且, 焙烤吸收率随戊聚糖含量增加而减少, 形成最佳面团的混合时间随戊聚糖含量增加而减少. 这与 Shogren 等 (1987) 的结论部分矛盾, 后者认为蛋白质含量一定时, 水溶性戊聚糖含量与焙烤吸收率呈正相关, 与混合时间呈负相关. 因此, 不同组成、结构的戊聚糖对焙烤品质的影响也可能表现出相互矛盾.

Baker 等 (1943) 最先指出: 小麦水溶性戊聚糖有利于增加面包体积. 后来许多研究 (Decort 等, 1991; D' Appolonia 等, 1970; Gamley, 1964; Jelaca 等, 1972) 都证实了这一点, 而且还发现戊聚糖的加入可改善面包屑的结构, 表面的色泽, 以及延长产品货架期.

但也有人提出不同的观点, 认为戊聚糖与焙烤制品体积无关, 甚至使面包体积减小. Hosney 等 (1969) 指出: 非水溶性戊聚糖对面包体积没有任何有利作用. Shogren 等 (1987) 以硬质红色冬小麦为原料, 发现小麦水溶性戊聚糖使面包体积略有下降.

由此看来, 戊聚糖对面团品质和焙烤特性的影响表现出双重性, 其作用结果与戊聚糖组成、结构、添加量及基本面粉的工艺指标有关.

3 戊聚糖对面团的作用机理——氧化凝胶作用

水溶性戊聚糖对面粉品质与焙烤特性的影响, 目前普遍认为与在面团形成过程中发生氧化凝胶作用有关, 水溶性戊聚糖在水中形成粘滞性很强的溶液; 并且, 某些氧化剂可以导致凝胶的形成.

Durham (1925) 最先发现在面粉水提取液中加入 H_2O_2 可增加提取液的粘度. Baker 等 (1943) 指出水溶性戊聚糖是引起粘度增加的原因; 而 Izydorczyk (1990) 通过实验进一步表明戊聚糖的粘度主要是由阿拉伯木聚糖带来的.

许多人对水溶性戊聚糖和氧化凝胶现象做过研究, Neukom 等 (1978) 对这些工作结果进行了综合, 指出几种凝胶作用机理, 他们认为酯化成水溶性戊聚糖的阿魏酸与水溶性戊聚糖的氧化凝胶有关.

但阿魏酸似乎有两个能引起交联的活性中心, 一个是芳香苯核, 另一个是活性双键. 于是出现了两种凝胶机理, 一种是 Sidhu 等 (1980a) 提出, 认为是阿魏酸的活性双键发生反应而促成交联; 且进一步指出 (Sidhu, 1980b) C^4 -半胱氨酸在 UV 光下反应, 键连在阿魏酸上, 因此, 在用 H_2O_2 处理之前, 把半胱氨酸加入水溶性组分中, 阻止胶凝, 这表明氢硫基参与交联.

Hoseney (1981)支持这一观点,他们通过分别加入富马酸和香草酸,富马酸含有活性双键不含芳香苯核,香草酸含芳香苯核不含活性双键.结果富马酸阻止凝胶,而香草酸却没有,从而证明参与凝胶反应的是活性双键而不是芳香苯核.于是提出图2所示的氧化凝胶过程,并指出凝胶机理是:戊聚糖的氧化凝胶包括对阿魏酸的活性双键加入蛋白含硫游离基,阿魏酸被酯化成阿拉伯木聚糖.蛋白质和多糖链的共价粘合可以产生高分子量的化合物,在水溶液中表现为粘度增加,在面团中,表现为面团流变学性质的改变.

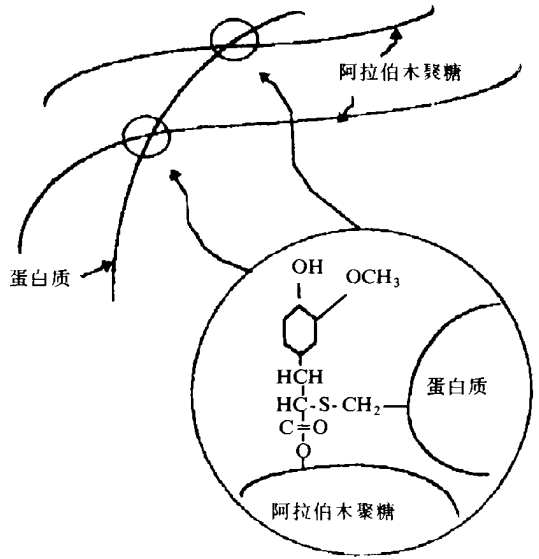


图2 戊聚糖的氧化凝胶(Hoseney, 1981)

但Vinkx等(1991)提出了另一种凝胶作用的机理,他们通过实验发现:阿魏酸,香草酸阻止凝胶,而富马酸和肉桂酸不起作用,这证明引起交联的中心应该是芳香苯核而不是活性双键.同时通过加氢硫基阻碍剂NEW不降低凝胶能力证明蛋白质半胱氨酸残基可能不参与凝胶反应,因此他们认为戊聚糖是氧化凝胶不可缺少的,阿魏酸起决定性的作用,而且以芳香苯核为交联中心,蛋白质是否与氧化凝胶有关还不能证实.

戊聚糖氧化胶凝作用的研究还在发展.关于这一作用与面粉品质和面食制品品质构成的关系,有待于进一步探索和研究.

戊聚糖氧化胶凝作用的研究还在发展.关于这一作用与面粉品质和面食制品品质构成的关系,有待于进一步探索和研究.

4 气体保持

发酵面团的另一重要特性是保持气体的能力,混合和发酵过程产生的气体对面团的流变学及最后产品的质地有重要的影响.

Izydorczyk(1991)证实了阿拉伯木聚糖对由表面活性蛋白质形成的泡沫受热时的分解有保护作用,添加阿拉伯木聚糖会减少最初的泡沫体积(可能是由于增加系统粘度的缘故),但却阻止CO₂气体受热膨胀时对气室的破坏.因此,包含阿拉伯木聚糖的系统,泡沫体积加热时增大,能保持良好的气室结构.

多糖能通过阻止气体扩散或作为气泡周围薄膜的空间稳定剂来稳定泡沫,起初形成和膨胀的泡沫被加入的多糖因增加液体介质的粘度所阻碍;然而气体周围的薄膜的粘滞性和弹性对泡沫的稳定很重要,粘度较高的阿拉伯木聚糖对加热过程中泡沫的稳定效果最好.因此,阿拉伯木聚糖与面筋一起在最初的焙烤阶段对减缓CO₂扩散率起重要作用,从而影响面包体积和最后的面包屑结构.

用不同分离方法或从不同原料中得到的水溶性戊聚糖在分子量大小、结构、物理化学性质上有很大的差异,要完全阐明它在面包生产和焙烤产品品质方面的功能就必须更多地研究结构与性质之间的关系,以便更明确地了解戊聚糖在面团形成过程的作用机理,从而开发一种天然、安全的面粉品质的改良剂.

参 考 文 献

- 许兆明, 朱斌昕, 林 仁, 等. 1990. 戊聚糖及其对面粉品质的影响. 中国粮油学报, 5(3): 19~24
- Baker J G, Parker H K, Mize M D. 1943. The pentosans of wheat flour. *Cereal Chem*, 20(3): 267
- Camley R W. 1964. The role of wheat flour pentosans in baking. II. Effect of added flour pentosans and other gums on gluten starch loaves. *J Sci Food Agric*, 15(12): 834
- Cleemput G, Roels S P, Vanoort M, et al. 1993. Heterogeneity in the structure of watersoluble arabinxylans in European wheat fours of variable bread-making quality. *Cereal Chem*. 70(3): 324-329
- D' Appolonia B L, Gilles K A, Medcalf D G. 1970. Effect of water-soluble pentosans on gluten-starch loaves. *Cereal Chem*, 47(2): 194
- Delcour J A, Vanhamel S, Hosoney R C. 1991. Physicochemical and functional properties of rye nonstarch polysaccharides II. Impact of a fraction containing water-soluble pentosans and proteins on gluten-starch loaf volumes. *Cereal Chem*, 68(1): 72
- Durham R K. 1925. Effect of hydrogen peroxide on relative viscosity measurements of wheat and flour suspensions. *Cereal Chem*, 2(4): 297
- Ewald C M, Perlin A S. 1959. The arrangement of branching in an arabino-xylan from wheat Flour. *Can J Chem*, 37(5): 1254
- Goldschmid H R, Perlin A S. 1963. Interbranch sequences in the wheat arabino-xylan. Selective enzymolysis studies. *Can. J. Chem*, 41(9): 2272
- Hoffmann R A, Kamerling J P, Vliegenthart J F G. 1992 b. Structural features of a water-soluble arabinoxylan from the endosperm of wheat. *Carbohydr Res* 226(2): 303
- Hosoney R C, Fwney KF, Shogren MD, et al. 1969. Functional (breakmaking) and biochemical properties of wheat flour components II Role of water solubles. *Cereal Chem*, 46(2): 117
- Hosoney R C, Faubion J M. 1981. A Mechanism for the oxidative gelation of wheat flour water-soluble pentosans. *Cereal Chem*, 58(5): 421
- Hosoney R C. 1984. Functional properties of pentosans in baking foods. *Food Technology*, 38(1): 114
- Izydorczyk M, Biliaderis C G, Bushuk W. 1991. Comparison of the structure and composition of water-soluble pentosans from different wheat varieties. *Cereal Chem*, 68(2): 139
- Izydorczyk M, Biliaderis C G, Bushuk W. 1990. Oxidative gelation studies of water-soluble pentosans from wheat. *J Cereal sci*, 11(2): 153.
- Jelaca S L, Hlynka I. 1972. Effect of wheat flour pentosans in dough, gluten and bread. *Cereal Chem*, 49(5): 489
- Medcalf D G, Gilles K A. 1968. Structural characterization of a pentosan from the water-insoluble portion of durum wheat endosperm. *Cereal Chem*, 45(6): 550
- Michniewicz J, Biliaderis C G, Bushuk W. 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristics of dough and gluten. *Cereal Chem*, 68(3): 252
- Neukom H, Markwalder H V. 1978. Oxidative gelation of wheat flour pentosans: A new way of cross-linking polymers. *Cereal Food World*, 223(4): 374
- Perlin A. S. 1951a. Isolation and Composition of the soluble pentosans of wheat Flour. *Cereal Chem*, 28(5): 370
- Perlin A. S. 1951b. Structure of the Soluble pentosans of wheat Flours. *Cereal Chem*, 28(6): 382
- Shogren M D, Hashimoto S, Pomeranz Y. 1987. Cereal pentosan and significance. II. Pentosans and breadmaking characteristics of hard red winter wheat flours. *Cereal Chem*, 64(1): 35
- Sidhu J S, Nordin P, Hosoney R C. 1980a. Mixograph studies. III. Reaction of fumaric acid with gluten

- proteins during dough mixing. *Cereal Chem.*, 57(3): 159
- Sidhu J S, Hosene R C, Faubion J M, et al. 1980 b. Reaction of C¹⁴-cysteine with wheat flour water solubles under ultraviolet light. *Cereal Chem.*, 57(6): 380
- Suckow P, Abdel-Gawad A, Meuser F. 1983. Versuche Zur Aufklärung des Anomalen Technologischen Verhaltens nicht Backfähiger Weizen. In: Technische Universität Berlin. Schriftenreihe aus dem Fachgebiet Getreidetechnologie. Berlin: Technische Universität Berlin, (6): 1 ~ 135
- Vanhamel S, Cleemput G, Delcour J A, et al. 1993. Physicochemical and functional properties of rye non-starch polysaccharides. IV The effect of high molecular weight water-soluble pentosans on wheat-bread quality in a straight-dough procedure. *Cereal Chem.*, 70(3): 306
- Vinkx C J A, Van Nieuwenhove, Deleour J A. 1991. Physicochemical and functional properties of rye non-starch polysaccharides. III Oxidative gelation of a fraction containing water-soluble pentosans and proteins. *Cereal Chem.*, 68(6): 617

EFFECT OF PENTOSANS ON THE QUALITY OF FLOUR

Wu Xuehui¹ Chen Yongquan¹ Liu Xin¹ Huang Zuolie²

(1 Dept. of Food Science, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642;

2 College of Biotechnology, South China Agric. Univ.)

Abstract

This article reviews the classification and molecular structure of pentosans, the relationship between the content of pentosans in flour and the quality of flour. The mechanisms of pentosan actions on dough formation and air conservation in breads also discussed.

Key words pentosan; flour