

品尺寸和起始温度并不影响速率,因此,在最低有效温度下解冻大量肉制品时,采用 HHP 是最有利的方法。

3 解冻方法的基本原则

不管采取哪一种方法解冻,都要遵循以下的基本原则:

(1)在使用前解冻;(2)尽可能地快速而均匀地解冻;(3)解冻之后温度以低为宜;(4)解冻后尽快进行调理;(5)在贮藏解冻食品时,若贮藏温度低于 5℃ 时,不可放置过久;(6)不与空气接触,带包装解冻;(7)利用解冻时流出汁液并进行调理;(8)解冻终温视解冻用途而定,如水果以半解冻较为安全可靠,而植物性食品如青豆等为防止淀粉 β 化,宜采用蒸汽、热水等高温解冻。

4 结束语

冷冻食品的解冻是一个费时费力的过程,尤其是对体积大的冻结制品而言。工业化生产中,针对不同的解冻对象选择合适的解冻方法,不仅要将解冻速率与解冻食品品质结合起来,还要把产量、设备、工作环境等多方面因素综合在一起考虑。

参考文献:

- 张懿著. 速冻食品. 北京:中国轻工业出版社,1998, 119~120.
- 华泽钊等编著. 食品冷冻冷藏原理与设备. 北京:机械工业出版社,1999,117~118.
- 徐世财编. 冷冻食品学. 台湾:复文书局. 1972, 67.
- Cheol - Goo Yun et al. Ohmic thawing of a frozen meat chunk. Korean J. Food Sci. & Tech. 1998, 30(4): 842~847.
- Hall G. M. Fish Processing Technology in the Food Industry. England: Abacus Press, 1976.
- 刘钟栋. 微波技术在食品工业中的应用. 北京:中国轻工出版社,1998,271~276.
- Jong - Kyung Lee et al. Rapid thawing of frozen pork by 915 MHz microwave. Korean J. Food Sci. & Tech. 1999, 31(1): 54~61.
- 谢晶等. 食品在高压静电场中冻结的实验研究. 食品科学. 2000, 21(11): 14~18.
- Lester E. J. Freezing Effects on Food Quality. New Marcel Dekker Inc., 1995.
- 高福成. 现代食品工程高技术. 北京:中国轻工业出版社. 1997, 103~127.
- Shore D. et al. Attenuation of ultrasound in post rigor bovine skeletal muscle Ultrasonics. 1986, 24: 81~87.
- Miles C. A. et al. High power ultrasonic thawing of frozen foods. J. Food Eng. 1999, 39: 151~159.
- Swientek R. J. High hydrostatic pressure for food preservation. Food Proc. 1992, 11: 90~91.
- Hoover D. G. Pressure effects on biological systems. Food Technol. 1993, 47(6): 150~155.
- Mertens B. Development in high pressure food processing. ZFL - International ZFL - International Zeitschrift - fuer - Lebensmittel - Technik - Marketing - Verpackung - und - Analytik. 1993, 44(3): 100~104.
- Mertens B. Development in high pressure food processing. ZFL - International Zeitschrift - fuer - Lebensmittel - Technik - Marketing - Verpackung - und - Analytik. 1993, 44(4): 182~187.
- Mandava R. et al. Meat and meat products: use of high pressure treatment. Meat Focus Intern. 1995, 4: 147~151.
- Pothakamury U. R. et al. The pressure builds for better food processing. Chem. Eng. Prog. 1995, 3: 45~53.
- Yanyun Zhao et al. High hydrostatic effects on rapid thawing of frozen beef. J. Food Sci. 1998, 63(2): 272~275.

面筋蛋白及其对面包品质的影响

朱小乔 刘通讯 华南理工大学食品与生物工程学院 广州 510641

摘要 总结了近几十年来有关面筋蛋白、特别是高分子麦谷蛋白亚基组(HMW-GS)的调查和研究情况,从中试图找出面筋蛋白各组分的组成、含量与面团、面包品质之间的关系,旨在更好地调控面包制作,改善面包品质。

关键词 面筋蛋白 高分子麦谷蛋白亚基 面包品质

Abstract Gluten proteins, especially high molecular weight glutenin subunits(HMW-GS), played an important role in determining the breadmaking quality and dough formation. This article summarized the studies on those above-mentioned proteins and tried to establish the relationship between the composition of each class of gluten proteins and breadmaking quality.

Keywords Gluten proteins HMW-GS Breadmaking quality

表1 面粉蛋白质的种类及性质

种类	含量(%)	溶解性	吸水性	P1	分子结构特点
麦谷蛋白	30~40	溶于稀酸或稀碱	有限膨胀	6~8	分子量较大 10~300 万 Da, 富含谷氨酰胺和脯氨酸, 有链内和链间的二硫键
麦醇溶蛋白	40~50	溶于 60%~70% 的酒精	有限膨胀	6.4~7.1	分子量较小 3~10 万 Da, 富含谷氨酰胺和脯氨酸, 以链内二硫键为主
麦球蛋白	5.0	溶于水或稀盐	无限膨胀	5.5	含多种组分, 精氨酸含量高
麦清蛋白	2.5	溶于水或稀盐	无限膨胀	4.5~4.6	含多种组分, 色氨酸含量高

面粉蛋白分为面筋蛋白和非面筋蛋白。面筋蛋白包括麦谷蛋白和麦醇溶蛋白, 非面筋蛋白为麦球蛋白、麦清蛋白和酸溶蛋白。各种蛋白的比例因小麦的遗传特性和栽培条件而异, 面粉蛋白的种类及性质见表 1^[1,2]。麦谷蛋白和麦醇溶蛋白约占蛋白质总量的 80%, 前者为面团提供弹性, 后者为面团提供延伸性, 在影响面包品质的众多因素中它们决定了面包能否形成体积大、孔隙小且均匀、松软有弹性的优良网络结构。国外许多研究都不断地证明了面筋蛋白在面包制作中的重要作用, 对它的认识也不断加深。目前的研究热点集中在从分子水平上探索 HMW-GS(高分子麦谷蛋白亚基组)的性质、空间结构及与其相互作用等。

1 面筋蛋白质的性质

麦谷蛋白和麦醇溶蛋白的组成、结构差异很大, 对面包品质的贡献也不一样。早期的研究认为 HMW-GS 的组成影响面包的品质, 最近的研究进一步表明: HMW-GS 的组成对高分子麦谷蛋白多聚体的比例和面筋粘弹性有着直接的影响。因此研究 HMW-GS 的结构和彼此间的作用对于理解和控制面筋的功能度是非常重要的。

1.1 麦醇溶蛋白的类型与结构

麦醇溶蛋白是单体蛋白, 根据它在低 pH 值上电泳迁移率的不同被分为 α -、 β -、 γ -、和 ω - 这四种类型^[3]。 α -、 β -、 γ - 麦醇溶蛋白结构相近, 均有重复的 N-端区域和非重复的 C-端区域, 肽链上存在 3~4 个分子内二硫键^[4]。而 ω -麦醇溶蛋白结构特殊, 以一个肽段为主要重复区域(PGGPPGG), 该重复区域没有半胱氨酸残基, 因此无二硫键的形成^[5]。麦醇溶蛋白间通过氢键和疏水作用相互反应, 有助于面筋粘性的形成。在 α -麦醇溶蛋白中 N 段和 C 段这两个区域几乎等长。N-端区域由两段重复的氨基酸顺序所组成(PGGPT 和 PGPGPPP), 形成富含 β -转角的结构, 但 β -转角在肽链上分布不规则, 不能形成 β -螺旋, 故分子不具弹性; C-端区域主要含有球状结构, 以 α -螺旋为主^[6,7]。 ω -麦醇溶蛋白肽链上的主要重复顺序为(PGPPPGG), 通过谷氨残基上的氢键与其它亚基或蛋白质进行结合。它们的二级结构处于 β -转角和多聚-L-脯氨酸 II 类似结构的平衡态^[8], 在溶液中呈棍棒状。 ω -麦醇溶蛋白中的 β -转角虽有规则地分布于整个肽链, 但分子中缺乏半胱氨酸, 因此肽链间不能

交联形成弹性聚合物^[11]。

1.2 麦谷蛋白中 HMW-GS(高分子麦谷蛋白亚基组)的组成和结构

通过 SDS-PAGE 可将 HRS(红硬春)小麦中的麦谷蛋白分离成 HMW-GS、MMW-GS 和 LMW-GS 分子量渐减的三组。由于在 SDS-PAGE 凝胶中难以将 LMW-GS 和麦醇溶蛋白等鉴别开, 所以目前对 LMW-GS 的功能度、性质研究较少, 资料也相对有限。天然麦谷蛋白聚合体就是由分子量不一的各个亚基主要以二硫键结合成更大分子量的纤维状。

HMW-GS 一般含有 630~830 个氨基酸, 分子量约为 67500~88000, 它们的肽链可分为三段。由 N 端和 C 端较短的非重复区域夹着较长的有重复序列的中间区域。非重复区域含有大量甚至全部的半胱氨酸残基, 其中一部分用于形成分子间二硫键以稳定高分子麦谷蛋白多聚体。HMW-GS 的 N 端中的 α -螺旋上的半胱氨酸残基能彼此间或与 LMW-GS 间交联形成弹性聚合物。相比之下, 重复区域只有少数几个或根本没有半胱氨酸残基, 而是以重复的六肽(PGQGQQ)和九肽(GYYTSP/LQQ)以串联和分散的形式所组成, 另外少数的 HMW-GS 是以三肽(GQQ)为主要重复序列。

通过光谱、粘度和小角度 X 射线分析表明中间区域重复序列通过 β -转角形成松弛的 β -螺旋结构, 这是一种特殊的超二级结构^[4]。HMW-GS 肽链上的 β -转角成重复规则的分布, 在 β -转角区域中疏水的和形成氢键能力强的氨基酸较多。

目前, 根据 HMW-GS 中各亚基电泳迁移率的差异已分离出 20 种亚基^[9], 例如: HRS 小麦中含有 2*、5 亚基等。某些亚基已被确定为面包制作的指标, 例如亚基 21*对瑞典面粉制成的面包质量影响重大^[10]。

2 面团形成过程中面筋蛋白的变化

面团的形成是一个复杂的物理和生物化学的变化过程。在这个过程中, 面筋蛋白不仅与水发生溶剂化作用, 而且在定向剪切力的作用下, 多肽链间由于二硫键和次级键(氢键、疏水键、离子键)的断裂和重组, 会形成有序的空间网状结构, 这两方面的作用使用面团具有延伸性和弹性。

2.1 与水的溶剂化作用

从搅拌阶段开始,面筋蛋白质便发生胶体化学变化。麦谷蛋白首先吸水胀润,然后麦醇溶蛋白也逐渐吸水胀润。此时吸水不多,水化作用仅在蛋白质外围着亲水性基团进地,面筋尚未形成。随着搅拌的继续,水分子与蛋白质胶体各个链的所有极性基团发生溶剂化作用,将蛋白质胶体表面的可溶性粒子洗脱下来,使其在蛋白质胶体间处于溶解状态。水化作用由表及里将蛋白质胶体内可溶性成分溶解,由此产生的内部渗透压将促使大量水分子进入胶体内部,直至渗透平衡时为止。最后,面筋蛋白外部形成具有疏水区的凝聚体,内部形成亲水区,保持了渗透的大量水分。该过程可明显地感觉到面团逐渐变软,粘性渐弱,体积膨大,弹性增强。若搅拌过渡,面团表面会出现游离水浸湿现象,面团又恢复粘形状。

2.2 面筋网络的形成

在搅拌前,面筋蛋白的连接是杂乱无章的。在搅拌机的定向搅拌下,肽链疏展开,链间部分二硫键和次级键被打断,然后与毗邻的肽链又重新键合。其中重要的反应有:麦谷蛋白亚基间/内发生巯基(位于半胱氨酸残基上)和二巯基(位于胱氨酸残基上)的交换反应。最后,麦谷蛋白亚基通过分子间二硫键交联形成有序的纤维状大分子聚合体,从宏观上表现为弹性的逐渐形成。聚合体体积越大,分子间相对滑移越困难,弹性也越大。麦醇溶蛋白在肽链内二硫键、氢键和疏水键的作用下形成球状结构,通过非共价键与麦谷蛋白结合,穿插在网络骨架中。麦醇溶蛋白的介绍减弱了相邻麦谷蛋白亚基间的作用,从宏观上表现为面团具有滑移和粘性。

虽然二硫键对稳定高分子麦谷蛋白多聚体起到关键作用,但最近 NMR 的研究指出,位于毗邻亚基之间、HMW-GS 亚基和其它蛋白质之间形成的氢键,对稳定面团结构也非常重要^[11]。可以认为 HMW-GS 上大量有规则分布的谷氨酰胺残基有利于亚基间氢键的形成。用 AFM 研究 HMW-GS 间的相互作用时,所拍摄的图片显示了烷基化的 HMW-GS 和取自 HMW-GS 中间重复区域的肽段(分子量为 58000)能并排形成直径约为 20nm 的纤维状结构,这可能是由于谷氨酰胺侧链和位于毗邻多肽主链上的氨基之间形成了分子间氢键所导致的。对 HMW-GS 的 FTIR 研究已表明, β -折叠结构的比例随着蛋白质浓度的增加而增加,这些结果证明了分子间氢键能稳定纤维状结构的形成。另外在实验中发现缺乏二硫键的 HMW-GS 能形成有分枝的网状结构,这意味着亚基间共价键作用具有类似二硫键的能力^[12]。

3 面筋蛋白对面包品质的影响

大量研究表明,面粉的吸水率和氧化要求,面团混合要求 and 耐柔性等流变特性,面包的体积,孔隙的均匀度和瓤的质地与颜色等都是面筋蛋白量和质的函数^[13]。进一步的研究已证明对面包品质的影响主要是由 HMW-GS 的状态^[14],麦

谷蛋白与麦醇溶蛋白的比率^[16, 20]和蛋白质总量^[21]这四个参数所决定的。

一般而言,强力面粉中的面筋蛋白质总量、麦谷蛋白聚合体含量、高分子麦谷蛋白聚合体一般而言,强力面粉中的面筋蛋白质总量、麦谷蛋白聚合体含量、高分子麦谷蛋白聚合体含量和 HMW-GS 含量明显高于弱力面粉,但可溶性的面筋蛋白和 HMW-GS 含量均比弱力面粉少,形成的面团强度更强;HMW-GS 占面粉蛋白质总量的比例越高所形成的面包体积越大。过度搅拌后,面团中亚基 5(HMW-GS 分子量最大的一种亚基)在 SDS 缓冲液中可溶性增加。

Sutton(1991)对比两种面粉的焙烤品质结果显示强力面粉中的 HMW-GS 含量较多,面包的制作品质相对更好^[22]。Huang(1995)发现不同小麦的面筋蛋白溶解性有明显的差异。强力面粉中可溶性的面筋蛋白量和 HMW-GS 均比弱力面粉少;过度搅拌后 HMW-GS 中亚基 5 的量增加,而亚基 10 的量减少;在发酵过程中,盐溶性蛋白、SDS 溶性面筋蛋白和 HMW-GS 的溶解性上升,而焙烤中,盐溶性蛋白减少,SDS 溶性蛋白和总 HMW-GS 量增加^[23]。

Huang 和 Khan(1997)根据他们一系列研究指出:麦谷蛋白聚合体的分子量和分子量分布、亚基的组成是决定面包制作品质的主要因素:HMW-GS 总量对决定面团搅拌强度和面包制作性能起到重要作用;至于每个高分子麦谷蛋白亚基的功能度和聚合特性可能主要取决于它们各自的分子量。

强力面粉中的麦谷蛋白聚合体总量和高分子麦谷蛋白聚合体总量比弱力面粉多。相对于低分子量的麦谷蛋白聚合体,高分子麦谷蛋白聚合体中的 HMW-GS 含量明显高出许多,其中亚基 5 的比例也更多。过度搅拌后,麦谷蛋白聚合体、尤其是高分子麦谷蛋白聚合体的溶解性增加^[24]。面粉中总蛋白溶解性对面团搅拌强度起到极其重要的作用。用 SDS-PAGE 分析得出:面团越强,可溶于 SDS 缓冲溶液中的面筋蛋白和 HMW-GS 越少。HMW-GS 与形成的面包体积成正比。在相同工艺条件下,那些最大体积的面包中 HMW-GS 占面粉总蛋白量的比例最高;体积最小的面包中 HMW-GS 含量最少^[25]。每个高分子麦谷蛋白亚基的作用与它们在面筋和面团体系中的分子大小和含量有关。调查 7 种有同样 HMW-GS (2*, 7+9, 5+10)小麦面粉和面团蛋白的溶解性表明:HMW-GS 总量、X-型麦谷蛋白亚基与相对高分子的 HMW-GS 亚基(如:亚基 5、2*等)总量对于面筋多聚体网络和面团的搅拌特性有积极影响^[26]。

对于上述的 HMW-GS 所表现的某些性质我们可以推测:HMW-GS 象其它合成多聚体一样,分子量成为决定其聚合属性和流变学特性的主要因素之一。分子量越大相应的链就越长(假设分支很少),链上的作用点越多,物理和化学缠结也就越强越复杂。相对于弱力面粉而言,强力面粉含有更多的高分子麦谷蛋白聚合体,在搅拌过程中形成更多的长链多聚体纤维,作用点越多的缠结点越多因形成的面筋网络越强,越能保持气体,得到的面包体积也越大。

蛋白质含量和麦醇溶蛋白-麦谷蛋白比率对于决定各种面团的面包品质参数有不同的作用^[27]。保持麦醇溶蛋白-麦谷蛋白比率不变,增加蛋白质含量会延长搅拌时间,增加混粉图的阻尼峰高、抗性、延伸性、对延伸的最大抗性和面包体积。固定蛋白质含量而提高麦醇溶蛋白-麦谷蛋白比率会延长搅拌时间,增加混粉图的阻尼峰高、最大抗性、面团体积而减弱延伸性和抗塌陷力。当然这两方面的作用并不能完全描述面团结构和功能的关系。

4 结语

经过近百年来对小麦面筋蛋白的研究,人们已对其与面包制作的复杂关系进行了部分阐明,但限于目前的技术与设备,仍有许多推测性的论断和有待解决的问题。例如:LMW-GS的性质、功能,天然的麦谷蛋白聚集体对面包品质的作用是否与实验相一致,HMW-GS各亚基间怎样相互作用的,其化学组成与功能的关系怎样等。人们为此不断改进面筋蛋白分离技术为更准确地研究它们提供技术支持。例如,在电泳和色谱分离基础上发展起来的MS-SDS-PAGE、RP-HPLC,或辅以其它技术将SDS-PAGE和IEF相结合。这些技术的运用推进了研究的深度,由此为我们更好地控制面包品质奠定了理论基础。

参考文献

- 1 张守文. 面包科学与加工工艺. 北京:中国轻工业出版社. 1996, 203~225.
- 2 宁正祥, 赵谋明. 食品生物化学. 广州:华南理工大学出版社, 1995, 269~270.
- 3 Woychik, J. H. et al. Arch. Biochem. Biophys. 1996, 94: 477~482.
- 4 Shewry, P. R. et al. J. Cereal Sci. 1997, 25: 207~227.
- 5 Thatam, A. S. et al. J. Cereal Sci. 1995, 22: 1~16.
- 6 Tatham, A. S. et al. J. Cereal Sci. 1985, 3: 103~113.
- 7 Shewry, P. R. et al. J. Cereal Chem. 1997, 74: 193~199.
- 8 Tatham, A. S. et al. J. Biochem 1989, 259: 471~476.
- 9 Payne, P. J. et al. Theor Appl. Genet. 1981, 60: 229~236.
- 10 Johansson, E. et al. J. Cereal Chem. 1995, 72: 287~290.
- 11 Belton, P. S. et al. Int. J. Biol. Macromol. 1995, 17: 74~80.
- 12 Andrew, D. L. et al. J. Cereal Chem. 2000, 77: 107~110.
- 13 林作楫. 食品加工与小麦品质改良. 北京:中国农业出版社, 1994, 6~8.
- 14 Payne, P. I. et al. Cereal Res. Commun. 1983, 11: 29~35.
- 15 Doekes, G. J. et al. J. Cereal Chem. 1982, 59: 276~278.
- 16 MacRitchie, F. J. Cereal Sci. 1987, 6: 259~268.
- 17 Gupta, R. B. et al. J. Cereal Chem. 1992, 69: 125~131.
- 18 Blumenthal, C. et al. Aust. J. Plant Physiol. 1994, 21: 901~909.
- 19 Pechanek, U. et al. J. Cereal Chem. 1997, 74: 800~805.
- 20 Gupta, R. B. et al. J. Cereal Sci. 1993, 18: 23~41.
- 21 MacRitchie, F. Adv. Food Nutr. 1992, 36: 1~87.
- 22 Sutton, K. H. J. Cereal Sci. 1991, 14: 25~34.
- 23 Huang, D. Y. PhDthesis. North Dakota State Univeisity: Fargo. ND.
- 24 Huang, D. Y., Khan, K. J. Cereal Chem. 1997, 74: 229~234.
- 25 Huang, D. Y., Khan, K. Part I. J. Cereal Chem. 1997, 74: 781~785.
- 26 Huang, D. Y., Khan, K. Part II. J. Cereal Chem. 1997, 74: 786~790.
- 27 Uthayakumaran, S. et al. Cereal Chem. 1999, 76: 389~394.

新型防腐表面处理在食品机械中的应用

高进 山东轻工业学院机电工程系 济南 250100

孙金厂 济南锅炉集团有限公司 250023

摘要 本文证明了化学镀镀层具有良好的耐蚀性能和耐磨性能,在食品机械的制造中可发挥重要的作用。

关键词 化学镀 非晶态 耐蚀性 耐磨性

Abstract The surface cementation technology could improve wear ability and corrosion-resistance. It would be especially useful to apply surface treatment for the foodstuff machineries.

Key words Surface treatment Cementation Wear ability Corrosionresistance