

酵母 $\beta$ -葡聚糖脂肪替代品在重油蛋糕中的应用官艳艳<sup>1</sup>, 徐学明<sup>2</sup>

1(江南大学食品学院, 江苏无锡, 214122) 2(江南大学, 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡, 214122)

**摘 要** 以啤酒酵母为原料提取 $\beta$ -葡聚糖,并用 $\beta$ -葡聚糖作为脂肪替代品替代重油蛋糕配方中的部分脂肪,研究加入 $\beta$ -葡聚糖对重油蛋糕理化参数,质构以及感官评定的影响。结果表明,蛋糕中的水分含量随着蛋糕中脂肪含量的减少而增加。 $\beta$ -葡聚糖的加入使重油蛋糕的弹性、胶着性和回复性均有所增加,同时改善了重油蛋糕的咀嚼性。感官评定表明,加入20%脂肪替代品的蛋糕感官指标与传统重油蛋糕较为接近。

**关键词** 脂肪替代品,酵母 $\beta$ -葡聚糖,重油蛋糕,质构,感官评定

海绵蛋糕与重油蛋糕是蛋糕中的两大基本类型。国内糕点行业对海绵蛋糕比较熟悉,而对重油蛋糕了解不多。重油蛋糕与海绵蛋糕比较,重油蛋糕的弹性较低,但质地更酥散滋润,带有油脂特有的香味。油脂在重油蛋糕中的主要功能除了赋予蛋糕特殊的风味,还具有稳定在搅打面团时裹入的空气和烘烤过程中产生的气泡,从而使蛋糕形成并具有松软的质构<sup>[1,2]</sup>。因而用脂肪替代品来制备低脂肪含量的重油蛋糕具有一定困难。

$\beta$ -葡聚糖存在于许多细菌、真菌和高等植物中,它的一个主要来源是酿酒酵母(*S. cerevisiae*)。一般认为酵母 $\beta$ -葡聚糖由 $\beta$ -(1,3)-葡聚糖和 $\beta$ -(1,6)-葡聚糖组成<sup>[3,4]</sup>。它具有良好的持水性,能增强水的粘度,并能提供润滑、奶油状的口感,可作为脂肪替代品添加到食品中<sup>[5]</sup>。目前国内有关脂肪替代品的研究报道越来越多,但还未见使用酵母 $\beta$ -葡聚糖制备脂肪替代品应用到焙烤食品中的报道。笔者拟通过理化分析、质构和感官分析探讨啤酒酵母 $\beta$ -葡聚糖在重油蛋糕中替代脂肪的可行性,另一方面可以提高啤酒废酵母的附加值。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

新鲜啤酒废酵母泥:无锡狮王太湖水啤酒集团公司提供。

鸡蛋,面粉,白砂糖,脱脂奶粉等均为市售。

木瓜蛋白酶(1 000 U/mg):上海源聚生物科技有限公司。

### 1.2 仪器和设备

第一作者,在读硕士研究生。

收稿日期:2007-10-17,改回日期:2007-12-05

低速离心机(TDL-80-2B),上海安亭科学仪器厂;电热恒温水浴(HH-S-6型),上海天平仪器厂;食品组合式烤箱(SP01型),上海东方烘箱厂;蛋液搅拌机(JD01型),广东省韶关食品机械厂;TA-XT2i物性测试仪,英国SMS公司;电热鼓风干燥箱(101-A型),通州市启通制药机械设备厂;Rotronic-HygroscopeDT水分活度仪,Rotronic AG, Switzerland。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 $\beta$ -葡聚糖的制备

酵母泥预处理→水洗,离心→自溶→离心,沉淀溶于水中→木瓜蛋白酶,pH 7.0、55℃,酶解→离心→沉淀→3%NaOH、90℃,碱溶→离心→沉淀水洗→离心<sup>[6,7]</sup>。

#### 1.3.2 重油蛋糕的配方与生产工艺

(1)实验配方参考文献[8]并做了适当修改,见表1。

表1 蛋糕的配方

成分	质量/g	质量百分比/%
面粉	100	27.28
蔗糖	50	13.89
黄油	85	23.61
全蛋	80	22.22
脱脂奶粉	5	1.39
食盐	2	0.56
水	35	9.70
膨松剂	3	0.83

(2)生产工艺:

面糊调制→入模→烘烤(上火170℃,下火190℃)→冷却→成品<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.3 酵母葡聚糖含量测定方法

多糖含量:苯酚-硫酸法<sup>[10]</sup>。

蛋白质含量:微量凯氏定氮法<sup>[11]</sup>。

#### 1.3.4 蛋糕的理化参数分析

质量损失(%)根据式(1)计算。

$$W_L/\% = \frac{\text{烘烤前面团质量} - \text{成品质量}}{\text{成品质量}} \times 100 \quad (1)$$

蛋糕的比容由其体积和质量计算得出,体积采用种子替代法测定<sup>[12]</sup>。

水分含量测定:105℃烘箱干燥法<sup>[11]</sup>。

水分活度测定:用水分活度仪在常温下测定,将样品放入测试室中待平衡后读取数据。

储藏方法:尼龙聚乙烯包装袋,使用自动封袋机密封,常温保藏。

### 1.3.5 蛋糕的质构分析

将蛋糕切成 20 mm 厚的薄片,采用 TA-XT2i 质构仪(Stable Microsystems, Surrey, UK)P/0.5 探头,采 TPA 测定模式,压缩率设定为 50%测试速度为 1 mm/s,间隔为 30s。测定参数包括硬度,粘着性,弹性,粘聚性,胶着性,咀嚼性以及回复性。

### 1.3.6 蛋糕样品的感官分析

10 名感官评定人员对产品进行感官评定。测试前产品随机编号,评定员根据产品的色泽,口感,气味,外观和整体接受性对产品进行评分,最佳评 9 分,最低评 1 分。整体评价时提供给评定员整块的蛋糕,做品尝评定时,将蛋糕切成薄片。

## 2 结果与讨论

### 2.1 酶碱法提取 β-葡聚糖的组成成分

实验中考察了在酵母自溶后再经酶解、碱处理后对酵母葡聚糖的提取效果的影响(表 2)。

表 2 酶碱法提取 β-葡聚糖的结果

成分	糖含量/%	蛋白质含量/%	成品颜色
酶碱法	86.81	2.72	乳白

经过酶碱法处理后的酵母葡聚糖成品呈乳白色,其中多糖含量为 86.81%,且蛋白质含量较低,产品较纯。

### 2.2 添加酵母 β-葡聚糖脂肪替代品对蛋糕理化参数的影响

#### 2.2.1 蛋糕的质量损失与比容的变化

蛋糕面团在焙烤过程中随着温度的升高会产生大量气体,这些气体在油脂的保护下大部分会留在蛋糕组织内部,使蛋糕形成松软的结构。图 1、图 2 分别表示以 β-葡聚糖作为脂肪替代品替代重油蛋糕中 20%、40%、60% 的脂肪对蛋糕重量损失及比容的变化。由图 1 可知,传统高脂重油蛋糕的重量损失为

15.21%,随着脂肪替代量的增加,蛋糕重量损失增大,当油脂替代量为 60% 时,产品的失重达到了 20%,当替代量为 20% 时,产品的失重与高脂对照蛋糕没有明显差别。

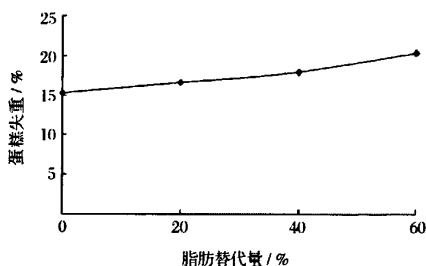


图 1 脂肪替代量对蛋糕失重的影响

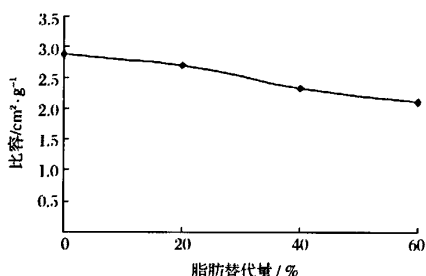


图 2 脂肪替代量对蛋糕比容的影响

从图 2 可以看出,传统高脂重油蛋糕的比容最高,为 2.87 cm³/g,而低脂蛋糕的比容则较低。随着葡聚糖添加量的增大,蛋糕比容降低,这可能是葡聚糖本身的密度高于油脂,或焙烤过程中气体溢出过多,导致体积相对较小,从而比容降低,此现象与 Manuel 等人探讨食品胶体在蛋糕中应用效果相似<sup>[13]</sup>。

#### 2.2.2 蛋糕的水分含量与水分活度变化

蛋糕的老化速度与其含水量密切相关。由图 3 可以看出,随着脂肪替代品的添加,蛋糕中的水分含量增加,主要是由于 β-葡聚糖的含水量较大。在存放期间,蛋糕的水分含量和水分活度均下降(见图 3、图 4)。存放 3d 后,与传统高脂重油蛋糕相比,添加葡聚糖脂肪替代品的蛋糕水分活度降低较缓,主要原因可能是由于 β-葡聚糖具有的高度持水性,减缓了蛋糕中水分活度的降低速度。

### 2.3 酵母 β-葡聚糖对蛋糕质构的影响

图 5 所示在 3d 的储藏时间内,不同蛋糕样品的质构参数变化情况。储藏时间对蛋糕质构参数影响较大,硬度随储藏时间延长而显著增加(见图 5-a)。最初,传统高脂产品具有最低的硬度值 387 g 左右,

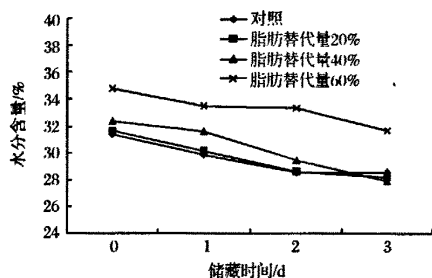


图3 葡聚糖添加量与蛋糕水分含量的关系

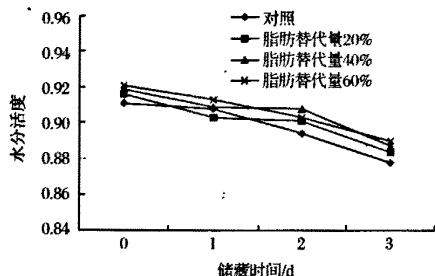


图4 葡聚糖添加量与蛋糕水分活度的关系

储藏3d后,其硬度值为573 g,变化幅度较小。

粘着性测定的是探头由于测试样品的粘着作用所消耗的功,反映了咀嚼时蛋糕对上腭、牙齿、舌头等接触面粘着的性质。由图5-b可知,随着储藏时间的延长,其绝对值变小。储藏3d后,脂肪替代量为40%、60%的蛋糕其粘着性的绝对值均小于传统重油蛋糕。结合感官评定发现,粘着性的适度降低对蛋糕的品质反而有利,即减轻了粘牙的感觉。

弹性是样品经过第1次压缩以后能够再恢复的

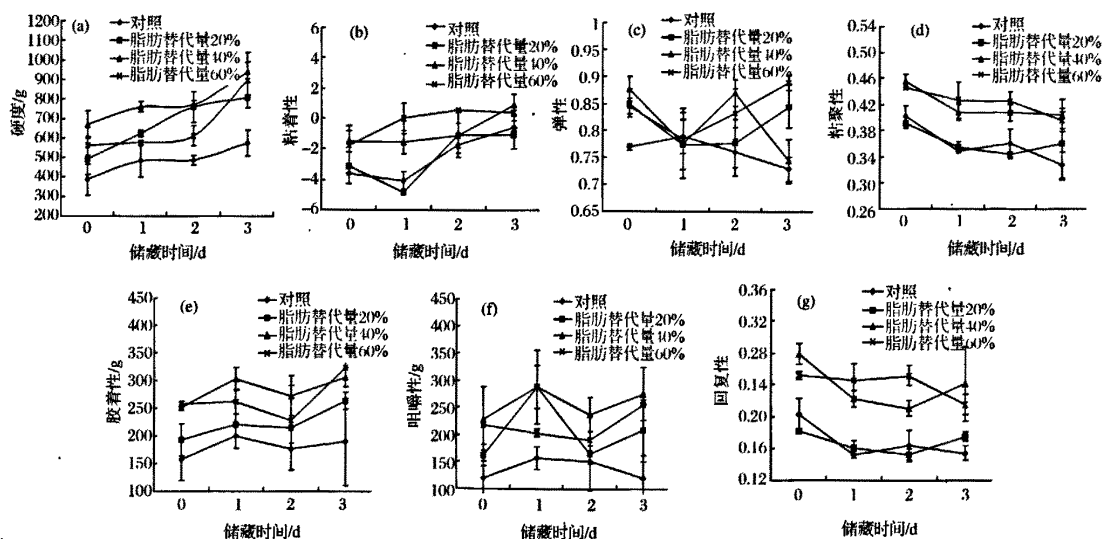


图5 蛋糕在储藏期的质构变化

程度。由图5-c可知,除脂肪替代量为60%的蛋糕弹性略有升高外,其他各样品在储藏后弹性均下降。通过对仪器测定结果与感官分析结果的相关性分析可知,弹性与感官评定结果的相关性不高,即感官评定不能明显察觉出各样品间弹性的区别。

粘聚性表示测试样品经过第1次压缩变形后所表现出来的对第2次压缩的相对抵抗能力,它反映了蛋糕内部结合力的大小。图5-d中,无论是最初还是在储藏过程中,添加了脂肪替代品的蛋糕粘聚性均比传统蛋糕高,即添加了葡聚糖的蛋糕不易形成碎渣,咀嚼时能够较好的保持完整的状态。同时,添加脂肪替代品的低脂蛋糕随着储藏时间的延长,其粘聚性相对较稳定,其原因可能在于低脂蛋糕本身含有更多的水分。

咀嚼性用于描述将固体食品咀嚼到可以吞咽时所需做的功,它综合反映了蛋糕对咀嚼的持续的抗性。它是通过硬度与弹性及粘聚性计算得到的,它的值变化比较复杂,有些样品的值增加,有些则下降,如图5-f。但从总体趋势来看,添加了脂肪替代品的蛋糕咀嚼性明显高于传统重油蛋糕。

回复性表示变形样品在与导致变形同样的速度、压力条件下恢复的程度。由图5-g可以看出,添加了脂肪替代品的蛋糕回复性明显高于传统重油蛋糕。质构分析表明,低脂蛋糕与传统高脂重油蛋糕产品的质构参数差异不大,表明葡聚糖在重油蛋糕体系内具有良好的模拟脂肪的功能。

2.4 脂肪替代品对蛋糕感官评定的影响

油脂赋予蛋糕柔软细腻的口感,β-葡聚糖模拟脂肪这方面的作用通过感官分析可以进行探讨。如表3所示,感官分析的结果表明,脂肪替代量为20%的低脂重油蛋糕各指标与传统高脂重油蛋糕相近;β-葡聚糖的添加对重油蛋糕气味没有明显影响。

表3 蛋糕的感官评定

指 标	对照	脂肪替代量	脂肪替代量	脂肪替代量
		20%	40%	60%
色 泽	7.9	6.6	6.2	5.2
口 感	7.6	6.5	5.5	5.4
气 味	7.2	7.1	6.8	6.6
质 地	7.1	6.8	6.2	5.7
总体接受度	7.4	6.7	6.6	5.0

2.5 实验中各项参数之间的相关性分析

为了进一步研究蛋糕质地的仪器分析和感官评定指标间的关系,分析了它们之间的相关性。由表4可以看出,质构仪测定的硬度、粘着性、胶着性、咀嚼性与感官性质的相关性较高。同时,也可看出,食品是一个复杂的体系,仪器分析不能完全代替人的感官分析。

表4 仪器测定结果与感官评定结果相关性分析

x	y	曲线拟合	R <sup>2</sup>
失 重	口感	$y = -0.417x + 13.564$	0.805 3
失 重	质地	$y = -0.278 9x + 11.342$	0.976 2
比 容	口感	$y = 2.818x - 0.802 1$	0.896 5
比 容	质地	$y = 1.803 7x + 1.936 2$	0.995 1
硬 度	口感	$y = 3E-05x^2 - 0.042 7x + 15.29$	0.947 7
硬 度	质地	$y = 2E-05x^2 - 0.027 1 + 14.395$	0.686 6
粘着性	口感	$y = 0.700 3x^2 + 2.615 9x + 7.836 6$	1
粘着性	质地	$y = 0.303 4x^2 + 1.000 2x + 6.804 9$	0.864 9
弹 性	口感	$y = 85.235x^2 - 159.1x + 79.532$	0.783 7
弹 性	质地	$y = 115.85x^2 - 198.35x + 91.109$	0.469 7
粘聚性	口感	$y = -917.43x^2 + 751.08x - 146.58$	0.756 3
粘聚性	质地	$y = 183.49x^2 - 171.95x + 46.227$	0.718 5
胶着性	口感	$y = 0.000 1x^2 - 0.078 6x + 16.531$	0.999 6
胶着性	质地	$y = -9E-05x^2 + 0.023 7 + 5.481 9$	0.936 4
咀嚼性	口感	$y = 0.000 1x^2 - 0.059 6x + 13.18$	0.991 9
咀嚼性	质地	$y = 9E-06x^2 - 0.014 4x + 8.754 2$	0.811 5
回复性	口感	$y = -191.52x^2 + 70.624x + 0.406 9$	0.615 7
回复性	质地	$y = 119.97x^2 - 66.069x + 15.114$	0.617 8

注: x代表仪器分析的测定参数, y代表感官评定的参数。

3 结 论

新鲜酵母泥经预处理、自溶、酶解、3% NaOH 溶液处理后制得β-葡聚糖。成品呈乳白色,其中多糖含量为86.81%。

由于β-葡聚糖脂肪替代品的加入,大大降低了传统重油蛋糕的脂肪含量,从而减少了其热量,相应的

提高了水分含量。从质构分析结果可知,添加脂肪替代品的蛋糕弹性,胶着性,咀嚼性较高,说明低脂蛋糕制品的咀嚼性好,达到了改善蛋糕质构的要求。结合感官分析结果可知,替代量为20%的低脂重油蛋糕各指标与传统高脂重油蛋糕相近;考虑整体可接受性,只有60%替代量的低脂蛋糕获得了较低的分,说明替代40%以内的脂肪,制备低脂蛋糕是能够为消费者所接受的。

参 考 文 献

1 Brooker B E. The stabilization of air in cake batters- the role of fat [J]. Food Structure, 1993(12):285~296

2 Brooker B E. The stabilization of air in foods containing fat - a review[J]. Food Structure,1993(12):115~122

3 Lipke P N, Ovall R. Cell wall architecture in yeast; new structure and new challenges[J]. Journal of Bacteriology, 1998, 180(15): 3 735~3 740

4 Manners D J, Masson A J, Patterson J C. Structure of β-(1, 3)-D-glucan from yeast cell walls [J]. Biochemical Journal, 1973, 135(1): 19~30

5 刘 永,周家华,曹 颢. 碳水化合物型脂肪替代品的研究进展[J]. 食品科技,2002(2):40~43

6 Saowanee Thammakitti, Manop Suohantharika, Thanaporn Phaesuwan et al. , Preparation of spent brewer's yeast β-glucans for potentiation applications in the food industry[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2004,39:21~29

7 赵光远,殷蔚申,吴小荣. 用废啤酒酵母制备碱不溶性葡聚糖的研究[J]. 微生物学通报,1997,24(3):148~152

8 Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A, et al. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer[J]. Journal of Food Engineering, 2007,78(3):953~964

9 蔺毅峰. 食品工艺试验与检验技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2005. 20

10 张惟杰. 糖复合物生化研究技术(第二版)[M]. 杭州:浙江大学出版社,1999. 21~23

11 黄晓钰,刘涓渭. 食品化学综合实验[M]. 北京:中国农业大学出版社,2002. 107

12 Campbell A D, Bell L N. Acceptability of low-fat, sugar-free cakes; effect of providing compositional information during taste-testing[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2001, 101(3):354~356

13 Gomez M, Ronda F, Caballero P A, et al. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes[J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21 (2):167~173

(下转第 47 页)

### 3 结 论

从羊肚菌发酵菌丝体中提取、分离纯化得到的 MEP-II 为一种均一的酸性杂多糖蛋白复合物,糖与蛋白的比例为 10.42 : 1,糖与蛋白之间是以 O-型糖肽键相连的。MEP-II 主要由鼠李糖(Rha)、半乳糖(Gal)、葡萄糖(Glc)、甘露糖(Man)4 种单糖组成的,相对分子质量为  $2.8 \times 10^4$ ,其含有 1→3、1→6 连接键型,可能含有 1→2 或 1→4 连接键;至于其精细结构要依 Smith 降解、甲基化、NMR 等手段分析才能确定,本文没有进行这方面的研究。本文只获得了其结构的部分信息,更准确的结构表征有待于进一步研究。

羊肚菌胞内多糖具有较高的抗肿瘤活性,将作另文报道。

### 参 考 文 献

- 1 朱斗锡,何荣华. 羊肚菌人工与野生营养成分化验比较[J]. 中国食用菌,2002,21(2):33
- 2 张惟杰. 糖复合物生化研究技术(第二版)[M]. 杭州:浙江大学出版社,1999. 80,198
- 3 孔庆胜,蒋 滢. 南瓜多糖的组成及摩尔比测定[J]. 中国现代应用药学杂志,2000,17(2):138~140
- 4 孙玉军,陈彦,宋质银,等. 升麻糖蛋白的分离纯化及鉴定[J]. 中药材,2007,30(2):155~157
- 5 Bao X F, Liu C P, Fang J N, et al. Structural and immunological studies of a major polysaccharide from spores of *Ganoderma lucidum* [J]. Carbohydr Res, 2001, 33(6): 67~74
- 6 陈 彦,沈业寿,赵帆平,等. 丹皮多糖 PSM2b 的纯化及其理化性质研究[J]. 激光生物学报,2004,13(3):237~240

## Isolation, Purification and Characterization Analysis on Intracellular Polysaccharide MEP-II from *Morchella esculenta*

Sun Yujun<sup>1</sup>, Chen Yan<sup>2</sup>, Zhou Liwei<sup>2</sup>

1 (School of Life Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

2 (School of Life Science, Anhui University, Hefei 230039, China)

**ABSTRACT** A polysaccharide(MEP-II) could be extracted from the mycelia of *Morchella esculenta*, after purified by DEAE-Sepharose F, F chromatography and Superdex 200 chromatography. MEP-II was identified as a homogeneous polysaccharide-protein complex by agarose gel electrophoresis and HPLC. Its average  $M_w$  was estimated to be  $2.8 \times 10^4$  u by gel filtration. The content of total saccharide was 87.5%. The content of total protein was 8.4%. The content of acid polysaccharide was 23.2%.  $\beta$ -glucosidic bond was determined by IR. Typical absorption of polysaccharide was shown in its IR spectrum. Rha, Gal, Glc, and Man were identified in MEP-II with the molar ratio of 2.1 : 11.3 : 35.6 : 1.0 by GC.  $\beta$ -elimination reaction demonstrated that MEP-II was linked to peptides chain through O-glycosidic linkage in it.

**Key words:** *Morchella esculenta*, polysaccharide, isolation and purification, characterization

(上接第 43 页)

## Application of $\beta$ -glucan as Fat Substitute in High-ratio Cake

Gong Yanyan<sup>1</sup>, Xu Xueming<sup>2</sup>

1 (School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

2 (The State Key Laboratory of Food Science and Technology, Wuxi 214122, China)

**ABSTRACT**  $\beta$ -glucan extracted from beer yeast was used as fat substitute in high fat ratio cake. The physical chemistry parameters, texture parameters and sensory evaluation were investigated. The results showed that moisture of the cake increased with decreasing percentage of fat. The springiness, gumminess, resilience of the cakes were increased by the  $\beta$ -glucan and chewiness was also improved. The sensory evaluation showed the characteristics of cake with  $\beta$ -glucan as 20% fat substitute had no significant difference with the traditional cake.

**Key words** fat substitute, yeast  $\beta$ -glucan, high-ratio cake, texture, sensory evaluation