

说明书

一株产双乙酰植物乳杆菌及其在泡菜中的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及微生物技术领域，具体涉及一株从四川传统家庭自制泡菜中分离筛选出的产双乙酰能力较强的植物乳杆菌及其在泡菜中的应用。

背景技术

[0002] 四川泡菜因其特殊风味被誉为“川菜之魂”，深受国内外消费者喜爱。目前泡菜产业已成为四川省最具特色的农产品加工产业，对发展蔬菜产业，带动农民增收，促进农业产业升级具有重要意义。虽然泡菜产业的发展取得了较好的成绩，但仍然存在着许多薄弱环节。如工业化生产方式的应用提高泡菜生产效率，但使其丧失了传统工艺的独特风味。此外，为使泡菜呈现更好风味，在泡菜制作过程中会添加大量香辛料。香辛料种类繁多，不同批次间可能存在色、香、味等方面的差异，致使添加香辛料后成品风味的差异。

[0003] 一些微生物能利用简单的营养物质代谢产生风味物质，对发酵食品的增香提质有着重要作用。部分乳酸菌如植物乳杆菌、戊糖乳杆菌等能利用发酵体系中的葡萄糖、柠檬酸产生双乙酰（丁二酮），该物质具有淡淡的奶油香，是酸奶、干酪等发酵乳制品中一种重要的风味物质。同时也是泡菜香气的特征主体成分，对泡菜风味影响较大。由微生物代谢产生的双乙酰等香气成分属于天然食品添加剂，易于被消费者接受，具有市场竞争力。

[0004] 目前已有学者从酸奶、干酪及野生植物中筛选到产双乙酰的乳酸菌，并在改善发酵乳制品风味方面得到了良好的应用。Tian 等（Tian, H et al 2019）从西藏灵菇中筛选得到一株双乙酰产量为 15.92mg/L 的植物乳杆菌，并将其应用于酸奶发酵，促进了酸奶中挥发性风味物质的形成。王雪妮（王雪妮, 2014）以无菌全脂复原乳为基质，筛选到 9 株高产双乙酰的嗜热链球菌，其双乙酰产量均在 12mg/L 以下。此外，还有学者从发酵乳制品中筛选到产双乙酰能力较强的嗜柠檬酸明串珠菌（田玉娟, 2015）、戊糖乳杆菌（彭涛, 2011），其双乙酰产量分别为 23.826mg/L 及 16.287mg/L。未见从泡菜中筛选出产双乙酰的乳酸菌并接种发酵泡菜的报道。泡菜发酵是一个高盐、高酸的环境，其中的乳酸菌经过长期的自然筛选具有更强的环境适应性，更适用于泡菜发酵。因此，以四川传统家庭自制泡菜水为样品源，从中筛选出产双乙酰能力强、发酵性能优良的乳酸菌，对改善泡菜风味、解决香辛料差异而引起的泡菜品质波动问题具有重要的现实意义。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题，本发明目的在于提供一株泡菜中产双乙酰的植物乳杆菌（*Lactobacillus plantarum*）LYA31 及其应用。

[0006] 本发明所提供的菌株为植物乳杆菌（*Lactobacillus plantarum*）LYA31，保藏于中国普

说明书

通微生物菌种保藏管理中心，保藏地点为北京市朝阳区北辰西路 1 号院 3 号，保藏号为 CGMCC No.20578，保藏日期为 2020 年 8 月 28 日。

[0007] 本发明提供泡菜中产双乙酰乳酸菌的分离、筛选、鉴定及应用。

[0008] 将泡菜水样品 10 倍系列稀释后，吸取适宜稀释度样液涂布于 MRS 固体培养基平板，37℃ 培养 48h 后，挑取有溶钙圈的具有乳酸菌典型菌落特征的菌落进行多次平板划线纯化，保存备用。

[0009] 将上述获得的乳酸菌进行产双乙酰初筛，取一环菌接于装有 5mL 无菌萝卜汁培养基的试管中，37℃ 培养 48h 后，采用肌酸比色法筛选菌株。

[0010] 用无菌生理盐水调整初筛所获乳酸菌的菌体浓度为 10^8 CFU/mL，以 2% 接种量接种至萝卜汁培养基中，37℃ 培养 48h 后，采用邻苯二胺比色法筛选出一株产双乙酰能力较强的乳酸菌，编号为 LYA31，该菌株于无菌萝卜汁中发酵 48h 后，双乙酰产量达 20.31mg/L。

[0011] 菌株 LYA31 形态鉴定：肉眼观察菌落形态为圆形、白色、中间凸起、表面光滑，在含 CaCO_3 的 MRS 固体培养基平板上形成溶钙圈。光学显微镜下观察到菌体细胞呈短杆状，革兰氏染色呈阳性。

[0012] 菌株 LYA31 生化鉴定：采用法国梅里埃的 API 50CHL 乳杆菌属生化鉴定条对菌株进行生化鉴定，结果显示 LYA31 能代谢山梨醇、菊粉等底物，经比对，初步将 LYA31 鉴定为植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*)。

[0013] 菌株 LYA31 分子鉴定：提取菌株 DNA，并对 16S rDNA 进行扩增，电泳检测合格后送至成都擎科梓熙生物技术有限公司测序。

[0014] 将该菌株的 16S rDNA 基因测序结果与 GenBank 数据库中序列进行 Blast 同源性对比，该菌株序列与菌株 *Lactobacillus plantarum* 基因序列高度同源，结合形态学和生化实验结果，最终将菌株 LYA31 鉴定为植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*)。

[0015] 对菌株 LYA31 进行产酸、降解 NaNO_2 试验，结果显示 LYA31 在 MRS 液体培养基中培养 48h 后，发酵液中总酸含量达到 1.94g/100mL， NaNO_2 降解能力为 69.67%。

[0016] 将菌株 LYA31 按 0.2% 接种量接种发酵泡菜，结果显示接种 LYA31 发酵的泡菜风味优于自然发酵泡菜，泡菜水双乙酰含量提高了 96.35%。

[0017] 与现有技术相比，本发明的积极效果是：首次从四川传统家庭自制泡菜中筛选获得高产双乙酰的植物乳杆菌，并证实了其具有良好发酵性能。37℃ 48h 内可降解 69.67% 的 $125 \mu\text{g/mL}$ NaNO_2 ，18h 内菌株 LYA31 产酸能力较强，发酵液总酸含量达到 1.94g/100mL，将其应用于泡菜发酵，能明显增加泡菜中双乙酰的含量，同时提高泡菜风味品质。研究结果表明产双乙酰植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*) LYA31 具有良好的应用潜力。

说明书

附图说明

[0018] 图 1 为菌株 LYA31 的菌落和细胞形态图。

[0019] 图 2 为菌株 LYA31 的系统发育树。

[0020] 图 3 为泡菜成品图。

具体实施方式

[0021] 下述实施例中各培养基的配方如下：

[0022] MRS 液体培养基：蛋白胨 10.0 g、牛肉膏 5.0 g、酵母粉 5.0 g、葡萄糖 20.0 g、吐温 80 1.0 ml、磷酸氢二钾 2 g、乙酸钠 5.0 g、柠檬酸二铵 2.0 g、硫酸镁 0.58g、硫酸锰 0.25g、碳酸钙 15g，pH 6.0~6.4，溶解于 1000 mL 蒸馏水，121 °C 灭菌 20min。MRS 固体培养基即加入 2% 的琼脂粉，121 °C 灭菌 20min。

[0023] 萝卜汁培养基：白萝卜与蒸馏水 1:1 混合打浆，四层纱布过滤后，添加盐 3%、葡萄糖 2%、柠檬酸 0.2%、115 °C 灭菌 15min。

[0024] 实例 1：泡菜中产双乙酰乳酸菌的筛选鉴定。

[0025] 1) 泡菜中乳酸菌的分离纯化：用无菌生理盐水对泡菜水样品进行 10 倍系列梯度稀释，吸取 200 μ L 10^{-2} 、 10^{-3} 两个稀释度样品于 MRS 固体培养基平板，无菌涂布棒涂布均匀，同时取样品原液划线，37 °C 培养 48h 后，挑取有溶钙圈且形态不同的菌落于 MRS 固体培养基平板反复划线，最终得到单菌落。将纯化后的菌种于 30% 甘油中冻存。

[0026] 2) 产双乙酰乳酸菌的初筛：用无菌接种环挑取一环冻存于甘油管中的菌液划线于 MRS 固体培养基平板，37 °C 培养 48h 后，挑取一环单菌落于装有 5mL 萝卜汁培养基的试管中，混合均匀，37 °C 培养 48h 后，将发酵液与显色剂（0.5% 肌酸、1% 1-萘酚、16% 氢氧化钾混合溶液）按 2:1 混合，30 °C 反应 30min 后观察发酵液是否变为红色。结果以“-”（阴性）、“+”（微红）、“++”（粉红）及“+++”（深红）表示。

[0027] 3) 产双乙酰乳酸菌的复筛：选择初筛结果为“++”及“+++”的菌株进行复筛。将冻存于甘油管中的菌液于 MRS 液体培养基中活化，37 °C 培养至菌体密度为 10^8 CFU/mL，8000r/min 离心 10min 收集菌体，用无菌生理盐水反复洗涤 2~3 次后，加入等量无菌生理盐水重悬菌体，按 2% 接种量接种于装有 20mL 萝卜汁培养基的三角瓶中，37 °C 培养 48h 后，采用邻苯二胺比色法测定发酵液中双乙酰含量，每个样品做 3 个平行。

[0028] 37 °C 发酵 48h 后，接种 LYA31 的发酵液中双乙酰含量最高，为 20.31mg/L，因此，选择菌株 LYA31 进行后续实验。

[0029] 4) 菌株 LYA31 鉴定。

[0030] ①形态鉴定：用无菌接种环挑取一环冻存于甘油管中菌液划线于 MRS 固体培养基平

说明书

板，37℃培养 48h 后，观察到其菌落形态为圆形、白色、中间凸起、表面光滑，在含 CaCO_3 的 MRS 固体培养基平板上形成溶钙圈。挑取一环单菌落进行革兰氏染色，光学显微镜油镜下观察到其菌体形态为短杆状，革兰氏染色呈阳性。菌株 LYA31 菌落、细胞形态如图 1 所示。

[0031] ②生化鉴定：用无菌接种环挑取一环冻存于甘油管中的菌液划线于 MRS 固体培养基平板，37℃培养 48h 后，采用法国梅里埃的 API 50CHL 乳杆菌属生化鉴定条对其进行生化鉴定。

[0032] LYA31 生化鉴定结果如表 1 所示。将实验结果导入试剂盒提供网站进行查询，经比对，菌株 LYA31 与植物乳杆菌相似度为 91%。

表 1 菌株 LYA31 生化实验结果

底物	结果	底物	结果	底物	结果	底物	结果
1 丙三醇	-	14 L-山梨糖	-	27 D-纤维二糖	+	40 D-土伦糖	+
2 赤藻糖醇	+	15 L-鼠李糖	-	28 D-麦芽糖	+	41 D-来苏糖	-
3 D-阿拉伯糖	-	16 卫矛醇	-	29 D-乳糖	+	42 D-塔格糖	-
4 L-阿拉伯糖	+	17 肌醇	-	30 D-密二糖	+	43 D-岩藻糖	-
5 D-核糖	+	18 甘露醇	+	31 D-蔗糖	+	44 L-岩藻糖	-
6 D-木糖	-	19 山梨醇	+	32 D-海藻糖	+	45 D-阿拉伯醇	+
7 L-木糖	-	20 甲基- α -D-吡喃甘露糖苷	-	33 菊粉	+	46 L-阿拉伯醇	-
8 D-核糖醇	-	21 甲基- α -D-吡喃葡萄糖苷	-	34 D-松三糖	+	47 葡萄糖酸钾	+
9 甲基- β -D-吡喃木糖醇	-	22 N-乙酰葡萄糖胺	+	35 D-棉子糖	+	48 2-酮基葡萄糖酸钾	-
10 D-半乳糖	+	23 苦杏仁苷	+	36 淀粉	-	49 5-酮基葡萄糖酸钾	-
11 D-葡萄糖	+	24 熊果苷	+	37 糖原	-		
12 D-果糖	+	25 七叶灵 柠檬酸铁	+	38 木糖醇	-		
13 D-甘露糖	+	26 水杨苷	+	39 D-龙胆二糖	+		

[0033] ③分子鉴定：将筛选所得菌株接种于装有 5mL MRS 液体培养基的试管中，37℃静置培养 16h，收获菌体。按照细菌基因组 DNA 提取试剂盒提取 DNA，以此 DNA 为模板，用细菌通用引物 (27F : 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3' ; 1492R :

说 明 书

5'-TACGGCTACCTTGTTACGACTT-3')扩增 16S rDNA 全长序列。PCR 产物经检验合格后送至成都擎科梓熙生物技术有限公司测序，BLAST 进行同源性比对，并运用 MEGA 5.0 构建系统发育树。

[0034] 菌株 LYA31 经 16S rDNA 序列测定，获得如下序列：

```
GGCTGGTTCCTAAAAGGTTACCCACCGACTTTGGGTGTTACAACTCTCATGGTGTGA
CGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGGGAACGTATTCACCGCGGCATGCTGATCCGCGATTAC
TAGCGATTCCGACTTCATGTAGGCGAGTTGCAGCCTACAATCCGAAGTGAAGAATGGCTTT
AAGAGATTAGCTTACTCTCGCGAGTTCGCAACTCGTTGTACCATCCATTGTAGCACGTGT
GTAGCCCAGGTCATAAGGGGCGATGATGATTTGACGTCATCCCCACCTTCCTCCGGTTTGT
CACCGGCAGTCTCACCAGAGTGCCCAACTTAATGCTGGCAACTGATAATAAGGGTTGCG
CTCGTTGCGGGACTTAACCCAACATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCACCAC
CTGTATCCATGTCCCCGAAGGGAACGTCTAATCTCTTAGATTTGCATAGTATGTCAAGAC
CTGGTAAGGTTCTTCGCGTAGCTTCGAATTAAACCACATGCTCCACCGCTTGTGCGGGCC
CCCGTCAATTCTTTGAGTTTCAGCCTTGCGGCCGTACTCCCCAGGCGGAATGCTTAATG
CGTTAGCTGCAGCACTGAAGGGCGGAAACCCTCCAACACTTAGCATTTCATCGTTTACGG
TATGGACTACCAGGGTATCTAATCCTGTTTGCTACCCATACTTTTCGAGCCTCAGCGTCAGT
TACAGACCAGACAGCCGCCTTCGCCACTGGTGTCTTCCATATATCTACGCATTTACCG
CTACACATGGAGTTCCACTGTCCTCTTCTGCACTCAAGTTTCCCAGTTTCCGATGCACTT
CTTCGGTTGAGCCGAAGGCTTTCACATCAGACTTAAAAAACCGCCTGCGCTCGCTTTAC
GCCAATAAATCCGGACAACGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGGCTGCTGGCACGTAG
TTAGCCGTGGCTTTCTGGTTAAATACCGTCAATACCTGAACAGTTACTCTCAGATATGTTT
TTCTTTAACAACAGAGTTTTACGAGCCGAAACCCTTCTTCACTCACGCGGCGTTGCTCCA
TCAGACTTTCGTCCATTGTGGAAGATTCCCTACTGCTGCCTCCCGTAGGAGTTTGGGCCG
TGTCTCAGTCCCAATGTGGCCGATTACCTCTCAGGTCGGCTACGTATCATTGCCATGGT
GAGCCGTTACCCACCATCTAGCTAATACGCCGCGGGACCATCCAAAAGTGATAGCCGA
AGCCATCTTTCAAGCTCGGACCATGCGGTCCAAGTTGTTATGCGGTATTAGCATCTGTTT
CCAGGTGTTATCCCCCGCTTCTGGGCAGGTTTCCCACGTGTTACTCACCAGTTCGCCACT
CACTCAAATGTAAATCATGATGCAAGCACCAATCAATACCAGAGTC
```

[0035] 将序列导入 NCBI 进行 BLAST 同源性比对，结果显示，菌株 LYA31 与植物乳杆菌相似度达 100%（图 2）。结合形态学及生化实验结果，将菌株 LYA31 鉴定为植物乳杆菌（*Lactobacillus plantarum*）。将其 16S rDNA 序列上传 NCBI，获得登录号 MT998495。

说明书

[0036] 实例 2: 植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*) LYA31 发酵性能测试。

[0037] 1) 产酸能力: 将菌株LYA31活化后在MRS液体培养基中37℃培养18h, 按2%接种量接种至盛有30mL MRS液体培养基的三角瓶中, 37℃培养48h, 参照GB/T 5009.51-2003中4.6操作测定发酵液总酸含量, 同时测定其pH。

[0038] 菌株LYA31产酸能力测试结果如表2所示。由表2可知, 菌株LYA31产酸能力较强, 于MRS液体培养基中培养48h后, 发酵液总酸含量达到1.94g/100mL, 其pH也相应较低。

表2 菌株LYA31产酸能力测试结果

时间	pH	总酸 (g/100mL)
24h	3.75±0.01	1.84±0.04
48h	3.71±0.00	1.94±0.03
72h	3.71±0.01	1.94±0.03
96h	3.72±0.01	1.90±0.08
120h	3.73±0.00	1.94±0.03

[0039] 2) NaNO₂降解能力: 将菌株LYA31活化后在MRS液体培养基中37℃培养18h, 按2%接种量接种至盛有30mL含有125μg/mL NaNO₂的MRS液体培养基的三角瓶中, 37℃培养48h后, 参照GB 5009.33-2016测定发酵液NaNO₂含量。

[0040] 经测定, 菌株LYA31具有较强的NaNO₂降解能力, 于MRS液体培养基中培养48h后, 降解率为69.67%。

[0041] 实例 3: 植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*) LYA31 在泡菜发酵中的应用。

[0042] 1) 泡菜的制作: 将新鲜萝卜清洗、沥干, 切分为长宽高约为2~4cm的块状后置于泡菜坛中, 与6%盐水1:1 (w/v) 混合, 按盐水体积0.2%接种菌株LYA31为试验组, 以不接种自然发酵为空白对照组, 密封后, 于30℃发酵5d。

[0043] 2) 感官评定: 选取 10 名具有食品专业背景的研究生组成感官鉴评小组, 按照表 3 感官评分标准, 对不同处理组泡菜的色泽与形态、香气、质地、滋味进行打分 (总体得分=色泽与形态×20%+香气×20%+质地×30%+滋味×30%)。

表 3 泡菜感官评分标准

指标	评判标准	评分
色泽与形态 (20%)	泡菜汁清亮, 新鲜有光泽, 大小均匀一致, 无杂质异物, 无霉花浮膜	9-10
	泡菜汁较清亮, 泡菜较新鲜	6-8
	泡菜汁较清亮, 泡菜稍变色	3-5
	泡菜汁浑浊, 泡菜变色, 蔫软, 有霉花浮膜	0-2

说明书

香气 (20%)	具有本产品固有的香气 (如菜香), 或具有发酵型香气及辅料添加后的复合香气 (如酱香、酯香等), 无不良气味及其他异味	9-10
	无刺激气味, 泡菜香味清香	6-8
	稍有刺激气味, 泡菜香味较淡	3-5
	有刺激气味, 无泡菜香味	0-2
质地 (30%)	组织细嫩, 质地清脆, 爽口宜人	9-10
	组织细嫩, 清脆度一般, 爽口	6-8
	组织较细嫩, 清脆度一般	3-5
	组织粗糙, 清脆度差, 绵软	0-2
滋味 (30%)	泡菜味道鲜美, 酸、咸、甜味爽口宜人	9-10
	有泡菜鲜味, 酸、咸、甜味适中, 无异味	6-8
	酸、咸、甜味尚可, 泡菜鲜味一般	3-5
	无鲜味, 有苦涩味道, 有异味	0-2

[0044] 泡菜感官得分结果如表 4 所示。由表 4 可知, 接种菌株 LYA31 发酵的泡菜在香气及滋味方面均明显优于自然发酵泡菜 ($P < 0.05$), 总体感官得分显著高于自然发酵泡菜 ($P < 0.05$), 说明产双乙酰植物乳杆菌 LYA31 能够提高泡菜感官品质。

表 4 泡菜感官得分

组别	形态与色泽	香气	质地	滋味	总分
LYA31	1.56 ± 0.08^a	1.90 ± 0.10^a	2.61 ± 0.14^a	2.85 ± 0.15^a	8.92 ± 0.22^a
自然发酵	1.58 ± 0.06^a	1.7 ± 0.10^b	2.55 ± 0.15^a	2.52 ± 0.15^b	8.35 ± 0.17^b

注: 同列小写字母不同, 表示差异显著 ($P < 0.05$)。

[0045] 3) 泡菜双乙酰含量测定: 经测定接种 LYA31 发酵的泡菜中双乙酰含量为 16.12mg/L, 自然发酵的泡菜中双乙酰含量为 8.21mg/L, 接种 LYA31 发酵使泡菜中双乙酰含量提高了 96.35%。

[0046] 4) 泡菜挥发性风味物质测定: 采用顶空固相微萃取-气质联用 (HS-SPME-GC-MS) 测定自然发酵泡菜及接种 LYA31 发酵泡菜的挥发性风味物质。结果如表 5 所示。由表 5 可知, 测得接种 LYA31 发酵泡菜中挥发性风味物质 47 种, 自然发酵 34 种。接种 LYA31 发酵提高了泡菜挥发性风味物质的种类及相对含量。

表 5 泡菜挥发性风味物质相对含量 (%)

	物质名称	自然发酵	LYA31
烷烃类	2-甲基-2- (甲基硫烷基) 丁烷	0.080	
	十一烷	0.051	

说 明 书

	环八硫烷	0.032	0.046
	3,7-二甲基十一烷		0.099
	1,3-二噁烷		0.114
	6-甲基十三烷		0.049
烯烃类	2-庚烯	0.045	
	长叶烯	0.080	
	顺-3-己烯		0.090
	(E)-1,5-庚二烯		0.312
	(+)- α -长叶蒎烯		0.418
	长叶烯		16.758
	1-石竹烯		0.731
	α -石竹烯		0.091
酸类	2,3-环氧丁酸	0.330	
	己酸		0.779
	庚酸		0.095
	十三酸		0.053
醇类	反式-2-庚烯-1-醇	0.568	
	苯乙醇	1.686	3.879
	1-辛醇	0.163	
	1-戊烯-3-醇		0.601
	顺-2-戊烯-1-醇		0.689
	3-氯-2,2-二甲基-1-丙醇		0.585
	(+)-p-薄荷-1-烯-9-醇		0.025
	芳樟醇		0.323
醛类	己醛	0.600	
	反式-2-己烯醛	0.302	
	苯甲醛	0.347	0.266
	2,2-二甲基-4-庚醛	0.186	
	苯乙醛	0.668	0.163
	壬醛	0.289	
	2,4-二甲基苯甲醛	5.739	
	(E,E)-2,4-庚二烯醛		0.162
	2,5-二甲基苯甲醛		0.115
	3,4-二甲基苯甲醛		0.080
	3,5-二甲基苯甲醛		8.040
酮类	6-甲基-吡喃-3-酮	0.171	
	苯乙酮	0.036	
	1-(甲硫基)-3-戊酮	0.088	
酯类	乙酸异戊酯	0.086	
	DL-甘油醛酸二乙酯	0.156	
	3-丁烯基异硫氰酸酯	0.278	
	乙酸苯乙酯	0.400	0.322
	α -戊基- γ -丁内酯	0.030	0.055
	1-异硫代氰酸丁酯	0.783	0.360
	硫氰酸吡啶-3,6-二烷基酯	0.013	
	2,2-二甲基丁酸甲酯		0.278
	硅酸四乙酯		0.270
	1-氯乙酸壬酯		0.122
	异硫氰酸乙酯		0.140
	丙烯酸 2-乙基己酯		0.442
	3-甲基庚基乙酸酯		0.030

说 明 书

	琥珀酸-2-庚基-2-乙基己酯		0.065
醚类	邻苯二甲醚	0.026	0.029
	4-乙基苯酚	0.532	1.906
酚类	2,4-二叔丁基苯酚	0.748	0.582
	4-甲氧基苯酚		0.125
	二甲基二硫	37.044	27.357
硫化物	二甲基三硫	5.183	1.443
	己硫胺		0.040
	二甲基亚砷		0.934
芳香化合物	对甲苯腈	0.041	
	2-乙酰基噻唑	0.191	
	4-羟基苯并呋喃	0.099	
其他类	2-乙酰基呋喃		0.107
	2-乙酰基噻唑		0.146
	长环素		1.340
	(±)- α -氨基- ϵ -己内酰胺		0.203

[0047] 以上的实例仅仅是对本发明的实施方式进行描述，而并非对本发明的范围进行限定，对于本领域的技术人员来说，可以对上述说明进行改进或变形，但所有的这些改进或变形均应落入本发明的权利要求确定的保护范围。