

抗氧化剂抑制发芽糙米粉老化的研究

Study on anti-retrogradation of germinated brown rice powder by different anti-aging agents

吴晓娟^{1,2} 从竞远^{1,2} 吴跃^{1,2} 吴伟^{1,2}

WU Xiao-juan^{1,2} CONG Jing-yuan^{1,2} WU Yue^{1,2} WU Wei^{1,2}

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410004;

2. 稻谷及副产物深加工国家工程实验室, 湖南长沙 410004)

(1. College of Food Science and Engineering, Center South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. National Engineering Laboratory for Rice and By-product Deep Processing, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:通过在发芽糙米粉中添加不同比例的抗氧化剂,模拟熟化糙米食品的老化过程,研究抗氧化剂对抑制发芽糙米粉老化作用的影响。在单因素试验基础上应用响应面分析不同抗氧化剂抑制发芽糙米粉老化的交互作用,结果表明,谷朊粉添加量 6.3%、瓜尔豆胶添加量 0.4%、单甘酯添加量 0.7% 时,协同抗氧化效果最佳,此时硬度值最低为 3 312 g,感官评分为 89 分。相比于单一抗氧化剂,复合抗氧化剂能更有效地抑制发芽糙米粉的老化回生。

关键词:发芽糙米粉;抗氧化剂;硬度;感官品质

Abstract: Germinated brown rice powder and different proportion of anti-aging agent were mixed to simulate the aging condition of cooked brown rice food, and the effect of anti-aging agent addition on the anti-retrogradation of germinated brown rice powder was studied. On the basis of single factor experiment, the interaction of anti-aging agent on the anti-retrogradation of germinated brown rice powder were studied by response surface experiment, and the results indicated that the optimal additions of wheat gluten, guar gum, and monoglyceride were 6.3%, 0.4%, and 0.7%, respectively. The hardness value and sensory score at optimal condition were 3 312 g and 89 points, respectively. Compared with the single anti-aging agent, the composite anti-aging agents can more effectively inhibit the aging of the germinated brown rice flour.

Keywords: germinated brown rice powder; anti-aging agent; hardness; sensory quality

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303071)

作者简介:吴晓娟,女,中南林业科技大学工程师,硕士。

通讯作者:吴伟(1981—),男,中南林业科技大学副教授,博士。

E-mail: foodwuwei@126.com

收稿日期:2016-07-04

发芽糙米是糙米在适当温度和湿度条件下,经发芽、干燥等工序所得制品^[1]。发芽过程中,由于糙米中内源酶的激活,部分蛋白质、淀粉、粗纤维、植酸等营养素被降解, γ -氨基丁酸、 γ -谷维素、肌醇六磷酸、谷胱甘肽、烟酸吡哆素等生理活性成分显著增加,使得糙米的营养组成和感官品质都得以改善^[2-3]。发芽糙米具有比糙米和精白米更多的营养成分,因而发芽糙米及其深度开发制品在未来主食和保健食品领域具有更大的市场潜力,如生产发芽糙米粉(粥)、米饭、米糕、面包、煎饼等^[4-5]。然而,以稻米为主要原料的熟化食品随着贮存时间的延长会出现老化现象,这在糙米及发芽糙米制品中也不可避免^[6]。试验^[7]表明,谷物食品的老化主要是由淀粉老化引起的,在商业化生产中,常使用各种抗氧化剂以改善其品质和提高货架期。目前,谷物食品的抗氧化研究多集中在大米及其制品方面^[8-9],还未见关于发芽糙米及其制品的抗氧化研究报道。本研究拟通过在发芽糙米粉中添加不同比例的谷朊粉、亲水性胶体和乳化剂等常用抗氧化剂,模拟熟化糙米食品的老化过程,以质构特性硬度和感官评分为考察指标,通过单因素试验和响应面分析,研究不同抗氧化剂对抑制发芽糙米粉老化作用的影响,以为发芽糙米粉及其制品的抗氧化剂选择提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

糙米:优质晚籼稻(星 2 号),金健米业股份有限公司;
单甘酯、瓜尔胶、蔗糖脂肪酸酯、海藻酸钠、黄原胶:食品级,无锡市百瑞多化工有限公司;
谷朊粉:食品级,范县黄河实业有限公司;
碘化钾、碘:分析纯,西陇化工股份有限公司;

氢氧化钠、盐酸、正庚烷、硝酸、无水乙醇、石油醚;分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器设备

分析天平:AUY220型,日本UIBLOC公司;
发芽罐:CR-50型,南京程儒机械科技有限公司;
烘箱:202-2AB型,天津泰斯特仪器有限公司;
质构仪:TA.XT.plus型,美国TA仪器有限公司;
万能粉碎机:QE-200型,浙江屹立工贸有限公司;
分光光度计:722s型,上海精密科学仪器有限公司;
微生物培养箱:MIR-250A型,上海三腾仪器有限公司;
电磁炉:C21-ST2016型,广州美的生活电器制造有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 发芽糙米粉制备 将糙米放入发芽罐中,在27℃下浸泡2h,然后在32℃下发芽24h,换水间隔设置为2h,换气间隔设置为20min,并通入臭氧进行灭菌。发芽结束后,根据郑向华等^[10]方法测定糙米发芽率,然后将发芽糙米在40℃下烘干至水分含量13%左右,粉碎过60目筛,即得发芽糙米粉。

1.2.2 发芽糙米粉主要营养成分测定

- (1) 水分测定:按GB 5009.3—2010的直接干燥法执行。
- (2) 蛋白质测定:按GB 5009.5—2010的凯氏定氮法执行。
- (3) 直链淀粉测定,按GB/T 15683—2008执行。
- (4) 脂肪测定:按GB 5009.6—2003的索氏抽提法执行。
- (5) 纤维素测定:硝酸乙醇法^[11]。
- (6) γ -氨基丁酸测定:Berthelot比色法^[12]。

1.2.3 模拟熟化糙米食品老化试验 取发芽糙米粉5g置于铝盒中,加入5mL蒸馏水和一定比例的抗老化剂搅拌均匀,加盖蒸煮25min后,取出冷却至室温,然后放入2~4℃冰箱冷藏48h,得到加速老化的熟化糙米食品。

(1) 分别添加1.0%、2.0%、3.0%、4.0%、5.0%、6.0%、7.0%谷朊粉到发芽糙米粉中,按上述方法制备得到加速老化的熟化糙米食品,考察不同比例的谷朊粉对抑制发芽糙米粉老化的影响。

(2) 分别添加0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%的瓜尔胶、海藻酸钠、黄原胶到发芽糙米粉中,按上述方法制备得到加速老化的熟化糙米食品,考察不同种类和比例的亲水胶体对抑制发芽糙米粉老化的影响。

(3) 分别添加0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%的蔗糖脂肪酸酯和单甘酯到发芽糙米粉中,按上述方法制备得到加速老化的熟化糙米食品,考察不同种类和比例的乳化剂对抑制发芽糙米粉老化的影响。

1.2.4 硬度测定 采用质构仪测定加速老化的熟化糙米食

品的硬度,测定模式为TPA,探头型号P/36R,测前速度2.00 mm/s,测后速度2.00 mm/s,测中速度1.00 mm/s,触发力为20g,压缩程度60%,时间间隔为5s,获取率为500 pps,每个样品测5次。

1.2.5 感官评定 根据GB/T 15682—2008制定评分标准(见表1)。参照曾丹等^[13]的方法,对熟化糙米食品进行感官评定。感官评定总分为100分,感官评价指标包括色泽、气味、滋味、质构和口感。

表1 感官评价指标

评价指标	评分标准	分值
色泽	颜色均匀,有光泽	8~10
	颜色不均,光泽不足	5~7
	有异色	1~4
气味	香味浓郁	8~10
	香气不明显,无异味	5~7
	无香气,有异味	1~4
滋味	滋味丰厚悠长	16~20
	滋味一般	10~15
	有异味	1~9
质构	质构均匀,弹性良好	24~30
	质构均匀,弹性一般	15~23
	有不均匀聚团,弹性差	1~14
口感	口感良好,软硬适中	24~30
	口感一般,较硬或较软	15~23
	口感差,夹生或软烂	1~14

2 结果与分析

2.1 发芽糙米粉的主要营养成分

发芽糙米粉的主要营养成分因糙米品种、发芽条件的不同而有所差异。本研究所用的糙米为湖南主栽优质晚籼稻品种星二号,糙米发芽率为90.2%,所得发芽糙米粉的主要营养成分见表2,影响老化的重要组分直链淀粉和蛋白质含量分别为14.56%和5.71%。

2.2 单因素对抑制发芽糙米粉老化的影响

以发芽糙米粉为原料,在相同工艺条件下模拟熟化状态的糙米食品并进行加速老化,考察添加不同比例的谷朊粉、亲水性胶体(瓜尔胶、海藻酸钠、黄原胶)和乳化剂(蔗糖脂肪酸酯、单甘酯)抑制发芽糙米粉老化的效果。熟化糙米食品在老化过程中,其硬度是随着冷冻储藏时间的延长而增大的,硬度越大则表明其老化程度越高。老化程度越高,则感官质量越差,即感官评分越低^[14]。

表2 发芽糙米粉的主要营养成分

Table 2 The main nutrition contents of germinated brown rice powder

水分/%	直链淀粉/%	蛋白质/%	脂肪/%	纤维素/%	γ -氨基丁酸/ (mg·g ⁻¹)
12.95±0.11	14.56±0.12	5.71±0.06	2.46±0.04	2.51±0.05	2.31±0.02

2.2.1 谷朊粉对抑制发芽糙米粉老化的影响 由图 1 可知,随着谷朊粉添加量增大,样品硬度总体呈下降趋势,这可能是由于谷朊粉能够形成网状结构包裹淀粉,从而抑制淀粉溶胀,使硬度降低^[15]。当谷朊粉添加量为 6.0% 时,硬度最小为 4 778 g,相比于不添加任何抗老化剂的硬度 8 317 g,降幅达 42.55%,此时感官评分最高达 83 分。之后随着谷朊粉添加量的增加,硬度反而有所上升,这可能是由于过多的谷朊粉会使网状结构更加紧密,吸水性受到抑制。此外,研究发现,与在面制品中添加过多的谷朊粉会使产品发黄、感官品质降低不同,在发芽糙米粉中加入谷朊粉会使发芽糙米粉的色泽更加明亮,但是由于质构和口感等权重较大的指标评分下降,因而,当谷朊粉添加量大于 6.0% 时,综合评分随谷朊粉添加量的增加呈下降趋势。

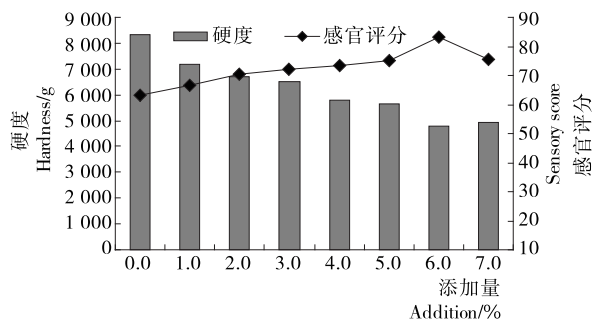


图 1 谷朊粉添加量对发芽糙米粉硬度和感官评分的影响

Figure 1 Effect of wheat gluten addition on the hardness and sensory score of germinated brown rice powder

2.2.2 亲水胶体对抑制发芽糙米粉老化的影响 由图 2 可知,分别添加瓜尔胶、海藻酸钠、黄原胶 3 种亲水性胶体到样品中,样品硬度都呈现先减后增的趋势,感官评分则呈现先增后减的趋势,并且都是在添加量 0.6% 时硬度最低,分别为 4 889, 5 289, 6 295 g,感官评分最高,分别为 82, 81, 76 分。因此,选择瓜尔胶作为后续响应面试验的抗老化剂之一。瓜尔豆胶的强抗老化作用可能是其分子中的羟基与淀粉链上的羟基及周围水分子形成大量氢键,从而达到抗老化效果^[8]。

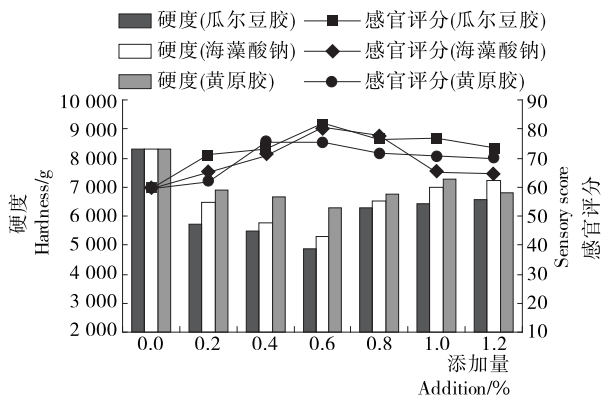


图 2 亲水性胶体添加量对发芽糙米粉硬度和感官评分的影响

Figure 2 Effect of hydrophilic colloid addition on the hardness and sensory score of germinated brown rice powder

2.2.3 乳化剂对抑制发芽糙米粉老化的影响 由图 3 可知,分别添加两种不同乳化剂到样品中,样品硬度都呈现先减后增的趋势。当蔗糖脂肪酸酯添加量为 0.1% 时,硬度最小为 6 834 g,降幅为 17.83%,此时相应的感官评分相对较高,为 69 分;当单甘酯添加量为 0.8% 时,硬度最小为 6 270 g,降幅达 24.61%,此时感官评分也达到最高(75 分)。这可能是由于乳化剂的疏水基团脂肪酸长链进入大米直链淀粉的 α -螺旋结构空腔,形成稳定的复合物,从而降低直链淀粉的迁移性,延缓晶核形成,达到延缓老化的效果;但当过量添加时,乳化剂与样品中脂类、蛋白质的氢键作用能够强化米制品的网络结构,硬度反而增加,感官评分随之下降^[16]。鉴于单甘酯的抗老化效果优于蔗糖脂肪酸酯,且属于 GB 2760—2004《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中可在各类食品中按生产需要适量使用的食品添加剂,尽管其最适添加量比蔗糖脂肪酸酯高,仍选作后续响应面试验的抗老化剂之一。

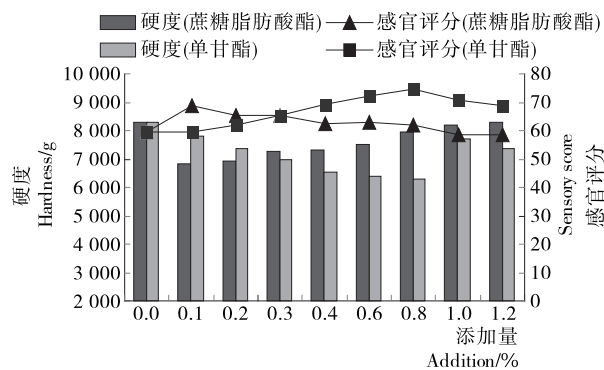


图 3 乳化剂添加量对发芽糙米粉硬度和感官评分的影响

Figure 3 Effect of emulsifier addition on the hardness and sensory score of germinated brown rice powder

2.3 响应面分析法优化复合抗老化剂组成

2.3.1 响应面因素及水平的选取 采用 SPSS 18.0 对发芽糙米粉的硬度和感官评分进行相关性分析,结果表明,其硬度和感官评分呈极显著的负相关($P=0.00047$)。根据 Box-Behnken 试验设计原理,综合单因素试验结果,选取硬度为考察指标,谷朊粉、瓜尔豆胶、单甘酯作为响应面试验设计因素,研究不同抗老化剂抑制发芽糙米粉老化的交互作用。试验因素和水平见表 3。

2.3.2 响应面试验方案及结果 运用 Design expert 8.0 对表 4 的试验结果进行统计分析,得到硬度(以 Y 表示)对谷朊粉、瓜尔豆胶、单甘酯的二次多项回归方程:

$$Y = 3.52 - 0.074A + 0.014B + 0.44C + 0.31AB + 0.34AC - 0.13BC + 0.81A^2 + 0.084B^2 + 0.67C^2 \quad (1)$$

该回归方程中一次项系数绝对值的大小,可以判断 3 个

表 3 响应面试验因素和水平

Table 3 Factors and levels of response surface experiment

水平	A 谷朊粉/%	B 瓜尔豆胶/%	C 单甘酯/%
-1	5.0	0.4	0.6
0	6.0	0.6	0.8
1	7.0	0.8	1.0

表4 响应面试验结果

Table 4 Results of response surface experiment

序号	A	B	C	硬度/g
1	-1	-1	0	4 882±72
2	1	-1	0	4 004±60
3	-1	1	0	4 211±58
4	1	1	0	4 560±64
5	-1	0	-1	4 834±88
6	1	0	-1	4 121±35
7	-1	0	1	5 194±78
8	1	0	1	5 847±69
9	0	-1	-1	3 722±45
10	0	1	-1	4 091±50
11	0	-1	1	4 706±66
12	0	1	1	4 563±22
13	0	0	0	3 456±34
14	0	0	0	3 647±25
15	0	0	0	3 452±37

影响因子的主次顺序为:单甘脂>谷朊粉>瓜儿豆胶。

进一步对该回归方程进行方差分析,结果见表5。所选用的模型极显著($P=0.000\ 8$),失拟项不显著($P=0.302\ 8$),表明该方程与试验结果具有很好的拟合度;决定系数($R^2=0.981\ 9$)和调整系数($R^2_{adj}=0.949\ 5$)也表明该方程拟合度较高,能够较好地预测不同抗老化剂对抑制发芽糙米粉老化的影响。一次项只有单甘脂对硬度的影响是极显著的,谷朊粉和瓜儿豆胶对硬度的影响不显著;二次项中谷朊粉和单甘脂对硬度的影响都极显著,但瓜儿豆胶的影响不显著;交互项中,谷朊粉和单甘脂的交互作用对硬度的影响极显著,谷朊粉和瓜儿豆胶的交互作用对硬度的影响较显著,但瓜儿豆胶和单甘脂的交互作用对硬度影响不显著。

表5 回归模型方差分析[†]

Table 5 Variance analysis for the establish regression model

方差来源	平方和	自由度	均方和	F值	P值	显著性
模型	6.32	9	0.70	30.22	0.000 8	* *
A	0.04	1	0.04	1.87	0.230 2	
B	0.00	1	0.00	0.07	0.808 8	
C	1.57	1	1.57	67.49	0.000 4	* *
AB	0.38	1	0.38	16.19	0.010 1	*
AC	0.47	1	0.47	20.07	0.006 5	* *
BC	0.07	1	0.07	2.81	0.154 6	
A ²	2.44	1	2.44	104.80	0.000 2	* *
B ²	0.03	1	0.03	1.11	0.340 4	
C ²	1.65	1	1.65	70.94	0.000 4	* *
残差	0.12	5	0.02			
失拟项	0.09	3	0.03	2.45	0.302 8	
纯误差	0.02	2	0.01			
总和	6.44	14				

[†] $R^2=0.981\ 9$; $R^2_{adj}=0.949\ 5$; * 表示显著水平($P<0.05$), ** 表示极显著水平($P<0.01$)。

2.3.3 响应曲面的分析 为了更直观地反映各因素之间的交互作用对发芽糙米粉老化的影响,将1个因素固定在0水平,可以得到另外2个因素及其交互作用的三维响应面图,详见图4~6。由图4可知,当瓜儿豆胶添加量一定时,样品硬度随着谷朊粉添加量的增加呈现先降低后增大的趋势;当谷朊粉添加量保持不变时,样品硬度随着瓜儿豆胶添加量的增加,同样呈现先降低后增大的趋势。这同样说明,谷朊粉和瓜儿豆胶的交互作用对发芽糙米粉老化的影响较显著。

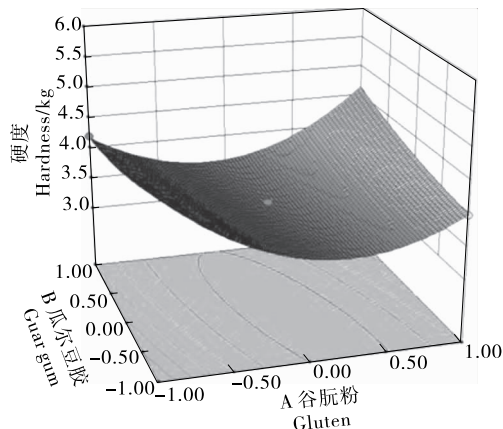


图4 瓜儿豆胶与谷朊粉对发芽糙米粉硬度的影响

Figure 4 Effect of interaction of guar gum and wheat gluten on the hardness of germinated brown rice powder

由图5可知,当单甘酯添加量一定时,样品硬度随着谷朊粉添加量的增加呈现先降低后增大的趋势;当谷朊粉添加量保持不变时,样品硬度随着单甘酯添加量的增加,同样呈现先降低后增大的趋势。而且图5比图4的变化幅度更为明显,这表明,相比于谷朊粉和瓜儿豆胶的交互作用,谷朊粉与单甘酯的交互作用对发芽糙米粉老化的影响更加显著。

由图6可知,当单甘酯添加量一定时,样品硬度随瓜儿豆胶添加量增加,变化趋势不明显;当瓜儿豆胶添加量一定时,硬度随着单甘酯添加量的增加也呈现同样不明显的效果,这表明二者的交互作用对硬度的影响不显著。

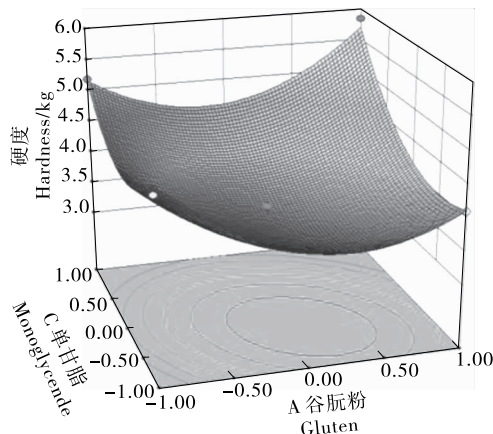


图5 谷朊粉与单甘酯相互作用对发芽糙米粉硬度的影响

Figure 5 Effect of interaction of wheat gluten and monoglyceride on the hardness of germinated brown rice powder

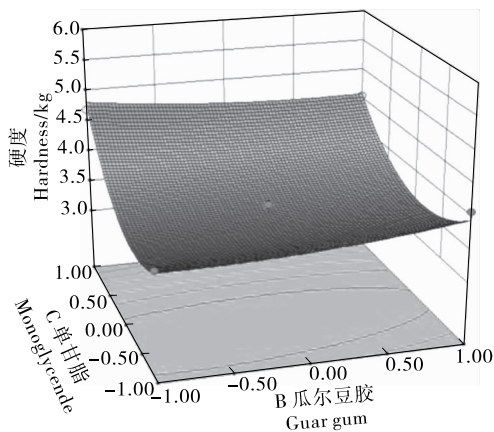


图 6 单甘酯与瓜儿豆胶对发芽糙米粉硬度的影响

Figure 6 Effect of interaction of monoglyceride and guar gum on the hardness of germinated brown rice powder

通过对回归方程求解,可得 3 种抗老化剂的最佳添加量:谷朊粉 6.3%,瓜尔豆胶 0.4%,单甘酯 0.7%,理论预测硬度为 3 376 g。根据预测添加量进行验证实验,样品硬度为 3 312 g,感官评分为 89 分,与预测值相差 1.89%,误差在试验允许范围内,说明该模型可以用来进行抗老化剂的筛选。

3 结论

本研究在单因素试验基础上应用响应面分析,研究了不同抗老化剂抑制发芽糙米粉老化的交互作用,结果表明,谷朊粉添加量 6.3%、瓜尔豆胶添加量 0.4%、单甘酯添加量 0.7%时,协同抗老化效果最佳,此时硬度值最低为 3 312 g,感官评分为 89 分。相比于未添加抗老化剂的熟化糙米食品,添加了单一抗老化剂的硬度最大降幅为 42.55%,添加了复合抗老化剂的硬度降幅为 60.18%,这表明相比于单一抗老化剂,复合抗老化剂可以更有效地抑制发芽糙米粉的老化回生。

本研究仅考察了抗老化剂对抑制发芽糙米粉老化作用的影响,对其它发芽糙米制品(如:发芽糙米方便米粥、方便米饭、米糕等)老化作用的影响还需进一步研究。

参考文献

- [1] 许绰微,张璐,赵思明,等.发芽糙米热风和微波干燥特性及品质研究[J].现代食品科技,2016,32(1):256-260,135.
- [2] XU Jie, ZHANG Hui, GUO Xiao-na, et al. The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2012, 92(2): 380-387.
- [3] MOONGNARM A, SAETUNG N. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice[J]. Food Chemistry, 2010, 122(3): 782-788.
- [4] 张冬媛,张名位,邓媛元,等.发芽-挤压膨化-高温 α 淀粉酶协同处理改善全谷物糙米粉冲调性的工艺优化[J].中国粮油学报,2015,30(6):106-112.
- [5] 唐明礼,王勃,刘贺,等.发芽糙米煎饼的研制[J].食品工业科技,2015,36(2):261-270.

- [6] 汤晓智,扈战强,周剑敏,等.糙米粉对小麦面团流变学及饼干品质特性的影响[J].中国农业科学,2014,47(8):1567-1576.
- [7] 陈德文,张粹兰,沈伊亮,等.大米发糕的抗老化技术研究[J].中国食品学报,2009(5):147-150.
- [8] 汪丽霞,许宙,卜汉萍,等.物性修饰抗方便湿米粉老化的研究[J].食品与机械,2013,29(6):15-18.
- [9] CHEN Long, REN Fei, ZHANG Zi-pei, et al. Effect of pullulan on the short-term and long-term retrogradation of rice starch[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 115: 415-421.
- [10] 郑向华,陈荣,叶宁,等.温度和时间对发芽糙米中 γ -氨基丁酸含量的影响[J].中国粮油学报,2009,24(9):1-4.
- [11] 王林风,程远超.硝酸乙醇法测定纤维素含量[J].化学研究,2011,22(4):52-55.
- [12] JOHNSON B S, SINGH N K, CHERRY J H, et al. purification and characterization of glutamate decarboxylase from cowpea[J]. Phytochemistry, 1997, 46(1): 39-44.
- [13] 曾丹,李远志,陈友清,等.酶解工艺对改善发芽糙米口感的影响[J].食品与机械,2011,27(6):71-74.
- [14] 王刚,熊发祥.常用抗老化剂对糯米粉老化性质影响的工艺研究[J].食品工业,2012(1):4-7.
- [15] 熊柳,张兆丽,吕传萍,等.谷朊粉对不同淀粉糊化特性和质构特性的影响[J].中国粮油学报,2010,25(11):29-32.
- [16] RIBOTTA P D, PEREZ G T, LEON A E, et al. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough[J]. Food Hydrocolloids, 2004, 18(2): 305-313.

信息窗

加拿大批准广布肉毒杆菌 M35 作为抑菌防腐剂

据加拿大卫生部消息,10月13日加拿大卫生部发布公告,批准广布肉毒杆菌(*Carnobacterium divergens*)M35作为防腐剂用于部分食品。

据了解,加拿大卫生部收到一项食品添加剂申请,请求采用广布肉毒杆菌 M35 抑制即食冷熏三文鱼切片与即食冷熏鳟鱼切片当中的李斯特菌。

经过相应评估,加拿大卫生部认为,广布肉毒杆菌 M35 作为李斯特菌抑制剂是安全的。

加拿大卫生部于6月7日就此发布提案,并设定了75 d的评议期。在评议期内,加拿大卫生部收到一项意见,然而并未收到与加拿大卫生部安全性评估不一致的资料。

因此,加拿大卫生部批准广布肉毒杆菌 M35 作为抑制李斯特菌的防腐剂,用于即食冷熏三文鱼切片与即食冷熏鳟鱼切片。

(来源:www.foodmate.net)