



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116138287 A

(43) 申请公布日 2023.05.23

(21) 申请号 202310051459.3

(22) 申请日 2023.02.02

(71) 申请人 上海早苗食品有限公司

地址 201100 上海市闵行区陈行公路1128号

(72) 发明人 王晓燕

(51) Int. Cl.

A21D 8/04 (2006.01)

权利要求书1页 说明书10页

(54) 发明名称

一种复配酶制剂及其制备方法

(57) 摘要

本申请涉及面粉加工改良剂领域,具体公开了一种复配酶制剂及其制备方法,复配酶制剂由如下重量份数的原料组成:高筋小麦粉92-97份;麦芽糖淀粉酶0.02-1份;木聚糖酶0.05-1.5份; $\alpha$ -淀粉酶0.05-1.2份;脂肪酶0.5-1.5份;葡萄糖氧化酶0.5-2份;过氧化氢酶微胶囊0.5-1份。本申请的复配酶制剂能够减少面粉制品中的色素且降低过氧化氢残留量,增强面团延伸性,使产品体积增大。

1. 一种复配酶制剂,其特征在于:由如下重量份数的原料组成:

高筋小麦粉92-97份;

麦芽糖淀粉酶0.02-1份;

木聚糖酶0.05-1.5份;

$\alpha$ -淀粉酶0.05-1.2份;

脂肪酶0.5-1.5份;

葡萄糖氧化酶0.5-2份;

过氧化氢酶微胶囊0.5-1份。

2. 根据权利要求1所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述过氧化氢酶微胶囊包括海藻酸钙颗粒和壳聚糖外壳,所述海藻酸钙颗粒吸附有高岭土和过氧化氢酶。

3. 根据权利要求2所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述过氧化氢酶微胶囊的制备方法包括以下步骤:

S1,将高岭土溶解于0.05-0.15mol/L的乙酸钠缓冲液中,混合均匀,得到高岭土溶液,再加入海藻酸盐粉,混合均匀,加入甘油,混合均匀,得到混合液;

S2,将过氧化氢酶溶液与混合液混合均匀,加入氯化钙,氯化钙的加入量为1.5-2.5mol/L,硬化后,固液分离,收集微球,用乙酸钠缓冲液洗涤,干燥,得到载酶颗粒;

S3,将载酶颗粒加入至壳聚糖溶液中,搅拌均匀,离心,冷冻干燥,得到过氧化氢酶微胶囊。

4. 根据权利要求3所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述S1中高岭土溶液的质量浓度为1.5-2.5%W/V。

5. 根据权利要求3所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述S1中海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:(0.9-1.1)。

6. 根据权利要求3所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述S2中过氧化氢酶溶液的质量浓度为2.5-3%W/V。

7. 根据权利要求3所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述S3中壳聚糖溶液的pH为3.5-4,壳聚糖的质量浓度为2.5-3%W/V。

8. 根据权利要求1所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述脂肪酶选自甘油三酯脂肪酶、磷脂酶和半乳糖脂肪酶中的至少一种。

9. 根据权利要求1所述的一种复配酶制剂,其特征在于:所述 $\alpha$ -淀粉酶选自真菌 $\alpha$ -淀粉酶、细菌 $\alpha$ -淀粉酶中的至少一种。

10. 权利要求1-9任一项所述的复配酶制剂的制备方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一,将高筋小麦粉和脂肪酶混合均匀,得到第一混合物;

步骤二,将麦芽糖淀粉酶、木聚糖酶、 $\alpha$ -淀粉酶、葡萄糖氧化酶、过氧化氢酶微胶囊混合均匀,得到第二混合物;

步骤三,将第一混合物和第二混合物混合均匀,得到复配酶制剂。

## 一种复配酶制剂及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及面粉加工改良剂领域,尤其是涉及一种复配酶制剂及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 面粉改良剂是用于改善面制品品质、改善面团流变学特性和机械加工性能的物质,一般会制成组合物,主要包括氧化剂、还原剂、酶制剂、乳化剂等。酶制剂是指从生物中提取的具有酶特性的一类物质,主要作用是催化食品加工过程中各种化学反应,改进食品加工方法。

[0003] 相关技术中公开了一种面包改良剂,由以下重量份数的原料组分组成:20~65份的单甘酯、3~12份的双乙酰酒石酸单甘酯、0.1~0.8份的脂肪酶、0.03~0.12份的果胶酶、0.02~0.15份的抗坏血酸和10~45份的谷朊粉。

[0004] 针对上述相关技术,由于在采用面粉和酶制剂加工糕点、面包、面食时,面粉和食用油中含有胡萝卜素、叶黄素等天然色素,会影响产品的色泽,如果加入化学试剂清除天然色素又会造成化学试剂残留。

### 发明内容

[0005] 为了减少面粉制品中的色素且降低化学试剂残留量,本申请提供一种复配酶制剂及其制备方法。

[0006] 第一方面,本申请提供一种复配酶制剂,采用如下的技术方案:

一种复配酶制剂,由如下重量份数的原料组成:

高筋小麦粉92-97份;

麦芽糖淀粉酶0.02-1份;

木聚糖酶0.05-1.5份;

$\alpha$ -淀粉酶0.05-1.2份;

脂肪酶0.5-1.5份;

葡萄糖氧化酶0.5-2份;

过氧化氢酶微胶囊0.5-1份。

[0007] 通过采用上述技术方案,脂肪酶能够水解脂肪产生脂肪酸,脂肪酸在面团中被氧气及氧化物氧化为过氧化氢,过氧化氢将面粉、油脂中的胡萝卜素、叶黄素等色素氧化,从而降低天然色素含量,增加白度;葡萄糖氧化酶与小麦粉中的葡萄糖反应生成过氧化氢,过氧化氢能够氧化面粉、油脂中的胡萝卜素、叶黄素等植物色素,进一步降低天然色素含量,增加白度;由于脂肪酶和葡萄糖氧化酶参与反应后都会生成过氧化氢,残留的过氧化氢能够对人体细胞造成损害,且过氧化氢分解后会产生氧气导致食品氧化,因此,需要去除残留的过氧化氢;过氧化氢酶微胶囊将过氧化氢酶包裹在内,在和面和醒发阶段,过氧化氢酶不会损失,也不会参与反应,当面团在烘烤或蒸制前期,部分过氧化氢酶微胶囊会发生破损释放过氧化氢酶,部分过氧化氢酶微胶囊的囊壁上通孔变大,小分子量的过氧化氢能够从

囊壁上的通孔进入,与过氧化氢酶接触后被分解为水和氧气,水和氧气再通过囊壁上的通孔排出,过氧化氢酶微胶囊既可以除去残留的过氧化氢,生成的氧气在排出时会形成新的孔结构,增加孔隙率,又可以增加面团的持气能力,生成的少量水在面团中均匀分布,能够软化面团,增强面团延伸性,使产品体积增大,而且过氧化氢酶在高温烘烤或蒸制阶段会失活,不会影响最终产品的特性。

[0008] 可选的,所述过氧化氢酶微胶囊包括海藻酸钙颗粒和壳聚糖外壳,所述海藻酸钙颗粒吸附有高岭土和过氧化氢酶。

[0009] 通过采用上述技术方案,海藻酸钙无毒、成本低、耐微生物侵袭,但是也存在机械强度低、孔径大和酶泄露的缺点;海藻酸盐与钙离子交联形成海藻酸钙凝胶后能够吸附包裹过氧化氢酶,高岭土作为一种多孔的支撑材料,能够降低的过氧化氢酶泄露概率,提高微胶囊机械强度和耐热性;壳聚糖外壳包裹在海藻酸钙颗粒表面,对过氧化氢酶起到保护作用,控制过氧化氢酶在前期基本不会参与分解过氧化氢的反应,在烘烤或蒸制前期,部分微胶囊的壳聚糖外壳被破坏,部分过氧化氢从微胶囊的通孔进入微胶囊,过氧化氢与过氧化氢酶接触后被分解为水和氧气,烘烤或蒸制后期,温度继续升高后,使过氧化氢酶失活。

[0010] 可选的,所述过氧化氢酶微胶囊的制备方法包括以下步骤:

S1,将高岭土溶解于0.05-0.15mol/L的乙酸钠缓冲液中,混合均匀,得到高岭土溶液,再加入海藻酸盐粉,混合均匀,加入甘油,混合均匀,得到混合液;

S2,将过氧化氢酶溶液与混合液混合均匀,加入氯化钙,氯化钙的加入量为1.5-2.5mol/L,硬化后,固液分离,收集微球,用乙酸钠缓冲液洗涤,干燥,得到载酶颗粒;

S3,将载酶颗粒加入至壳聚糖溶液中,搅拌均匀,离心,冷冻干燥,得到过氧化氢酶微胶囊。

[0011] 通过采用上述技术方案,海藻酸盐与高岭土之间存在分子间氢键和静电力,氯化钙与海藻酸盐交联形成凝胶从而包裹过氧化氢酶,由于海藻酸钙具有多孔性和吸附性,能够将大量的过氧化氢酶吸附在其表面和网孔内部,高岭土还可以提高过氧化氢酶的装载效率和固定化收率,壳聚糖为碱性多糖,在酸性环境下带有大量正电荷,能够与带有负电荷的海藻酸钙聚合,从而包裹载酶颗粒;冷冻干燥工艺温度低,与其他高温干燥的工艺相比,能够降低过氧化氢酶失活的概率,使过氧化氢酶保持更高的活性。

[0012] 可选的,所述S1中高岭土溶液的质量浓度为1.5-2.5%W/V。

[0013] 通过采用上述技术方案,高岭土在上述质量浓度范围内时,能够获得较佳的酶装载效率和酶固定化收率。

[0014] 可选的,所述S1中海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:(0.9-1.1)。

[0015] 通过采用上述技术方案,海藻酸盐浓度会影响固定化收率,在上述配比下,过氧化氢酶的负载效率和固定化收率较高。

[0016] 可选的,所述S2中过氧化氢酶溶液的质量浓度为2.5-3%W/V。

[0017] 通过采用上述技术方案,过氧化氢酶溶液的质量浓度太低,过氧化氢酶微胶囊中负载的过氧化氢酶太少,不足以清除残留的过氧化氢;过氧化氢酶溶液的质量浓度太高,部分过氧化氢酶难以被完全吸附,造成浪费。

[0018] 可选的,所述S3中壳聚糖溶液的pH为3.5-4,壳聚糖的质量浓度为2.5-3%W/V。

[0019] 通过采用上述技术方案,在上述pH范围下,壳聚糖能够更好地包裹载酶颗粒;壳聚

糖质量浓度太低,难以完全包裹载酶颗粒;壳聚糖质量浓度太高,粘度过大,难以搅拌均匀。

[0020] 可选的,所述脂肪酶选自甘油三酯脂肪酶、磷脂酶和半乳糖脂肪酶中的至少一种。

[0021] 通过采用上述技术方案,上述的脂肪酶均可以氧化胡萝卜素、叶黄素,降低天然色素含量,但是,需要根据面制品的配方和工艺选择脂肪酶的种类,从而改善面团性质。

[0022] 可选的,所述 $\alpha$ -淀粉酶选自真菌 $\alpha$ -淀粉酶、细菌 $\alpha$ -淀粉酶中的至少一种。

[0023] 通过采用上述技术方案,真菌 $\alpha$ -淀粉酶的热稳定性较差,大部分在淀粉开始糊化之前就已经失活,不会使最终产品中产生过量糊精导致发粘;细菌 $\alpha$ -淀粉酶耐热性较好,在面包烘焙过程中不易失活,但是会导致最终产品发粘,因此,需要根据产品的特性选择 $\alpha$ -淀粉酶种类,也可以将真菌 $\alpha$ -淀粉酶、细菌 $\alpha$ -淀粉酶复配使用。

[0024] 第二方面,本申请提供一种复配酶制剂的制备方法,采用如下的技术方案:

一种复配酶制剂的制备方法,包括以下步骤:

步骤一,将高筋小麦粉和脂肪酶混合均匀,得到第一混合物;

步骤二,将麦芽糖淀粉酶、木聚糖酶、 $\alpha$ -淀粉酶、葡萄糖氧化酶、过氧化氢酶微胶囊混合均匀,得到第二混合物;

步骤三,将第一混合物和第二混合物混合均匀,得到复配酶制剂。

[0025] 通过采用上述技术方案,脂肪酶和葡萄糖氧化酶能够参与反应将面粉、油脂中的胡萝卜素、叶黄素等色素氧化,降低天然色素含量,增加白度;过氧化氢酶微胶囊既可以除去残留的过氧化氢,又可以增加面团的持气能力,生成的少量水在面团中均匀分布,能够软化面团,增强面团延伸性,使产品体积增大,而且过氧化氢酶在高温烘烤或蒸制阶段会失活,不会影响最终产品的特性。

[0026] 综上所述,本申请具有以下有益效果:

1、由于本申请采用脂肪酶、葡萄糖氧化酶和过氧化氢酶微胶囊复配,脂肪酶和葡萄糖氧化酶能够参与反应将面粉、油脂中的胡萝卜素、叶黄素等色素氧化,降低天然色素含量,增加白度;过氧化氢酶微胶囊既可以除去残留的过氧化氢,又可以增加面团的持气能力,生成的少量水在面团中均匀分布,能够软化面团,增强面团延伸性,使产品体积增大,而且过氧化氢酶在高温烘烤或蒸制阶段会失活,不会影响最终产品的特性。

[0027] 2、本申请中优选采用高岭土微胶囊的支撑材料,能够降低的过氧化氢酶泄露概率,提高微胶囊机械强度和耐热性;壳聚糖外壳包裹在海藻酸钙颗粒表面,对过氧化氢酶起到保护作用,控制过氧化氢酶在前期基本不会参与分解过氧化氢的反应,在烘烤或蒸制前期,部分微胶囊的壳聚糖外壳被破坏,部分过氧化氢从微胶囊的通孔进入微胶囊,过氧化氢与过氧化氢酶接触后被分解为水和氧气,烘烤或蒸制后期,温度继续升高后,使过氧化氢酶失活。

## 具体实施方式

[0028] 以下结合实施例对本申请作进一步详细说明。

[0029] 过氧化氢酶微胶囊的制备例

制备例1

过氧化氢酶微胶囊,其制备方法包括以下步骤:

S1,将1.5g食品级高岭土溶解于摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液中,

混合搅拌均匀,得到质量浓度为1.5%W/V的高岭土溶液,再加入海藻酸盐粉,海藻酸盐粉为海藻酸钠,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:1.1,混合搅拌均匀,加入2.5mL甘油,混合搅拌均匀,得到混合液;

S2,将100mL质量浓度为2.5%W/V的过氧化氢酶溶液与混合液混合搅拌均匀,得到酶混液,加入氯化钙,氯化钙在酶混液中的摩尔浓度为1.5mol/L,硬化3h后,过滤,得到的第一滤液备用,收集微球,用摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液洗涤3次,洗涤液备用,干燥,得到载酶颗粒,在4℃的条件下保存;

S3,将分子量450000、脱乙酰度为91%的壳聚糖加入质量浓度为1%W/V的冰醋酸水溶液中,生成浓度为2.5%W/V、pH为3.5的透明的壳聚糖溶液,将载酶颗粒加入至200mL壳聚糖溶液中,搅拌均匀,离心,得到的第二滤液备用,冷冻干燥,得到过氧化氢酶微胶囊,第二滤液与第一滤液、洗涤液合并得到总滤液。

[0030] 其中,本申请中1%W/V的含义是每100mL溶液中含有1g溶质。

[0031] 制备例2

与制备例1的不同之处在于,高岭土溶液的质量浓度为2%W/V。

[0032] 制备例3

与制备例1的不同之处在于,高岭土溶液的质量浓度为2.5%W/V。

[0033] 制备例4

与制备例1的不同之处在于,高岭土溶液的质量浓度为1%W/V。

[0034] 制备例5

与制备例1的不同之处在于,高岭土溶液的质量浓度为3%W/V。

[0035] 制备例6

与制备例2的不同之处在于,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:1。

[0036] 制备例7

与制备例2的不同之处在于,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:0.9。

[0037] 制备例8

与制备例2的不同之处在于,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:0.5。

[0038] 制备例9

与制备例2的不同之处在于,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:1.5。

[0039] 制备例10

与制备例6的不同之处在于,S2中过氧化氢酶溶液的质量浓度为2.8%W/V。

[0040] 制备例11

与制备例6的不同之处在于,S2中过氧化氢酶溶液的质量浓度为3%W/V。

[0041] 制备例12

与制备例6的不同之处在于,S2中过氧化氢酶溶液的质量浓度为2%W/V。

[0042] 制备例13

与制备例6的不同之处在于,S2中过氧化氢酶溶液的质量浓度为3.5%W/V。

[0043] 制备例14

与制备例10的不同之处在于,过氧化氢酶微胶囊,其制备方法包括以下步骤:

S1,将1.5g食品级高岭土溶解于摩尔浓度为0.15mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液中,

混合搅拌均匀,得到质量浓度为1.5%W/V的高岭土溶液,再加入海藻酸盐粉,海藻酸盐粉为海藻酸钠,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:1.1,混合搅拌均匀,加入3mL甘油,混合搅拌均匀,得到混合液;

S2,将100mL质量浓度为2.5%W/V的过氧化氢酶溶液与混合液混合搅拌均匀,得到酶混液,加入氯化钙,氯化钙在酶混液中的摩尔浓度为2.5mol/L,硬化3h后,过滤,得到的第一滤液备用,收集微球,用摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液洗涤4次,洗涤液备用,干燥,得到载酶颗粒,在4℃的条件下保存;

S3,将分子量450000、脱乙酰度为91%的壳聚糖加入质量浓度为1%W/V的冰醋酸水溶液中,生成浓度为3%W/V、pH为4的透明的壳聚糖溶液,将载酶颗粒加入至200mL壳聚糖溶液中,搅拌均匀,离心,得到的第二滤液备用,冷冻干燥,得到过氧化氢酶微胶囊,第二滤液与第一滤液、洗涤液合并得到总滤液。

#### [0044] 对比制备例1

过氧化氢酶微胶囊,其制备方法包括以下步骤:

S1,将分子量450000、脱乙酰度为91%的壳聚糖加入质量浓度为1%W/V的冰醋酸水溶液中,生成浓度为2.5%W/V、pH为3.5的透明的壳聚糖溶液,再加入海藻酸盐粉,海藻酸盐粉为海藻酸钠,海藻酸盐粉与壳聚糖的质量比为1:1.1,混合搅拌均匀,加入2.5mL甘油,混合搅拌均匀,得到混合液;

S2,将100mL质量浓度为2.5%W/V的过氧化氢酶溶液与混合液混合搅拌均匀,得到酶混液,加入氯化钙,氯化钙在酶混液中的摩尔浓度为1.5mol/L,硬化3h后,过滤,得到的第一滤液备用,收集微球,用摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液洗涤3次,干燥,得到过氧化氢酶微胶囊,洗涤液备用,第一滤液和洗涤液合并得到总滤液。

#### [0045] 对比制备例2

过氧化氢酶微胶囊,其制备方法包括以下步骤:

S1,将分子量450000、脱乙酰度为91%的壳聚糖加入质量浓度为1%W/V的冰醋酸水溶液中,生成浓度为2.5%W/V、pH为3.5的透明的壳聚糖溶液,再加入海藻酸盐粉,海藻酸盐粉为海藻酸钠,海藻酸盐粉与壳聚糖的质量比为1:1.1,混合搅拌均匀,加入2.5mL甘油,混合搅拌均匀,得到混合液;

S2,将100mL质量浓度为2.5%W/V的过氧化氢酶溶液与混合液混合搅拌均匀,得到酶混液,加入氯化钙,氯化钙在酶混液中的摩尔浓度为1.5mol/L,硬化3h后,过滤,得到的第一滤液备用,收集微球,用摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液洗涤3次,洗涤液备用,干燥,得到载酶颗粒,在4℃的条件下保存;

S3,将载酶颗粒加入至200mL壳聚糖溶液中,搅拌均匀,离心,得到的第二滤液备用,冷冻干燥,得到过氧化氢酶微胶囊,第二滤液与第一滤液、洗涤液合并得到总滤液。

#### [0046] 对比制备例3

过氧化氢酶微胶囊,其制备方法包括以下步骤:

S1,将1.5g食品级高岭土溶解于摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液中,混合搅拌均匀,得到质量浓度为1.5%W/V的高岭土溶液,再加入海藻酸盐粉,海藻酸盐粉为海藻酸钠,海藻酸盐粉与高岭土的质量比为1:1.1,混合搅拌均匀,加入2.5mL甘油,混合搅拌均匀,得到混合液;

S2,将100mL质量浓度为2.5%W/V的过氧化氢酶溶液与混合液混合搅拌均匀,得到酶混液,加入氯化钙,氯化钙在酶混液中的摩尔浓度为1.5mol/L,硬化3h后,过滤,得到的第一滤液备用,收集微球,用摩尔浓度为0.05mol/L、pH为5的乙酸钠缓冲液洗涤3次,干燥,得到过氧化氢酶微胶囊,洗涤液备用,第一滤液和洗涤液合并得到总滤液。

#### 实施例

##### [0047] 实施例1

一种复配酶制剂,由如下重量份数的原料组成:

高筋小麦粉92g;

麦芽糖淀粉酶1g;

木聚糖酶1.5g;

$\alpha$ -淀粉酶0.05g, $\alpha$ -淀粉酶是真菌 $\alpha$ -淀粉酶;

脂肪酶1.5g,脂肪酶是甘油三酯脂肪酶;

葡萄糖氧化酶0.5g;

过氧化氢酶微胶囊1g,过氧化氢酶微胶囊由制备例1制得;

复配酶制剂的制备方法,包括以下步骤:

步骤一,将高筋小麦粉和脂肪酶混合搅拌均匀,得到第一混合物;

步骤二,将麦芽糖淀粉酶、木聚糖酶、 $\alpha$ -淀粉酶、葡萄糖氧化酶、过氧化氢酶微胶囊混合搅拌均匀,得到第二混合物;

步骤三,将第一混合物和第二混合物混合搅拌均匀,得到复配酶制剂。

##### [0048] 实施例2-14

与实施例1的不同之处在于,过氧化氢酶微胶囊依次由制备例2-14制得。

##### [0049] 实施例15

与实施例1的不同之处在于,复配酶制剂由如下重量份数的原料组成:

高筋小麦粉95g;

麦芽糖淀粉酶0.5g;

木聚糖酶0.8g;

$\alpha$ -淀粉酶0.6g, $\alpha$ -淀粉酶是细菌 $\alpha$ -淀粉酶;

脂肪酶1g,脂肪酶是磷脂酶;

葡萄糖氧化酶1.2g;

过氧化氢酶微胶囊0.7g。

##### [0050] 实施例16

与实施例1的不同之处在于,复配酶制剂由如下重量份数的原料组成:

高筋小麦粉97g;

麦芽糖淀粉酶0.02g;

木聚糖酶0.05g;

$\alpha$ -淀粉酶1.2g, $\alpha$ -淀粉酶由质量比为2:1的真菌 $\alpha$ -淀粉酶和细菌 $\alpha$ -淀粉酶组成;脂肪酶0.5g,脂肪酶由质量比为1:1的甘油三酯脂肪酶和磷脂酶组成;

葡萄糖氧化酶2g;

过氧化氢酶微胶囊0.5g。

[0051] 对比例

对比例1

与实施例1的不同之处在于,将过氧化氢酶微胶替换为等重量的高筋小麦粉。

[0052] 对比例2

与实施例1的不同之处在于,将过氧化氢酶微胶囊替换为等重量的过氧化氢酶。

[0053] 对比例3-5

与实施例1的不同之处在于,过氧化氢酶微胶囊依次由对比制备例1-3制得。

[0054] 性能检测试验

检测方法

(1)分别测试计算制备例1-14和对比制备例1-3的装载效率,记录在表1中;以牛血清白蛋白(BSA)为标准,采用Lowry法测定过氧化氢酶溶液的初始蛋白浓度和总滤液中的蛋白质浓度,装载效率(%) =  $(C_i V_i - C_f V_f) / C_i V_i * 100\%$ ,其中, $C_i$ 是过氧化氢酶溶液的初始蛋白浓度(mg/mL), $V_i$ 是过氧化氢酶溶液的初始体积(mL), $C_f$ 是总滤液中的蛋白质浓度(mg/mL), $V_f$ 是总滤液的体积(mL)。

[0055] (2)分别测试计算制备例1-14和对比制备例1-3的固定化收率,记录在表1中;固定化收率(%) =  $A_{imm} / A_{free} * 100\%$ , $A_{imm}$ 是过氧化氢酶微胶囊的固定化酶比活, $A_{free}$ 是总滤液中的游离酶比活,采用紫外吸收法分别测试过氧化氢酶微胶囊中固定的过氧化氢酶的酶活力和总滤液中的游离酶活力,再转换为固定化酶比活和游离酶比活,酶比活 = 每毫升过氧化氢酶溶液中酶活力单位数/每毫升过氧化氢酶溶液中蛋白质含量。

[0056] (3)分别将制备例1-14和对比制备例1-3中的过氧化氢酶微胶囊采用高压均质机破碎,提取其中的过氧化氢酶,测试提取的过氧化氢酶的活力,计算酶活性保持率,酶活性保持率(%) = 1g过氧化氢酶微胶囊提取后的过氧化氢酶的活力/1g过氧化氢酶微胶囊固定的过氧化氢酶原本的活力\*100%。

[0057] (4)依次采用实施例2、6、10、15、16和对比例1-5中的过氧化氢酶微胶囊制作面包,面包的配方如下:面包粉500g、奶粉15g、酵母5g、白砂糖100g、盐6g、全蛋50g、水250g、奶油60g、过氧化氢酶微胶囊2.5g,面包的制备方法如下:把所有原料投入搅拌机中,200rpm搅拌3分钟,500rpm搅拌1分钟,200rpm搅拌3分钟,至面团成熟,将面团分割成60g,静置10分钟搓成圆形,在温度36-38℃、湿度80-85%条件下发酵时间120分钟,180℃烘焙12分钟,冷却至面包中心温度为30-40℃;

测试方法:将10g面包样品粉碎,加入至500mL蒸馏水中,搅拌均匀后,浸泡30min,过滤,滤液作为待测样品;采用荧光光度法测试待测样品中过氧化氢的含量,记录在表2中。

[0058] 表1装载效率、固定化收率和酶活性保持率测试结果

制备例编号	装载效率/%	固定化收率/%	酶活性保持率/%
制备例 1	95.32	65.81	70.36
制备例 2	96.58	65.02	70.54
制备例 3	95.67	64.16	70.29
制备例 4	92.13	66.11	69.95
制备例 5	93.44	63.13	70.25
制备例 6	97.78	65.56	70.85
制备例 7	97.55	65.22	70.81
制备例 8	96.14	64.71	70.76
制备例 9	96.07	64.85	70.65
制备例 10	98.57	65.88	71.01
制备例 11	98.26	65.69	70.93
制备例 12	97.04	65.31	70.79
制备例 13	98.59	65.89	70.88
制备例 14	98.49	65.81	70.97
对比制备例 1	64.52	49.52	46.88
对比制备例 2	72.43	51.14	48.95
对比制备例 3	78.95	52.11	51.47

表2过氧化氢残留量测试结果

实施例/对比例 编号	过氧化氢残留量 /ppm
实施例 2	90
实施例 6	80
实施例 10	75
实施例 15	55
实施例 16	65
对比例 1	350
对比例 2	300
对比例 3	240
对比例 4	180
对比例 5	170

结合制备例1-14和对比制备例1-3并结合表1可以看出,对比制备例1仅采用海藻酸钙固定过氧化氢酶,装载效率、固定化收率和酶活性保持率最低,对比制备例2在对比制备例1的基础上再包裹一层壳聚糖外壳,装载效率、固定化收率和酶活性保持率均大幅提高,说明壳聚糖外壳能够保护过氧化氢酶且降低酶的损失,使被固定的过氧化氢酶仍然保持较高的活性;对比制备例3在对比制备例1的基础上加入了高岭土,装载效率、固定化收率和酶活性保持率均大幅提高,且高于对比制备例2,说明高岭土能够与海藻酸钙配合提高过氧化氢酶的装载效率、固定化收率,而且使被固定的过氧化氢酶保持较高的活性,综合效果优于壳聚糖外壳;制备例1在对比制备例1的基础上既加入了高岭土还包裹了壳聚糖外壳,装载效率、固定化收率和酶活性保持率均大幅提高,且装载效率、固定化收率和酶活性保持率提高值大于对比制备例2和3的提高值之和,说明采用高岭土、海藻酸钙和壳聚糖配合固定过氧化氢酶,具有协同增效的作用,且获得了预料不到的技术效果。制备例2-5分别改变了高岭土溶液的质量浓度,其中,制备例4虽然高岭土溶液质量浓度低,固定化收率较高,但是装载效率下降较多,因此,制备例2的综合效果最好,制备例4和制备例5的装载效率、固定化收率和酶活性保持率较低,说明高岭土溶液的质量浓度优选为1.5-2.5%W/V;制备例6-9在制备例2的基础上改变了海藻酸盐粉与高岭土的质量比,其中,制备例6的综合效果最好,制备例8和9的装载效率、固定化收率和酶活性保持率较低,说明海藻酸盐粉与高岭土的质量比优选为1:(0.9-1.1);制备例10-13在制备例6的基础上分别改变了过氧化氢酶溶液的质量浓度,其中,制备例10的综合效果最好,制备例12的装载效率、固定化收率和酶活性保持率较低,制备例13的综合效果没有明显提升,反而成本较高,因此,过氧化氢酶溶液的质量浓度优选为2.5-3%W/V;制备例14改变了部分制备参数,装载效率、固定化收率和酶活性保持率均发生了变化,说明每个步骤的参数均对装载效率、固定化收率和酶活性保持率有一定的影响。

[0059] 结合实施例2、6、10、15、16和对比例1-5并结合表2可以看出,对比例1在没有加入过氧化氢酶时,过氧化氢残留量为350ppm,而食品中的过氧化氢残留量一般要求不超过100ppm,对比例2直接加入过氧化氢酶,过氧化氢残留量虽有降低,但是仍然较高,说明直接加入过氧化氢酶对清除残留的过氧化氢作用不大;对比例3仅采用海藻酸钙固定过氧化氢酶,过氧化氢残留量大幅降低,且低于对比例2,说明采用海藻酸钙固定过氧化氢酶有利于清除残留的过氧化氢;对比例4在对比例3的基础上再包裹一层壳聚糖外壳,过氧化氢残留量大幅降低,且低于对比例3,说明采用壳聚糖外壳能够降低过氧化氢酶的损失,有利于清除残留的过氧化氢;对比例5在对比例3的基础上加入了高岭土,过氧化氢残留量大幅降低,且低于对比例4,说明高岭土使被固定的过氧化氢酶保持较高的活性,清除残留的过氧化氢的效果优于壳聚糖外壳,实施例2、6、10、15、16采用既有高岭土又有壳聚糖外壳的过氧化氢酶微胶囊,过氧化氢残留量均低于100ppm,说明采用高岭土、海藻酸钙和壳聚糖配合的过氧化氢酶微胶囊能够有效除去残留的过氧化氢。

[0060] 本具体实施例仅仅是对本申请的解释,其并不是对本申请的限制,本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改,但只要在本申请的权利要求范围内都受到专利法的保护。