

核磁共振研究膳食纤维面包制作过程的水分迁移行为

李资玲^{1,2}, 刘成梅^{2,*}, 万 婕², 吴 宇², 刘 伟²

(1. 江西科技师范学院生命科学院, 江西 南昌 330013

2. 南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047)

摘 要: 利用核磁共振测定三种不同配方面包在制作过程(和面、发酵、醒发和烘烤)中质子的自旋-自旋弛豫时间(T_2), 面团中流动性不同的水分, 表现出不同的弛豫时间。实验表明, 在面包制作过程中, 其束缚相和自由相的迁移行为不同, 此外 140MPa 处理的膳食纤维具有强持水性, 添加至面包中可改善其储藏性。

关键词: 面包; 膳食纤维; 核磁共振; 水分迁移

Study on Molecular Mobility in Dietary Fiber Bread by NMR

LI Zi-ling^{1,2}, LIU Cheng-mei^{2,*}, WAN Jie², WU Bei², LIU Wei²

(1. College of Life Science, Jiangxi Science and Technology Normal University, Nanchang 330013, China;

2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: Using nuclear magnetic resonance (NMR) studied spin-spin relaxation time (T_2) in dough and bread in the producing process (mixing, fermenting, waking and baking). It existed a positive correlation between the spin-spin relaxation characteristic and molecular mobility. In the producing process, water mobility behavior of bond state and free state was different, besides, dietary fiber which treated with 140 MPa pressure will drink water, it can be change the storage property of bread.

Key words: bread; dietary fiber; NMR; water mobility

中图分类号: TS213.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)10-0127-04

收稿日期 2007-07-15

*通讯作者

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0540)

作者简介: 李资玲(1982-), 女, 助教, 研究方向为食品资源开发与利用。

3.4 少动鞘脂单胞菌 S_1 胞外多糖具有增稠作用, 脱乙酰无影响, 增稠效果与黄原胶相似。盐类对 EPS 有增效作用, 其中 $CaCl_2$ 最好。酸性条件对黏度几乎没影响, 在碱性条件下黏度下降。与黄原胶、DEPS 相比, EPS 对温度稳定性好。EPS 和 DEPS 在 4℃ 条件下与 24℃ 条件相比, 黏度明显下降。

3.5 与洋槐豆胶、瓜尔豆胶无协同成凝胶作用。

参考文献:

- [1] 里景伟. 微生物多聚糖黄原胶生产与应用[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [2] CALLET F. Influence of acetyl and pyruvate contents on rheological properties of xanthan in dilute solution[J]. International Journal of

- Biological Macromolecules, 1987, 9(10): 291-293.
- [3] SHATWELL K. Influence of the acetyl substituent on the interaction of xanthan with plant polysaccharides[J]. Carbohydrate Research, 1991, 14: 29-51.
- [4] SUTHERLAND I. Structure-function relationships in microbial exopolysaccharides[J]. Biotechnology Advances, 1994(12): 393-448.
- [5] MCCOMB A. Determination of acetyl in pectin and in acetylated carbohydrate polymers[J]. Analytical Chemistry, 1957, 29(5): 819-921.
- [6] SHIGEMASA Y. Evaluation of different absorbance ratios from infrared spectroscopy for analyzing the degree of deacetylation in chitin[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 1996, 18: 237-242.
- [7] 邓君里. 人工神经网络[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [8] 鲍约翰. 自适应模式识别与神经网络[M]. 北京: 北京科学出版社, 1992.
- [9] 郑忠. 胶体科学导论[M]. 广州: 华南理工大学, 1995: 432.

核磁共振(nuclear magnetic resonance, NMR)技术通常利用两相体系来解释弛豫现象,即假设体系中存在“束缚相”和“自由相”解释不同体系中水弛豫的大部分数据^[1]。食品中大部分水处于自由状态,弛豫性质类似于纯水;还有一部分水与一些亲水基团结合而被束缚,运动受到限制。利用NMR技术测定能反映水分子流动性的氢核的自旋-晶格弛豫时间 T_1 和自旋-自旋弛豫时间 T_2 ,就可以知道食品中水分的迁移行为^[2]。

核磁共振技术在食品工业中的运用日益广泛^[3], Roger Ruan等^[4]用NMR弛豫技术研究了面包在5℃和22℃的储藏过程中的水分迁移行为;Engelsen S B等^[5]对低场氢质子NMR磁体内正在进行的焙烤过程进行实时观测,并测定 T_2 值;Roudaut G等^[6]用低分辨率氢质子NMR测定了玻璃态面包中油脂随温度和水分含量变化的 T_1 、 T_2 和其平移扩散系数 D ,并推断油脂以小球的形式分布在玻璃态的面包三维矩阵中,并在其中扩散。

本实验利用一次发酵方法制备大豆膳食纤维面包,同时与空白面包进行对照,利用核磁共振弛豫技术(NMR)来观测面团和面包在各工艺阶段的 T_2 值变化,从而了解面包在整个制作过程水分的迁移行为。

1 材料与方法

1.1 材料

人造奶油、白糖、鸡蛋、食盐、无糖奶粉、精炼油 市售;红牡丹牌面包专用粉;梅山牌即发酵母;梅山牌面包改良剂,自制大豆膳食纤维。

1.2 主要仪器设备

0.3T 1HYOMINGMR2 IMAGING核磁共振成像系统(配备内径为15.6cm的射频线圈)、醒发箱、烤箱、和面机。

1.3 方法

1.3.1 膳食纤维面包的制作

1.3.1.1 面包配方

面粉100g,即发酵母1.2g,奶粉4g,添加剂0.4g,白砂糖15g,鸡蛋5g,食盐1g,水50g,人造奶油4g。5%的豆渣膳食纤维(40、140MPa)置换等量的面粉。

1.3.1.2 面包制作工艺(一次发酵法)

和面:豆渣膳食纤维加适量水充分溶胀后加入搅拌;发酵:35℃,相对湿度70%,120min;搓圆:将发酵后的面团,切块称取面胚55g,搓圆成型后醒发;醒发:40℃,相对湿度80%~85%,60min;烘烤:160~180℃,15min。

1.3.2 面团和面包的制备

在面包制作的过程中,分别称取和面、发酵、醒

后面团55g,揉制成团后装入培养皿中,立即进行核磁共振实验。烘烤成型的面包(约50g)在相同条件下进行核磁共振实验。

1.3.3 CPMG实验

利用CPMG(Carr-Purcell-Meiboom-Gill)脉冲序列测定样品的自旋-自旋弛豫时间(T_2)。将1.3.2的样品置于永久磁场中心位置的射频线圈的中心,进行CPMG脉冲序列实验。CPMG序列采用的参数:采样点数TD=4096,回波个数C0=60,重复扫描次数RP=20,弛豫衰减时间D0=1500ms;采样时间ACQ=5ms;回波时间TE=14ms。利用T2_FitFrm软件调用CPMG序列拟合 T_2 。

2 结果与分析

2.1 面团和面包的自旋-自旋弛豫特性

用CPMG序列扫描面团和面包样品时,拟合得到两个不同的自旋-自旋弛豫时间 T_2 ,这说明面团中存在两部分流动性不同的水分。 T_{21} 组分是相对和大分子如淀粉和面筋蛋白等相互作用更紧密(如以氢键形式)的水组分,也称“束缚水”,而 T_{22} 组分则相对更自由一些,也称“自由水”。 T_2 值与水分的流动性成正比^[7-8]。图1~2是三种不同配方面包(空白、添加40、140MPa大豆膳食纤维)在制作过程中的 T_{21} 和 T_{22} 的变化。

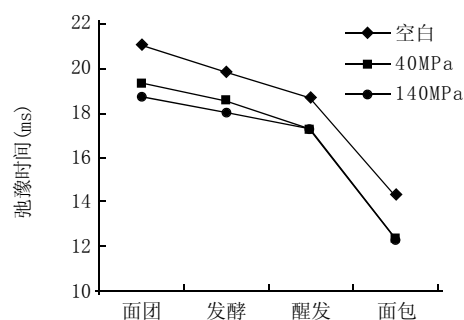


图1 不同配方面包制作过程中的 T_{21}

Fig.1 T_{21} of different bread products in producing process

图1表明,发酵阶段,酵母的存在使面团产气、产热,令面筋得到充分扩展, T_{21} 水组分更好地融入到面筋网络结构中,和大分子物质等互相作用得更强,所以流动性下降^[9], T_{21} 值减小;醒发阶段及焙烤阶段,面团中大部分水被蒸发,导致 T_{21} 状态的水被体系“抓”得更紧,因此经过焙烤后, T_{21} 值下降最明显,其流动性都降低了,因此三种面包在制作过程中均表现为 T_{21} 值降低。

此外,空白面包的 T_{21} 值要高于膳食纤维面包,这可能是因为虽然膳食纤维能提高水分的吸水量,但是无法形成更大、更稳定的网络结构,因此体系中水分子的流动性就更低。同时从面团到面包焙烤结束, T_{21} 状

态水组分的流动性是逐渐降低的,而焙烤过程对其流动性下降的贡献是最突出的。

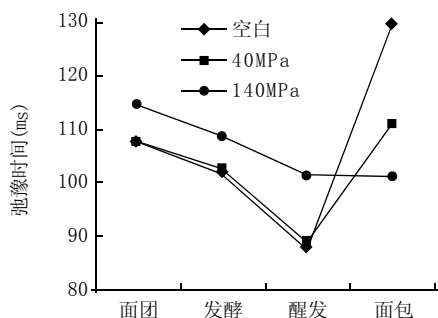


图2 不同配方面包制作过程中的 T_{22}
Fig.2 T_{22} of different bread products in producing process

图2表明,从和面到醒发阶段,三条曲线的 T_{22} 值均呈下降趋势,这可能是因为此过程中的 T_{22} 状态的水会逐渐加强和体系的相互作用,使得 T_{22} 值下降;焙烤阶段,空白和添加40MPa处理大豆膳食纤维面包的 T_{22} 值都有明显回升,甚至高于初始水平,这可能是由于在焙烤过程中,水分不断向外迁移,使得 T_{22} 状态的水流动性明显提高,而经40MPa处理的膳食纤维有一定吸水性,对水分迁移有一定牵制作用,其 T_{22} 值的上升较空白面包平缓,经140MPa处理的膳食纤维颗粒较经40MPa处理的膳食纤维更微小,吸水性更强,其 T_{22} 值变化较平缓,空白面包的 T_{22} 值上升最明显。

2.2 面团和面包的质子密度

T_{21} , T_{22} 的质子密度代表处于此状态的水组分量的多少。图3~4是三种不同配方面包在制作过程中 T_{21} 和 T_{22} 组分质子密度的变化。

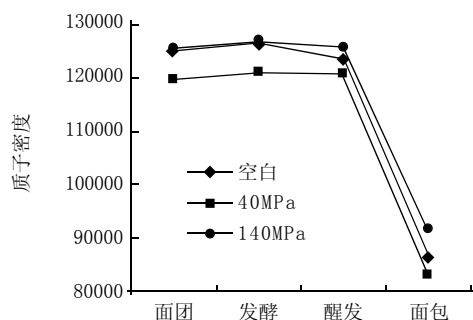


图3 不同配方面包制作过程中 T_{21} 的质子密度
Fig.3 Density of T_{21} proton of different bread products in producing process

从图3可看出,三种不同配方面包在制作过程中水分迁移情况类似,面团经发酵后,面筋网络有一个“生长”的过程,此时水分被进一步分配,更多地和大分子等结合和相互作用,因此 T_{21} 的质子密度稍有上升;经焙烤阶段后,其质子密度却大幅度下降,这可能是因

为 T_{21} 组分大量扩散,向表面迁移,被蒸发掉。此外,制作的每个过程都以140MPa面包的质子密度最高,这可能是由于140MPa的膳食纤维的持水能力较强。

从图4可看出,面包制作过程中, T_{22} 状态水组分的质子密度都呈上升趋势,这种现象在发酵阶段表现得最为明显,而图3表明的在发酵阶段 T_{21} 组分质子密度也是呈上升趋势,这可能是由于发酵过程在相对湿度为70%的环境中进行,面团会从环境中吸收部分水分,使得体系总水分含量增加;醒发过程的相对湿度更高为80%,结合图4相应部分来看,面团会从环境中吸收水分,焙烤阶段后, T_{22} 组分的质子密度仍在上升,我们知道在焙烤过程中,面包的总水分含量肯定会下降,那么 T_{22} 组分幅值的增加只能由 T_{21} 组分幅值的下降来贡献,这与图3中曲线相应的区域形成了鲜明的对比。

此外,从图4还可以观察到,各工艺阶段 T_{22} 组分的质子密度都以空白面包最高,这可能是因为膳食纤维的强持水性使 T_{21} 组分的量增加,但由于三种面包配方中总含水量相同,因此可认为各个工艺阶段总水量也是基本相同,因此添加经140MPa处理的膳食纤维面包其 T_{22} 组分质子密度在各阶段都是最低,即其“自由水”含量就减少,储藏过程中发生霉变的可能性降低,有助于改善面包的储藏性,这与我们的前期研究结果相吻合^[10]。

3 结 论

通过实验发现,面包在制作的四个过程中, T_{21} 部分即“束缚水”部分流动性一直呈下降趋势,“束缚水”含量在前三个阶段稍有上升,焙烤阶段开始下降且趋势非常明显; T_{22} 部分即“自由水”部分的流动性在前三个阶段呈下降趋势,在焙烤阶段回升,其含量一下呈上升状态。此外,添加经140MPa处理的膳食纤维具有强持水性,因此膳食纤维面包中“束缚水”含量比空白面包高,“自由水”含量相对减少,因此添加经140MPa处理的膳食纤维有助于改善面包的储藏性。

核磁共振技术作为一种研究工具的优势就是对样品无破坏性和非侵入性,因此,在食品科学领域的应用也越来越广泛。利用核磁共振技术,从分子的角度研究面团中水分迁移行为,对于食品保藏学有很好的指导意义。

参考文献:

- [1] 郑栋林. 核磁共振成像学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 46-53.
- [2] 林向阳, 何承云, 陈卫江, 等. 核磁共振研究蔗糖对面团中分子流动性的影响[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 30-34.
- [3] 吴宇, 刘成梅, 万婕, 等. 面制品加工和贮藏的NMR研究[J]. 农产品加工: 学刊, 2006(3): 30-32.
- [4] CHEN P L, LONG Z, RUAN T P, et al. Nuclear magnetic resonance studies of water mobility in bread during storage[J]. Lebensmittel-Wiss. u. Technol, 1997, 30: 178-183.
- [5] ENGELSEN S B, JENSEN M K, PEDERSEN H T, et al. NMR-baking

车前子胶的流变特性研究

周 超, 杨美艳, 谢明勇*, 万 茵, 田颖刚, 陈 奕, 黄 璞

(南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047)

摘 要: 本实验通过浓度、剪切力、温度、pH、盐度、水化时间、冻融等变化对车前子胶溶液表观黏度的影响, 对车前子胶溶液的流变性进行了研究。结果表明: 车前子胶溶液为“非牛顿流体”, 具有“假塑性”。其表观黏度随质量分数的增加逐渐增加; 体系温度升高可导致溶液黏度降低, 溶液在 pH5~11 时较稳定; 车前子胶对 NaCl 具有良好的兼容性, Ca^{2+} 对车前子胶溶液有显著的增稠效应, 其增稠效果与离子浓度呈正相关。此外, 车前子胶溶液有良好的抗降解性能, 冻融变化使车前子胶溶液黏度有所升高。

关键词: 车前子胶; 流变性; 表观黏度

Rheological Properties of Plantasan

ZHOU Chao, YANG Mei-yan, XIE Ming-yong*, WAN Yin, TIAN Ying-gang, CHEN Yi, HUANG Pu
(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: In this paper, the effects of concentration, shearing, temperature, pH, salt-concentration freezing-thawing on the viscosity of plantasan was studied. Results showed that plantasan was non-Newton fluid, and the solution had pseudoplasticity. Apparent viscosity increased with the increase of concentration; the increasing of temperature can reduce the viscosity of plantasan; the viscosity is not affected by the pH 5~11; it has better compatibility with NaCl, Ca^{2+} obviously improve its viscosity, and the ability is correlated to the concentration of Ca^{2+} ions. Plantasan had better stabilization of resisting degradation, its viscosity increased with the freezing-thawing.

Key words plantasan; rheological property; apparent viscosity

中图分类号: Q949.799 Q539.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)10-0130-04

车前子(*Semen Plantaginis*)为车前(*Plantaginaceae*)植物欧车前(*P. psyllium* L.)、印车前(*P. indica* L.)、卵叶车前(*Plantago ovata* Forsk)或车前(*P. asiatica* L.)等的干燥成熟种子^[1]。车前子是我国传统中医用药之一, 车前子性甘, 微寒, 归肝、肾、肺、小经, 具有清热利尿、渗湿通淋、明目祛痰的功能^[2]。

车前子种皮外表细胞壁极薄, 为黏液层, 含有 10%~30% 黏液质, 是一种亲水性胶体, 具有很强的吸

水溶胀能力, 在水中形成黏稠的溶液。国外将其广泛用于食品、医药工业中, 如利用车前子胶的药理学作用和其胶凝性, 将其作为药物载体^[3]。日本车前子胶的需要量为平约 400 吨/年, 用于流体食品改善口感和医药品的缓溶剂等方面^[4]。国内对车前子资源的开发利用还仅限于其中医药之用。本实验研究了温度、pH 值、盐、水化时间、冻融处理对车前子胶溶液流变性的影响, 为车前子的进一步开发应用提供依据。

收稿日期 2007-07-15

* 通讯作者

基金项目: 国家自然科学基金项目(30660226); 教育部长江学者和创新团队发展计划资助项目(IRT0540)

作者简介: 周超(1983-), 女, 硕士研究生, 研究方向为功能食品与营养保健。

- and multivariate prediction of instrumental texture parameters in bread [J]. Journal of Cereal Science, 2001, 33: 59-69.
- [6] ROUDAUT G, DUSSCHOTEN DV, AS V H, et al. Mobility of lipids in low moisture bread as studied by NMR[J]. Journal of Cereal Science, 1998, 28: 147-155.
- [7] RUAN R R, WANG X, CHEN P L. NMR study of water in dough[J]. Paper-American Society of Agricultural Engineers, 1997(3): 60-62.

- [8] RUAN R R, WANG X A, CHEN P L, et al. Study of water in dough using nuclear magnetic resonance[J]. Trends in food and technology, 1999, 10(10): 213-320.
- [9] 晏会英, 熊居煌. 面包制作工艺中的两个关键步骤[J]. 食品工业科技, 2004, 25(12): 133-135.
- [10] 刘成梅, 万婕, 李资玲, 等. 瞬时高压处理后膳食纤维对面包品质的影响[J]. 食品工业科技, 2006, 27(8): 54-56.