

# 海藻酸钠对面包烘焙特性的影响研究

刘海燕,张娟娟,王晓梅,董雪,王春霞,范素琴,解素花  
(青岛明月海藻集团有限公司,山东青岛 266400)

**摘要:**主要研究了添加不同比例(0%、0.1%、0.3%、0.5%、0.7%和0.9%)的海藻酸钠对面包烘焙特性的影响。研究表明,海藻酸钠的引入能增大面包的比容,尤其对添加0.3%和0.5%的海藻酸钠面包比容增加显著( $p < 0.05$ ),与对照相比分别增大了8.2%和6.7%;添加海藻酸钠后,面包硬度变小( $p < 0.05$ ),胶粘性 and 咀嚼性下降( $p < 0.05$ ),内聚性和弹性增大( $p < 0.05$ ),对面包品质有较好的改良效果。在长期放置过程中添加海藻酸钠后,面包的硬度显著降低( $p < 0.05$ ),水分迁移速率较慢,表明有较好的抗老化效果,能够延长面包的货架期。

**关键词:**海藻酸钠,面包,烘焙特性,老化

## Effect of sodium alginate on baking performance of bread

LIU Hai-yan, ZHANG Juan-juan, WANG Xiao-mei, DONG Xue, WANG Chun-xia, FAN Su-qin, XIE Su-hua

(Qingdao Bright Moon Seaweed Group Co., Ltd., Qingdao 266400, China)

**Abstract:** Bread baking properties were investigated at various levels (0% to 0.9% flour weight) of sodium alginate. The result showed that: sodium alginate significantly increased specific volume of bread ( $p < 0.05$ ), compared with the control, the specific volume for samples with 0.3% and 0.5% sodium alginate increased 8.2% and 6.7%, respectively. Sodium alginate decreased the hardness ( $p < 0.05$ ), gumminess and chewiness as well as increased springiness and cohesiveness of bread ( $p < 0.05$ ), showing that it could improve the quality of bread ( $p < 0.05$ ). With longer storage, sodium alginate significantly reduced hardness ( $p < 0.05$ ) and rate of moisture migration of bread, indicating that sodium alginate showed better anti-aging performance and extended the shelf life of the bread.

**Key words:** sodium alginate; bread; baking properties; staling

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)20-0319-04

海藻酸钠是一种从褐藻中提取的天然高分子多糖,是人体不可缺少的一种营养素——水溶性膳食纤维<sup>[1]</sup>,具有良好的食用安全性及生物相容性。海藻酸钠具有很多保健功能,能降血压、降血糖,调节血脂,增强免疫力;增加饱腹感,利于减肥;阻碍放射性元素的吸收,促进排铅功能等。目前已被广泛应用于各食品领域,在欧美、日韩等国家的使用已有近百年的历史。日本人把富含海藻酸钠的食品统称为“长寿食品”,美国人则称其为“奇妙的食品添加剂”<sup>[2]</sup>。

海藻酸钠可与面筋蛋白相互作用产生较强的网络结构,使面团有较好的持气性能,能改善面包品质,同时赋予产品一定的功能特性,有一定的保健效果。同时由于海藻酸钠具有良好的保湿性和持水性,因此将其添加到烘焙食品中可以改变面团的流变特性,控制最佳水分效果,有较好抗老化性能,延长产品货架期。近年来,海藻酸钠在中式食品中的研究与应用引起了国内外学者的广泛关注<sup>[3-7]</sup>,然而目前它在面包体系中的研究仍鲜有报道<sup>[8-10]</sup>。

本文拟通过引入不同比例的海藻酸钠来研究其对面包烘焙特性和老化特性的影响,为海藻酸钠应

用于烘焙产品提供基础理论信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

高筋粉 青岛维良食品有限公司;天使高活性干酵母 安琪酵母股份有限公司;海藻酸钠 青岛明月海藻集团有限公司;白砂糖、食盐 均为食用级;起酥油(花旗专用油脂) 嘉里特种油脂有限公司。

搅拌机、醒发箱、烤炉、切片机 新麦机械有限公司;TMS-Pro型质构分析仪 北京盈盛恒泰科技有限公司;DHG-9077A型电热恒温干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;分析天平,温度计等。

### 1.2 实验方法

1.2.1 面包制备 高筋粉100%,食盐1%,白砂糖20%,起酥油8%,酵母1.2%,水为最适添加量(均以高筋粉质量计),海藻酸钠的添加量分别为0%、0.1%、0.3%、0.5%、0.7%和0.9%。将上述原料于搅拌机中搅拌10min后,静置松弛10min,分割成150g面团,滚圆,成型,在38℃、RH 85%的条件下醒发90min,上/下火(180/210℃)烘焙25min,冷却后测量比容、质构等。

1.2.2 面包比容测定 面包冷却1h后,用油菜籽置换法测面包体积,并称量。

面包比容(mL/g)=体积(mL)/质量(g)。

1.2.3 面包全质构测定 采用Rouille所用的方法进行一定调整<sup>[11]</sup>。面包冷却2h后,用面包切片机将面包

收稿日期:2013-03-04

作者简介:刘海燕(1988-),女,硕士研究生,工程师,研究方向:烘焙科学、功能配料与食品添加剂。

芯切成厚度为20mm的厚薄均匀的薄片,取中间固定位置置于P/25探头下进行测定,每个样品至少重复三次。参数设定:测试前速率1.0mm/s,测试速率3.0mm/s,测试后速率3.0mm/s,压缩程度50%,感应力5g,两次压缩间隔时间1s。

1.2.4 面包水分迁移的测定 面包皮和面包心的水分含量参照AACC法44-15A进行测定,并计算面包皮水分增加速率和面包心水分减少速率。

第t天面包皮水分增加速率(%)=(第t天面包皮水分-初始面包皮水分)/初始面包皮水分×100

第t天面包心水分减少速率(%)=(初始面包心水分-第t天面包心水分)/初始面包心水分×100

1.2.5 面包感官评价 采用九分嗜好评分法<sup>[12]</sup>分别对面包的外观、颜色、风味、口感以及整体可接受度进行喜好评分,1到9分别代表极度不喜欢、非常不喜欢、适度不喜欢、轻微不喜欢、既不喜欢也不讨厌、轻微喜欢、适度喜欢、非常喜欢、极度喜欢。整个评定过程由11个培训过的感官评价员进行评定。

### 1.3 数据分析处理

采用SPSS 16.0分析软件进行数据统计分析,运用方差分析法(analysis of variance, ANOVA)进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 海藻酸钠对面包比容的影响

表1 添加不同比例的海藻酸钠对面包比容的影响

Table 1 Effects of different addition levels of sodium alginate on specific volume of bread

海藻酸钠比例(%)	比容(mL/g)
0	4.16 <sup>a</sup>
0.1	4.37 <sup>abc</sup>
0.3	4.50 <sup>bc</sup>
0.5	4.44 <sup>bc</sup>
0.7	4.58 <sup>c</sup>
0.9	4.25 <sup>ab</sup>

注:相同列中不同字母表示存在显著性差异( $p < 0.05$ );表2、表3同。

由表1可看出,引入海藻酸钠后,面包比容增大,尤其是添加0.3%和0.5%的海藻酸钠面包比容显著增加,与对照相比分别增大了8.2%和6.7%,其他比例也略有增加。这可能是由于海藻酸钠可以与面筋蛋白相互作用产生更强的网络结构,并能将发酵产生的二氧化碳尽可能多的保留在网络中,改善面筋的持气性能,增强面团发酵稳定性,使得面包比容增大。然而添加比例过大时,海藻酸钠容易自凝,面筋特性又会降低,使得改良效果变差。王绍裕<sup>[13]</sup>研究表明,添加0.15%的褐藻胶后,面包比容增大,然而Guarda等<sup>[8]</sup>研究表明,添加0.1%或者0.5%的海藻酸钠对面包比容没有明显变化,这可能是由于面包配方不同及所用原料海藻酸钠不同所致。

### 2.2 海藻酸钠对面包全质构的影响

食用品质反映的多为食品的质构特性,如硬度、弹性、咀嚼性、脆性和粘性等。经过大量实验确定,弹

性、内聚性、回复性与面包品质正相关,即数值越大,面包吃起来柔软又筋道、爽口不粘牙;而硬度、胶粘性和咀嚼性与面包品质负相关,即这三个指标数值越大,面包吃起来就越硬,缺乏弹性、绵软的感觉。由表2可以看出,添加海藻酸钠后,面包硬度变小,尤其是添加0.3%的海藻酸钠硬度显著降低,比空白面包降低了23.5%;面包内聚性和弹性显著增大(个别除外),胶粘性显著降低(0.5%海藻酸钠除外),这与Guarda等<sup>[8]</sup>研究结果一致。这表明引入海藻酸钠后对新鲜面包的品质有很好的改良作用。

表2 添加不同比例的海藻酸钠对新鲜面包质构的影响

Table 2 Effects of different addition levels of sodium alginate on texture parameters of bread

海藻酸钠添加比例(%)	硬度(N)	内聚性	弹性(mm)	胶粘性(N)	咀嚼性(mJ)
0	5.28 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	6.69 <sup>ab</sup>	2.10 <sup>a</sup>	14.08 <sup>bc</sup>
0.1	4.61 <sup>b</sup>	0.41 <sup>ab</sup>	6.53 <sup>a</sup>	1.90 <sup>ab</sup>	12.36 <sup>ab</sup>
0.3	4.04 <sup>c</sup>	0.44 <sup>bc</sup>	6.61 <sup>a</sup>	1.78 <sup>b</sup>	11.78 <sup>a</sup>
0.5	4.51 <sup>b</sup>	0.47 <sup>c</sup>	7.29 <sup>c</sup>	2.09 <sup>a</sup>	15.27 <sup>c</sup>
0.7	4.24 <sup>bc</sup>	0.46 <sup>c</sup>	7.22 <sup>c</sup>	1.94 <sup>ab</sup>	14.00 <sup>bc</sup>
0.9	4.61 <sup>b</sup>	0.42 <sup>ab</sup>	7.03 <sup>bc</sup>	1.91 <sup>ab</sup>	13.42 <sup>abc</sup>

### 2.3 海藻酸钠对面包感官评分的影响

表3 添加不同比例的海藻酸钠对面包感官评分的影响

Table 3 Effects of different addition levels of sodium alginate on sensory analysis of bread

海藻酸钠添加比例(%)	外观	颜色	风味	口感	总体评分
0	5.67 <sup>a</sup>	6.67 <sup>b</sup>	6.67 <sup>ab</sup>	5.83 <sup>a</sup>	6.50 <sup>ab</sup>
0.1	6.50 <sup>ab</sup>	6.50 <sup>b</sup>	6.50 <sup>ab</sup>	6.17 <sup>ab</sup>	6.67 <sup>ab</sup>
0.3	6.83 <sup>b</sup>	6.83 <sup>b</sup>	6.83 <sup>b</sup>	5.67 <sup>a</sup>	7.00 <sup>b</sup>
0.5	6.50 <sup>ab</sup>	6.83 <sup>b</sup>	6.67 <sup>ab</sup>	7.00 <sup>b</sup>	6.83 <sup>ab</sup>
0.7	6.17 <sup>ab</sup>	6.17 <sup>b</sup>	6.00 <sup>ab</sup>	7.17 <sup>b</sup>	6.33 <sup>ab</sup>
0.9	6.00 <sup>ab</sup>	6.50 <sup>b</sup>	5.17 <sup>a</sup>	6.50 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>a</sup>

由表3可以看出,从外观、颜色、风味和总体接受程度看,添加0.3%海藻酸钠得分最高(7.00分,对照组6.50分),口感得分略微低些,但没有显著性差异。总体来看,引入海藻酸钠后面包品质较好,感官评分较高(0.9%除外),其中添加0.3%的海藻酸钠能显著改善面包的感官品质,使得面包的总体接受程度显著提高,较易受人们喜爱,有很大的发展前景。Guarda等<sup>[8]</sup>也研究表明,添加0.1%或者0.5%的海藻酸钠能改善新鲜面包的感官特性,有比较高的感官评分。

### 2.4 海藻酸钠对贮藏期间面包老化特性的影响研究

2.4.1 海藻酸钠对贮藏期间面包心硬度的影响 面包老化最显著的特点是面包心硬度增加以及风味与口味的下降。从图1中可以看出,在长期放置过程中,添加海藻酸钠后面包的硬度显著降低( $p < 0.05$ ),其中贮藏8d时,添加0.1%、0.3%、0.5%、0.7%和0.9%海藻酸钠的面包硬度比对照面包分别下降了13.68%、19.07%、18.01%、17.77%和14.43%,这表明添加海藻酸钠后有

很好的抗老化效果,其中可以看出添加0.3%的海藻酸钠在长期贮藏过程中硬度一直较低,效果最好。推测其原因主要是由于引入海藻酸钠后能抑制面筋和淀粉的相互作用,从而降低面包的老化速率,延长产品的货架期。Guarda等<sup>[9]</sup>与Davidou等<sup>[10]</sup>也发现添加海藻酸钠后,在长期贮藏过程中面包的硬度以及其增加速率显著降低,面包的老化速率下降。

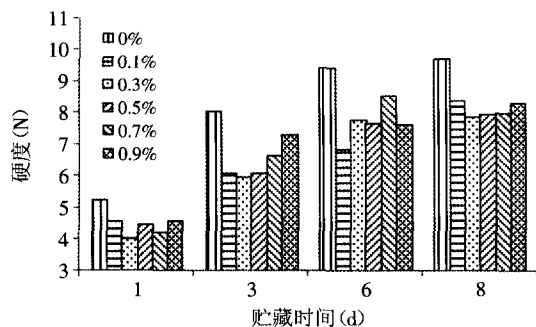


图1 添加不同比例海藻酸钠对面包硬度的影响

Fig.1 Effects of different addition levels of sodium alginate on hardness of bread

2.4.2 海藻酸钠对贮藏期间面包水分迁移的影响 多年来,许多学者证明水分迁移是导致面包老化的重要因素之一<sup>[14-15]</sup>。Ronda等<sup>[16]</sup>指出水分迁移与淀粉回生一样都是引起面包老化的重要因素。面包冷却期

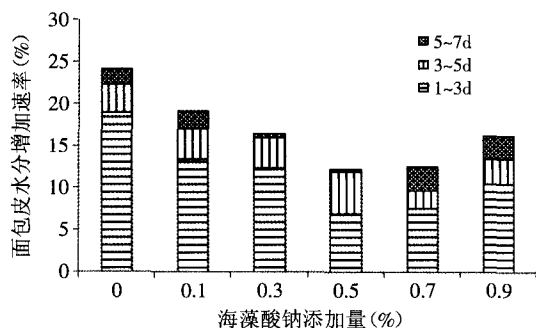


图2 添加不同比例海藻酸钠对贮藏过程中面包皮水分迁移的影响

Fig.2 Effects of different addition levels of sodium alginate on the moisture migration of bread crust during storage

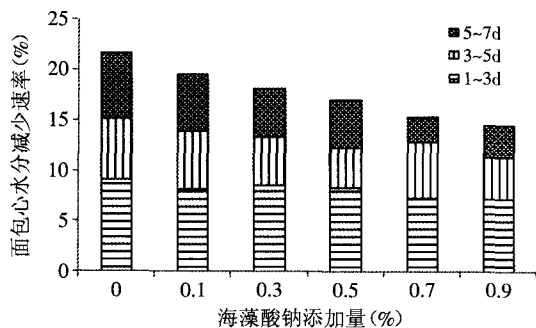


图3 添加不同比例海藻酸钠对贮藏过程中面包心水分迁移的影响

Fig.3 Effects of different addition levels of sodium alginate on the moisture migration of bread crumb during storage

间,表皮及表皮附近的温度明显比中心温度低,导致蒸汽压由里到外发生明显的变化,促使面包内的水分由面包心向表皮迁移<sup>[17-18]</sup>;同时表皮的部分水分也以一定的速率向大气中扩散。在贮存期间,面包内水分的迁移作用仍在继续进行,表皮及附近区域水分含量随时间增加而增加,中心部分水分随时间增加而减少<sup>[19]</sup>。如图2和图3所示,面包心水分减少速率和面包皮水分增加速率并不一致,说明水分从面包心到面包皮和从面包皮到外界的扩散速率不同。

在7d的贮藏过程中以及在不同的贮藏阶段,不同面包样品中的水分迁移速率表现出明显差异。总的来说,添加海藻酸钠后,其面包皮水分迁移的速率明显低于对照面包,尤其是添加0.5%的海藻酸钠面包降低最显著,对比空白面包降低了44.06%(图2)。对于面包感官品质而言,面包心水分减少的速率更为重要,从图3中可以看出,随着海藻酸钠添加量的增加,面包心的水分减少速率逐渐降低,添加0.1%、0.3%、0.5%、0.7%和0.9%海藻酸钠后相对于对照样增加速率分别降低了6.57%、11.19%、16.12%、21.34%和25.22%。Gray等<sup>[20]</sup>研究发现,水分的迁移包括水分由面筋网络结构向淀粉晶体结构中转移和由面包心向面包皮迁移两大方面,而面包老化正是这两部分共同作用导致面包中的水分进行重新分布的结果。据此可以推断,可能是海藻酸钠较高的吸水率与持水力影响了面包中水分的重新分布。

### 3 结论

3.1 面包烘焙特性表明,引入海藻酸钠后能显著改善面包比容( $p < 0.05$ )和质构,面包硬度变小( $p < 0.05$ ),内聚性和弹性增大( $p < 0.05$ ),胶粘性 and 咀嚼性下降( $p < 0.05$ ),对面包品质有较好的改良效果。从感官评分可以得出,引入海藻酸钠后面包感官评分较高,添加0.3%和0.5%的海藻酸钠面包的总体接受程度最高,较易受人们喜爱。

3.2 在长期放置过程中添加海藻酸钠后面包的硬度显著降低( $p < 0.05$ ),且面包心和面包皮的水分迁移速率较慢,表明引入海藻酸钠后有较好的抗老化效果,可以延长面包的货架期,有很好的市场前景。

### 参考文献

- [1] 秦益民. 海藻酸[M]. 北京:中国轻工业出版社,2008:18-20.
- [2] 邝生鲁. 现代精细化工高新技术与产品的合成工艺[M]. 北京:科学技术文献出版社,1997:574-575.
- [3] 何承云,林向阳,孙科祥,等. 亲水胶体抗馒头老化效果的研究[J]. 农产品加工·学刊,2008(1):23-28.
- [4] Sim S Y, Noor Aziah A A, Cheng L H. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates or konjac glucomannan[J]. Food Hydrocolloids,2011, 25(5):951-957.
- [5] 杨艳. 海藻酸钠对燕麦粉质特性及其面团质构的影响[D]. 济南:山东轻工业大学,2010.
- [6] 赵振玲,于功明,刘洪武,等. 海藻酸钠对面条质构影响的研究[J]. 粮食加工,2008,33(1):78-81.
- [7] 陈洁,钱晶晶,王春. 胶体在冷冻面条中的应用研究[J]. 中

国食品添加剂,2011(2):178-180.

[8] Guarda A, Rosell C M, Benedito C, *et al.* Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents[J]. Food Hydrocolloids, 2004, 18(2):241-247

[9] Rosell C M, Rojas J A, De Barber C B. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality[J]. Food Hydrocolloids, 2001, 15(1):75-81.

[10] Davidou S, Meste M L, Debever E, *et al.* A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid[J]. Food Hydrocolloids, 1996, 10(4):375-383.

[11] Rouille J, Della V G, Lefebvre J, *et al.* Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components [J]. Journal of Cereal Science, 2005, 42(1):45-57.

[12] Abdel-Samie M A, Wan J J, Huang W N, *et al.* Effects of cumin and ginger as antioxidants on dough mixing properties and cookie quality[J]. Cereal Chemistry, 2010, 87(5):454-460.

[13] 王绍裕. 褐藻胶在面包生产中的应用[J]. 上海食品科技, 1988(4):21-22.

[14] Zeleznak K J, Hoseney R C. The role of water in the

retrogradation of wheat starch gels and bread crumb[J]. Cereal Chemistry, 1986, 63:407.

[15] Baik M-Y, Chinachoti P. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling[J]. Cereal Chemistry, 2000, 77(4):484-488.

[16] Ronda F, Caballero P A, Quilez J, *et al.* Staling of frozen partly and fully baked breads. Study of the combined effect of amylopectin recrystallization and water content on bread firmness [J]. Journal of Cereal Science, 2011, 53(1):97-103.

[17] Piazza L, Masi P. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties [J]. Cereal Chemistry, 1995, 72(3):320-325.

[18] Stear A C. Chemical changes in yeasted doughs during fermentation[M]. England: Elsevier Science, 1990:479-491.

[19] Bechtel W G, Meisner D F, Bradley W B. The effect of the crust on the staling of bread[J]. Cereal Chemistry, 1953, 30:160.

[20] Gray J A, Bemiller J N. Bread staling: Molecular basis and control[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Safety, 2003, 2(2):1-21.

(上接第314页)

表7 三氯乙酸-正丁醇法标准回归系数表

Table 7 Table of standard regression coefficients on trichloroacetic acid n-butanol method uniform design experiment

$y_i$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$
y	0.0131	-0.1484	0.154	-0.4198	-0.1281	-0.0453	-0.3233
$y_i$	$x_4^2$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_1x_4$	$x_2x_3$	$x_2x_4$	$x_3x_4$
y	-0.1234	-0.1834	0.0962	-0.2174	-0.0163	0.1269	0.028

响的主次顺序为:  $x_4 > x_3 > x_2 > x_1$ , 即静置时间 > 振荡时间 > 样液与三氯乙酸-正丁醇体积比 > 三氯乙酸溶液与正丁醇的体积比。

对模型求解得到三氯乙酸-正丁醇法脱除芦笋多糖蛋白质最佳条件, 见表8。

表8 三氯乙酸-正丁醇法最优因素组合表

Table 8 Table of optimal factor combination on trichloroacetic acid n-butanol method

目标函数	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
98.4839	19.9867	2.0001	38.4855	60.0065

设定三氯乙酸-正丁醇试剂中三氯乙酸溶液与正丁醇的体积比1:20、三氯乙酸-正丁醇与多糖溶液的体积比1:2、振荡时间39min、静置时间60min的条件下, 进行验证实验, 重复三次, 得出多糖保留率为66.21%±0.11%, 蛋白质去除率为91.49%±0.30%, 平均综合指数为98.48%±0.32%。实验结果与模型预测的目标函数值误差为0.08%, 认定该模型有效。

### 3 结论

Sevage法为: 在Sevage试剂与样液体积比1:2、氯仿与正丁醇体积比3:1、振荡时间34min、静置时间36min工艺条件下, 多糖保留率为85.92%±0.15%, 蛋白质去除率为42.68%±0.10%, 平均综合指数为96.89%±0.26%。三氯乙酸-正丁醇法为: 在三氯乙酸溶液与正丁醇的体积比1:20、三氯乙酸-正丁醇与多

糖溶液的体积比1:2、振荡时间39min、静置时间60min工艺条件下, 多糖保留率为66.21%±0.11%, 蛋白质去除率为91.49%±0.30%, 平均综合指数为98.48%±0.32%。

综上所述, 三氯乙酸-正丁醇法脱除芦笋多糖蛋白质的效果优于Sevage法。

### 参考文献

- [1] 李娟, 王凤山. 芦笋多糖的研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 2009, 30(3):215-217.
- [2] 周利豆, 王春辉, 王君虹, 等. 芦笋的活性成分及其生物学功能[J]. 安徽农学通报, 2006, 12(2):23-25.
- [3] 周健, 赵劲风, 范春. 芦笋对高脂血的影响[J]. 中国现代医学杂志, 1999, 9(5):10-11.
- [4] MABEL M J, SANGEETHA P T, HATEL K, *et al.* Physicochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics[J]. Carbohydrate Research, 2008, 343(1):56-66.
- [5] Sara Silva, Amin Karmalia, Eduardo Rosab. Production, purification and characterisation of polysaccharides from Pleurotus ostreatus with antitumour activity[J]. Sci Food Agric, 2012, 92:1826-1832.
- [6] 徐光域, 颜军, 郭晓强, 等. 硫酸-苯酚定糖法的改进与初步应用[J]. 食品科学, 2005, 26(8):342-346.
- [7] 王多宁, 赵雁武, 田芙蓉. 考马斯亮兰微盘比色法测定蛋白质含量[J]. 第四军医大学学报, 2001, 22(6):528-529.