

面筋形成机理的解析

杨铭铎 (黑龙江商学院烹饪系 哈尔滨 150076)

摘要 应用胶体化学的理论,对构成面筋的麦胶蛋白和麦谷蛋白的结构与特性进行研究,可以了解面筋的形成过程和形成机制,实质上,面筋的形成过程是蛋白质凝胶有限溶胀的过程。构成面筋网状结构的机制,从宏观上看,是由不同形态的麦胶蛋白和麦谷蛋白分子间的相互作用;从微观上看,是由二硫键的反应所决定,并得出宏观和微观分析是一致的结论。

关键词 面筋 烹饪工艺 蛋白质

小麦面团能制成焙烤食品的能力,在很大程度上靠小麦蛋白质中主要成分的物理性质^[1];小麦粉在调制面团的过程中,蛋白质发生水化作用,形成面筋,从感官上可以明显地感觉到面团逐渐由松变硬,粘性逐渐减弱,体积不断膨大,弹性不断增强的水化过程。

1 面团调制的6个阶段与现象^[2,3]

面团在调制过程中,根据其物性变化,可分为6个阶段。

1.1 拾起阶段 为调制面团的第一阶段。小麦粉等原料被水调湿,似泥状,没有形成一体,且不均匀,水化作用仅在表面发生一部分,面筋没有形成,用手摸面团硬、无弹性和延伸性。

1.2 卷起阶段 此阶段水分被小麦粉全部吸收,面团成一个整体,已不粘附调粉机壁和钩子,此时水化作用大致结束,一部分蛋白质形成了面筋,用手摸面团,似有粘性,手拉面团时无良好的延伸性,易断裂,缺少弹性,表面湿润。

1.3 面筋扩展阶段 随着面筋的形成,面团表面逐渐趋于干燥,且较光滑和较有光泽,出现弹性,较柔软;用手拉面团,具有了延伸性,但仍易断裂。

1.4 完成阶段 此时面筋已完全形成,外观干燥、柔软而具有良好的延伸性,面团随调粉机的转动并发出拍打调粉机壁的声音;面团表面干燥而有光泽、细腻整洁而无粗糙感;用手拉取面团时,具有良好的延伸性和弹性,面团非常柔软,此阶段为最佳程度,应立即停止调粉,开始发酵。

1.5 搅拌过度阶段 如完成阶段不停止,继续搅拌,面筋超过了搅拌的耐度,开始断裂,面筋胶团中吸收的水分又溢出,面团表面再次出现水的光泽,出现粘性,流动性增强;用手拉面团时,沾手而柔软,面团到这一阶段,将对制品的质量产生不良影响。

1.6 破坏阶段 若继续搅拌,则面团变成半透明并带有流动性,粘性非常明显,面筋完全被破坏,从面团中洗不出面筋;用手拉面团时,手掌上会留有一丝丝的线状透明胶质。

2 面团调制各阶段的解析

小麦蛋白质与水的相互作用形成湿面筋,并把面筋的形成过程视为胀润过程的两个阶段。这种作用在实际应用中以调粉机的搅拌加速进行。小麦粉与水接触时,在接触面上形成了面筋,并阻碍了水的浸透与其它蛋白质的相互作用。调粉机的搅拌破坏了这层面筋膜,使水化作用得以不断进行。

当水分子被蛋白质胶体吸附于粒子表面时,与亲液胶体的各个链所有的活性点(极性基因)发生溶剂化作用,溶剂化结合具有吸附的特性是位能降低的过程,是自发的,伴有热量的放出。由热力学吉布斯自由能:

$$\Delta G_{T,P} = \Delta H - T\Delta S$$

因为自发过程,故 $\Delta G_{T,P} < 0$; 又溶剂化作用,使体系的混乱度增大,即 $\Delta S > 0$, 但只是水与蛋白质活性基因的溶剂化作用, ΔS 增加得不大,温度 T 可视为常数,因此, $\Delta H < 0$, 即放出热量。这就完成了面团调制的拾起阶段。

随着蛋白质胶粒表面所有活性基被溶剂化并将位于胶粒表面的可溶性(低聚合)组分粒子由胶团上面洗掉,而在胶团间的液体中处于溶解状态,并在那里产生一定的渗透压力,对于亲液胶体而言,它是一种外渗透压力 $\pi_{外}$ 。此时完成面团调制的卷起阶段。

随着水将蛋白质胶体所有表现活性的基全部溶剂化,将包含在胶体内部的低分子可溶性成分,如可溶性糖、脂类、维生素、矿物质等溶解,这些低分子可溶性成分决定了渗透强度,由于它们的浓度很大,这就产生了一种很大的内部渗透压力 $\pi_{内}$,而胶团好象变成一些渗透的小室,由渗透压公式:

$$\pi = RT \frac{C}{M}$$

式中: π - 渗透压; C - 重量浓度(g/l); M - 溶质分子量; R - 气体常数; T - 绝对温度。因为可溶性物的 M 很小,而溶解时 C 很大,即 $C > M$, 故 π 很大,亦即 $\pi_{内} > \pi_{外}$, 此时将有大量水分进入胶体内部,渗透达平衡时,化学位相等,即 $\mu_{内} = \mu_{外}$ 。这个阶段完成面团搅拌的面筋扩展和完成阶段。

达到完成阶段的面团,是在面筋蛋白质或麦谷蛋白的外部形成具有疏水区的凝聚体,而在内部形成亲水区,保持了渗透的多量水分。由于过度搅拌,其面筋蛋白质胶团被破坏,在凝聚体内部的疏水区外露,同时,胶团内部的水分向外部放出,蛋白质粒子被多量的水包围也就是像在调粉时加水量过多的状态,面团失去弹性、发粘。面团由搅拌到形成,乃至搅拌过度的作用模式试用图 1 表示。

3 面筋形成机理的探讨

从胶体化学的角度,可以把面筋的形成看作是蛋白质胶体(干胶)有限溶胀(胀润)的过程;而从分子角度则是在搅拌过程中,促进了麦胶蛋白和麦谷蛋白的相互作用,形成了面筋的网状结构,构成了面筋的麦胶蛋白和麦谷蛋白对面团物性的贡献不同。

麦胶蛋白是分子量在 2~6 万的球状蛋白质;麦谷蛋白的分子量则在 10 万以上,并通过 -S-S- 键联结成分子量为 200~300 万的高分子蛋白质。麦胶蛋白是球蛋白,表面

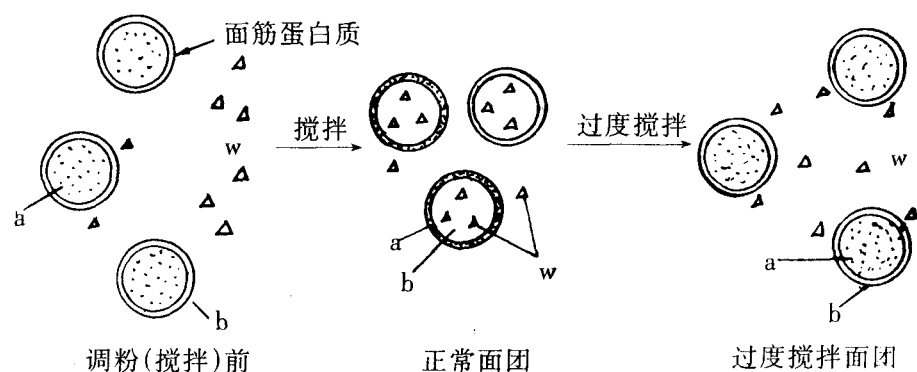


图1 面团调制过程模型

a. 疏水区 b. 亲水区 w. 水

积小,分子间的相互作用不强,因此,缺少弹性,具有流动性;麦谷蛋白分子细长巨大,表面积大,分子间相互结合的能力强,显示出较强的弹性。在面包面团中,麦胶蛋白与麦谷蛋白相互作用,麦胶蛋白进入麦谷蛋白之中,而麦谷蛋白起着传送带的作用,使面团显示出适当的粘弹性,见图2^[4,5]。

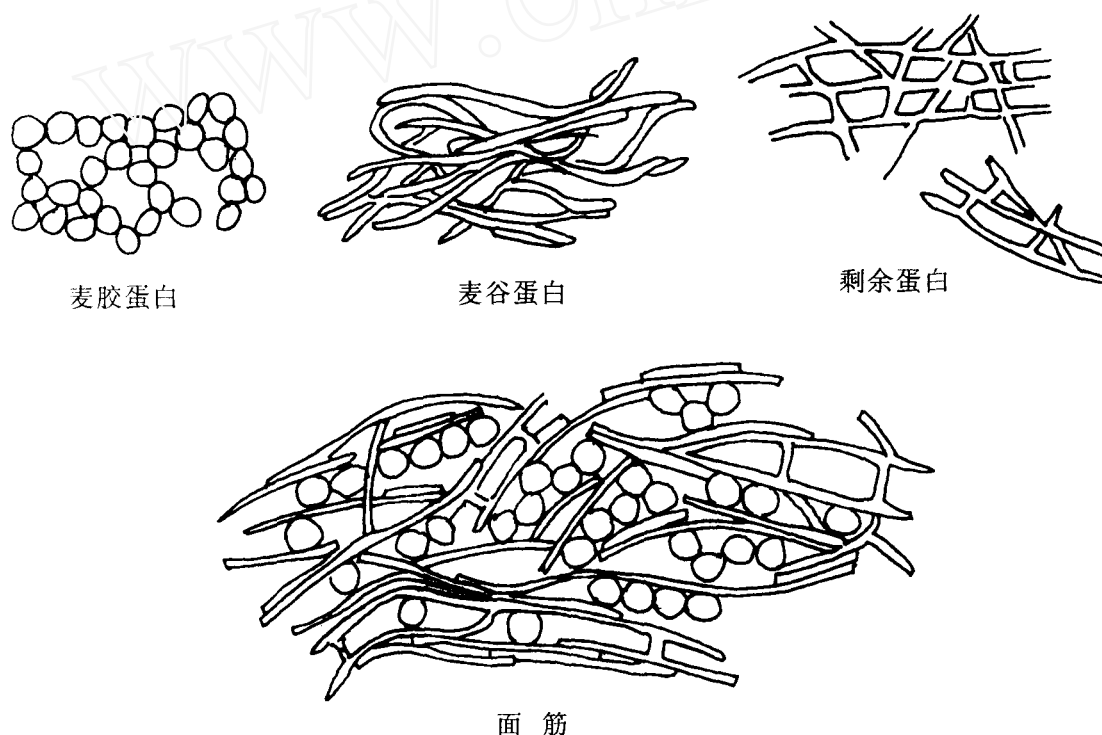


图2 麦胶蛋白与麦谷蛋白相互作用形成面筋的模型

麦胶蛋白的吸水量较小,胀润值小,而麦谷蛋白的吸水量较大,胀润值亦较大,都与它们的分子量和分子形态有关。

麦胶蛋白与麦谷蛋白相互作用,微观上,二硫键起着很重要的作用,在构成蛋白质的氨基酸中,含有半胱氨酸与胱氨酸每100克蛋白质含12毫摩尔半胱氨酸^[6]。麦胶蛋白和麦谷蛋白均含有二硫键,前者在分子内,后者在分子内和分子间(主要在分子间);二者含二硫基多肽的分子量亦不同,前者为 $3.6 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^4$, 而后者在 $6.0 \times 10^4 \sim 13.3 \times$

10^4 之间,而且高分子量多。因此,后者分子量大,易形成网状结构,即面团的形成能大,赋予面团弹性;而前者赋予面团粘性和可塑性。面筋形成过程如图3所示^[7]。

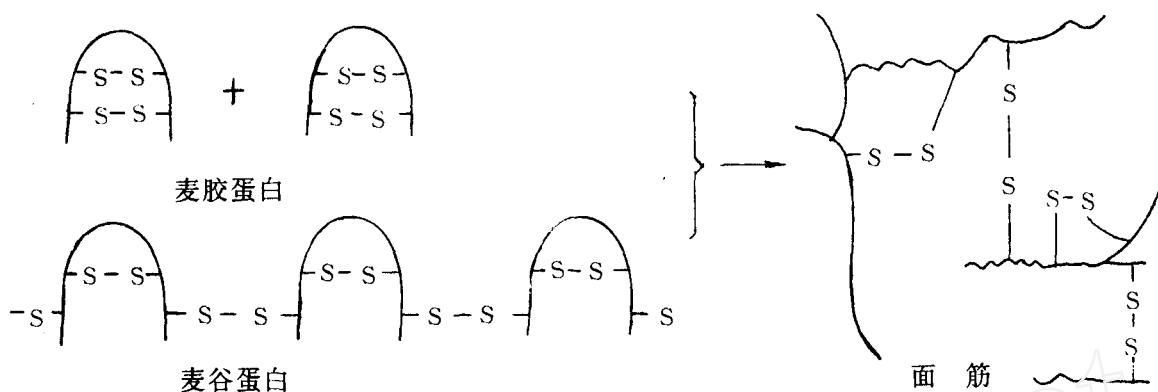


图3 面筋形成过程示意图

不仅如此,蛋白质分子间的相互作用,即麦胶蛋白和麦谷蛋白的氢键、疏水键等次级键的缔合对面筋蛋白质的结构和面团的特性起着不可忽视的作用^[8],同时,还应注意到戊聚糖与蛋白质、脂质与蛋白质的相互作用。

小麦粉加水调制的面团,是以面筋为中心的网状结构,淀粉、脂质等被包围在面筋络中,形成稳定的薄层状网络,使面团具有持气性,能够保住发酵过程中产生的 CO_2 ,在面团内形成微细气泡。无论从宏观分子形态上,还是从微观化学键的形成来看,都可得出相同的结论,即构成面筋的麦胶蛋白和麦谷蛋白对面团物性的贡献不同,因此说,要想得到合适的面团物性,麦胶蛋白和麦谷蛋白就应该有适当的比例。

(收稿日期:1999-01-08)

参考文献

- 1 [英]G. 诺顿(著). 殷蔚萇, 殷蔚蕙(译). 植物蛋白. 北京: 科学出版社, 1983. 391
- 2 徐华强. 实用面包制作技术. 台北: 台湾中华面麦食品工业技术研究所、美国小麦协会, 1986. 309~312
- 3 [日]藤山谕吉. 制パン理論と實際. 東京: 日本パン技術研究所, 1974. 39~41
- 4 Ewart, J.A.D., J. Sci. F. Agric., 1977, 28(3): 191
- 5 吴孟. 面包糕点饼干工艺学. 北京: 中国商业出版社, 1992. 173~175
- 6 E. E. McDermott, D.J. Stevens and J. Poce, J. Sci. F. Agric., 1969, 20(3): 213
- 7 并木満夫, 松下雪郎. 食品成分の相互作用. 東京: 講談社, 1980. 142
- 8 田野源一. パン生地 of シキングとは何友のカノSS結合とパン生地 of 物性. Pain, 1984, 31(9): 44~47