



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116008572 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 25

(21) 申请号 202310173545.1

A23L 3/358 (2006.01)

(22) 申请日 2023.02.28

A23L 3/349 (2006.01)

A23L 15/00 (2016.01)

(71) 申请人 湖北省农业科学院畜牧兽医研究所

地址 430064 湖北省武汉市洪山区南湖瑶苑特4号畜牧所

(72) 发明人 孙静 杜金平 申杰 皮劲松

杨雪 贾鸣 梁振华 吴艳

潘爱奎 黄涛 付明

(74) 专利代理机构 广州蓝晟专利代理事务所

(普通合伙) 44452

专利代理师 栾洋洋

(51) Int. Cl.

G01N 33/92 (2006.01)

G01N 33/08 (2006.01)

A23L 3/3472 (2006.01)

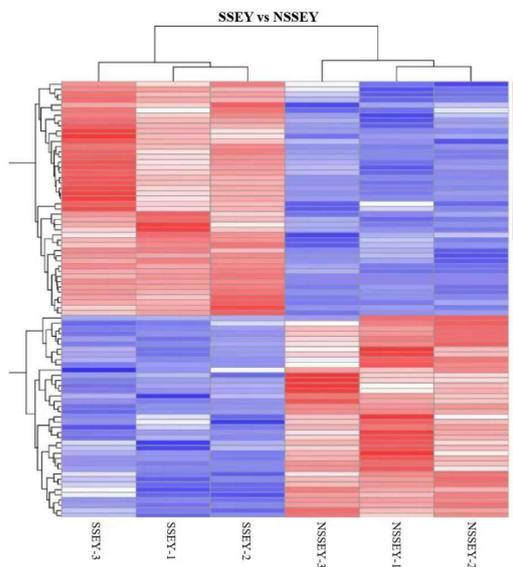
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

咸蛋黄泥化的标志物及其应用

(57) 摘要

本发明公开了咸蛋黄泥化的标志物及其应用,涉及禽蛋加工技术领域。本发明通过研究发现高密度脂蛋白可以作为检测咸蛋黄泥化状况的标志物,可以用于判断咸蛋黄泥化状况的动态情况;检测结果可以为加工企业制定咸蛋黄加工方案提供依据,提高咸蛋黄的品质与口感。在咸蛋腌制过程中加入抗氧化剂,能改善咸蛋黄颗粒变细、质地变软、弹性变差的泥化劣变现象。



1. 高密度脂蛋白作为检测咸蛋黄泥化状况的标志物中的应用。
2. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于:所述高密度脂蛋白选自亚基载脂蛋白C3、载脂蛋白H、载脂蛋白A1和载脂蛋白A4中的一种或几种。
3. 一种检测咸蛋黄泥化状况的试剂盒,其特征在于:该试剂盒中含有能够定量检测高密度脂蛋白氧化程度的试剂。
4. 根据权利要求3所述的试剂盒,其特征在于:该试剂盒中含有能够定量检测高密度脂蛋白脂质代谢氧化产物的试剂。
5. 根据权利要求4所述的试剂盒,其特征在于:所述高密度脂蛋白脂质代谢氧化产物包括脂质初级氧化产物,用共轭二烯值CDA表示,和/或,脂质次级氧化产物,用丙二醛MDA表示。
6. 如权利要求3-5任一项所述的试剂盒在检测咸蛋黄泥化状况中的应用。
7. 抗氧化剂在防止高密度脂蛋白过度氧化致咸蛋黄泥化中的应用。
8. 一种预防咸蛋黄泥化的方法,其特征在于:在咸蛋腌制过程中,向其中加入防止高密度脂蛋白过度氧化的抗氧化剂。
9. 根据权利要求8所述的预防咸蛋黄泥化的方法,其特征在于:所述抗氧化剂为 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物中的一种或多种。
10. 根据权利要求9所述的预防咸蛋黄泥化的方法,其特征在于:所述抗氧化剂为 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物的混合物。

## 咸蛋黄泥化的标志物及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及禽蛋加工技术领域,具体涉及一种咸蛋黄泥化的标志物及其应用。

### 背景技术

[0002] 咸鸭蛋通常在20℃-25℃下腌制,每逢端午或中秋节前,加工企业为了快速备货,常采用提高腌制温度的方式快速腌制周期。而温度是影响生化反应的重要因素之一,如脂肪酶、蛋白酶等酶活性对温度变化及其敏感,研究表明温度还能影响蛋清和蛋黄的pH值、蛋黄膜强度,温度高于30℃时,蛋黄中干物质、蛋白质、纤维和蛋黄膜强度明显下降,蛋黄粘度也随温度升高而改变。现有技术中,为达到快速腌制的目的,腌制温度一般会被升高至30℃以上,有的高达45℃,会导致咸蛋品质下降,如蛋白过咸、蛋白发黄、蛋黄稀软等,也有报道称咸蛋在贮藏过程中也会出现这种蛋黄泥化现象,如图1所示。

[0003] 如图2所示,通过在场发射扫描电镜500倍和1000倍视野下,发现正常咸鸭蛋黄(NSSEY)颗粒脱水脱脂,呈现皱缩状态,蛋黄颗粒尺寸较大,颗粒间分散排布;而泥化后的咸鸭蛋黄(SSEY)颗粒明显变小,聚集排布,颗粒表面变光滑。且泥化后的咸蛋黄色泽较暗,呈现较深橙褐色,pH由中性转为咸蛋黄的弱酸性的趋势,同时泥化后的咸蛋黄的硬度、弹性、黏附性、内聚性和咀嚼性均显著小于正常咸蛋黄,严重影响咸蛋的品质和口感。

[0004] 然而,目前针对由升高腌制温度造成咸蛋品质下降的原因仍不清楚,导致无法从根本上解决咸蛋黄泥化的现象,无法确保咸蛋的品质。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种咸蛋黄泥化的标志物及其应用,旨在解决上述背景技术中存在的问题。

[0006] 为了实现上述技术目的,本发明主要采用如下技术方案:

[0007] 第一方面,本发明公开了高密度脂蛋白作为检测咸蛋黄泥化状况的标志物中的应用。

[0008] 在一些具体的实施例中,所述高密度脂蛋白选自亚基载脂蛋白C3、载脂蛋白H、载脂蛋白A1和载脂蛋白A4中的一种或几种。

[0009] 第二方面,本发明公开了一种检测咸蛋黄泥化状况的试剂盒,该试剂盒中含有能够定量检测高密度脂蛋白氧化程度的试剂。

[0010] 进一步的,该试剂盒中含有能够定量检测高密度脂蛋白脂质代谢氧化产物的试剂。

[0011] 更进一步的,所述高密度脂蛋白脂质代谢氧化产物包括脂质初级氧化产物,用共轭二烯值CDA表示,和/或,脂质次级氧化产物,用丙二醛MDA表示。

[0012] 第三方面,本发明公开了如第二方面所述的试剂盒在检测咸蛋黄泥化状况中的应用。

[0013] 第四方面,本发明公开了抗氧化剂在防止高密度脂蛋白过度氧化致咸蛋黄泥化中

的应用。

[0014] 第五方面,本发明公开了一种预防咸蛋黄泥化的方法,在咸蛋腌制过程中,向其中加入防止高密度脂蛋白过度氧化的抗氧化剂。

[0015] 在一些实施例中,所述抗氧化剂为 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物中的一种或多种。

[0016] 进一步的,所述抗氧化剂为 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物的混合物。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0018] 本发明发现高密度脂蛋白可作为检测咸蛋黄泥化状况的标志物,可以用于判断咸蛋黄泥化状况的动态情况;检测结果可以为加工企业制定咸蛋黄加工方案提供依据,提高咸蛋黄的品质与口感。

[0019] 咸蛋黄在腌制过程中,通过向其中加入抗氧化剂,制得的咸蛋能改善咸蛋黄颗粒变细、质地变软、弹性变差的泥化现象。加入 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物均为天然抗氧化剂,既具有脂溶性,也具有水溶性,能在咸蛋腌制过程中较快的溶解于蛋白(水分含量高)和蛋黄(脂质含量高)中。蛋黄、蛋白中的水分随着腌制进行而往蛋外逸出、为盐分和抗氧化剂的渗入提供更多空间,物质的一出一进在蛋内水-盐-抗氧化物的物质交换形成了动态平衡,这可以保障抗氧化物质较快的到达蛋黄并较早的介入蛋黄在高温胁迫下的过度氧化抑制反应。同时迷迭香提取物特有的香味可以掩蔽鸭蛋的腥味,上述抗氧化剂组合还可以显著降低蛋制品中腥味物质,如己醛、1-辛烯-3-醇含量下降了100%和79.97%,庚醛、辛醛、壬醛和癸醛分别下降100%、70.37%、51.43%和42.11%。上述抗氧化剂组合还具有护色作用,可以防止高温胁迫造成蛋黄 $\beta$ -胡萝卜素、斑蝥黄等黄色素的氧化崩解。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1为咸蛋黄泥化与正常咸蛋黄的剖面直观对比图;

[0022] 图2为500倍和1000倍放大下的SSEY与NSSEY微观电镜图;

[0023] 图3为NSSEY与SSEY差异蛋白表达水平聚类图;

[0024] 图4为NSSEY与SSEY下调蛋白KEGG富集通路气泡图;

[0025] 图5为NSSEY与SSEY上调蛋白KEGG富集通路气泡图;

[0026] 图6为添加抗氧化剂与未添加抗氧化剂的咸蛋黄剖面感官状态与泥化现象对比图;其中,A:添加0.3% $\alpha$ -硫辛酸;B:添加0.3%植物甾醇;C:添加0.3%迷迭香提取物;D:不添加抗氧化剂的对照;

[0027] 图7为添加抗氧化剂与未添加抗氧化剂的咸蛋黄泥化率对比图;其中,A:添加0.3% $\alpha$ -硫辛酸;B:添加0.3%植物甾醇;C:添加0.3%迷迭香提取物;D:不添加抗氧化剂的对照。

[0028] 图8为添加抗氧化剂与未添加抗氧化剂的咸蛋黄的流变特性图;其中,图8-1:反应样品固体特征的 $G'$ 变化图;8-2:反应样品液体特征的 $G''$ 变化图;8-3:损耗角正切 $G''$ 和 $G'$ 的

比值变化图,且:A:添加0.3% $\alpha$ -硫辛酸;B:添加0.3%植物甾醇;C:添加0.3%迷迭香提取物;D:不添加抗氧化剂的对照。

### 具体实施方式

[0029] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本申请保护的范围。

[0030] 针对由升高腌制温度造成咸蛋品质下降的现象,本试验系统研究了脂质氧化程度与蛋白质降解情况等物质组成变化,同时也探讨了泥化蛋黄(即泥黄,SSEY)的质构特性、流变特性、粒径分布等性质的变化,以期解析高温胁迫下咸蛋黄泥化现象的发生原因。

[0031] 具体的,本发明公开了高密度脂蛋白作为检测咸蛋黄泥化状况的标志物中的应用。

[0032] 在一些具体的实施例中,所述高密度脂蛋白选自亚基载脂蛋白C3、载脂蛋白H、载脂蛋白A1和载脂蛋白A4中的一种或几种。

[0033] 第二方面,本发明公开了一种检测咸蛋黄泥化状况的试剂盒,该试剂盒中含有能够定量检测高密度脂蛋白氧化程度的试剂。

[0034] 进一步的,该试剂盒中含有能够定量检测高密度脂蛋白脂质代谢氧化产物的试剂。

[0035] 更进一步的,所述高密度脂蛋白脂质代谢氧化产物包括脂质初级氧化产物,用共轭二烯值CDA表示,和/或,脂质次级氧化产物,用丙二醛MDA表示。

[0036] 第三方面,本发明公开了如第二方面所述的试剂盒在检测咸蛋黄泥化状况中的应用。

[0037] 第四方面,本发明公开了抗氧化剂在防止高密度脂蛋白过度氧化致咸蛋黄泥化中的应用。

[0038] 第五方面,本发明公开了一种预防咸蛋黄泥化的方法,在咸蛋腌制过程中,向其中加入防止高密度脂蛋白过度氧化的抗氧化剂。

[0039] 在一些实施例中,所述抗氧化剂为 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物中的一种或多种。

[0040] 进一步的,所述抗氧化剂为 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物的混合物。

[0041] 下面结合具体实施例对本发明作进一步的说明,但并不局限于此。

[0042] 实施例1

[0043] 为了研究检测咸蛋黄泥化状况的标志物,本申请利用Label-free定量蛋白组检测技术在咸蛋黄中共定量鉴定到244种蛋白质。相比NSSEY,SSEY中丰度显著上调的差异蛋白有糖基磷脂酰肌醇特异性磷脂酶D、羧肽酶B、ApoA4、玻连蛋白等40种( $FC > 1.2$ ),下调的有小碱性蛋白、富含半胱氨酸结构域的可溶性蛋白质、载脂蛋白A1、载脂蛋白C3、载脂蛋白H、载脂蛋白B100等56种,其中作为高密度脂蛋白的组成亚基的载脂蛋白A1等在SSEY中丰度显著下调,说明高密度脂蛋白对SSEY影响较大,如表1、图3所示。其可能是SSEY中差异蛋白通

过KEGG通路中的ECM-受体互作途径和表面黏着途径升高了玻连蛋白丰度,通过糖基磷脂酰肌醇GPI锚定生物合成途径、PPAR信号通路和肌动蛋白细胞骨架的调节途径降低了载脂蛋白C3和载脂蛋白A1的丰度。

[0044] 表1:差异载脂蛋白种类与显著性

	Description	FC	p value	log2FC	Regulated Type	Source
	载脂蛋白 C3	2.38	0.01	1.25	上调	高密度脂蛋白
[0045]	载脂蛋白 H	1.61	0.01	0.69	上调	高密度脂蛋白
	载脂蛋白 B-100	1.33	0	0.41	上调	低密度脂蛋白
	载脂蛋白 A1	Inf	0	Inf	上调	高密度脂蛋白
	载脂蛋白 A4	0.61	0	-0.7	下调	高密度脂蛋白

[0046] 因此,咸蛋黄泥化的本质是热胁迫和盐胁迫下的蛋黄高密度脂蛋白的过度氧化,造成高密度脂蛋白的亚基载脂蛋白氧化崩解,使蛋黄质构变稀软、黏粘,微观颗粒变小、持水性降低。控制咸蛋黄在腌制过程中的氧化程度可以提高咸蛋黄品质。

[0047] 对KEGG通路进行搜库发现差异蛋白参与了13个KEGG通路如图4和图5所示。其中结合蛋黄宏观特性变化相关的具有显著代表性的通路,下调蛋白(NSSEY<SSEY)中富集到 $-\log(p\ value) > 1$ 的KEGG通路有ECM-受体互作途径(map04512)和表面黏着途径(map04510),如图4所示,SSEY通过这两个途径升高了玻连蛋白(Vitronectin,Vn)丰度;上调蛋白(NSSEY>SSEY)中富集到 $-\log(p\ value) > 1$ 的KEGG通路有糖基磷脂酰肌醇(GPI)锚定生物合成途径(map00563)、PPAR信号通路(map03320)和肌动蛋白细胞骨架的调节途径(map04810),如图5所示,降低了糖基磷脂酰肌醇特异性磷脂酶D1、载脂蛋白C3、载脂蛋白A1和明胶的丰度。

[0048] 因此,高密度脂蛋白作为检测咸蛋黄泥化状况的标志物。

[0049] 实施例2

[0050] 在端午、中秋等节令时间企业常采用提高腌制温度或调整压力(实质也是升高温度)的方法快速腌制咸蛋,但升高腌制温度会引起咸蛋黄泥化严重的问题,既影响咸蛋外观品质、又影响咸蛋口感。

[0051] 抗氧化剂被广泛应用于食品加工中,具有优越的抗氧化性能。在加工贮藏过程中添加天然动植物来源的抗氧化剂可有效抑制的蛋白质组分和脂质组分的氧化发生机率,其中研究常见应用是在腌肉的保色和鱼肉凝胶保水方面,应用在蛋品腌制方面的研究极少。发酵广式腊肠加工过程中脂质氧化特性时发现过氧化值、TBA值等和脂肪含量正相关,说明酸败程度和脂肪氧化程度的变化趋势一致;蛋黄果多酚具有1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基DPPH $\cdot$ 、羟自由基 $\cdot$ OH、超氧阴离子自由基 $O_2^{\cdot-}$ 具有较好的清除能力; $\alpha$ -硫辛酸可通过其含有的羟基与蛋白质发生氢键、疏水相互作用等而具有蛋白质亲和性(Xue H 2021)。有研究表明 $\alpha$ -硫辛酸可与提升蛋清蛋白(Xue H 2021)、大豆分离蛋白、肌原纤维蛋白、玉米醇溶蛋白等蛋白质的抗氧化性能、凝胶性能和消化性能。 $\alpha$ -硫辛酸还具有良好的抑菌性。植物甾醇是一种在植物来源的脂质抗氧化剂。可将植物甾醇应用于蛋鸡饲料中,蛋黄颜色显著加深、蛋黄中丙二醛含量显著降低,可提高蛋黄的抗氧化性能。迷迭香提取物也具有相应抗氧化作用,常被添加到食品或饲料中,有抑菌、抗氧化和改善人或动物肠道健康的功能。但未见将硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物作为咸蛋腌制助剂应用在蛋加工领域。

[0052] 为预防咸蛋黄泥化,在咸蛋腌制过程中,向其中加入防止高密度脂蛋白过度氧化

的抗氧化剂。本申请将 $\alpha$ -硫辛酸(A组)、植物甾醇(B组)、迷迭香提取物(C组)这三种天然抗氧化剂添加到咸蛋腌制剂中来加工咸蛋,比较它们对咸蛋内质、特别是蛋黄质构特性、流变特性和粒径分布的影响,探讨了在咸蛋加工中使用抗氧化剂提高咸蛋黄内部品质的可行性与可操作性(不加抗氧化剂记为对照组或D组)。

[0053] 表2:咸蛋感官评价标准

项目	指标	评分
蛋壳 (10 分)	蛋壳干净完整、无明显污迹无有色斑块, 无裂纹	8-10
	蛋壳完整, 有少量有色斑块	5-7
	蛋壳因内容物膨胀而形成裂纹, 蛋壳有少量或大量有色斑块	0-4
蛋白 (30 分)	蒸煮后蛋白完整, 乳白色, 不粘壳, 蛋白无“蜂窝状”现象	20-30
	咸蛋白略变色发黄、鲜嫩、无蜂窝状	10-19
	咸蛋白严重变色变黄、质地硬而脆、有蜂窝状	0-9
蛋黄 (30 分)	粗砂、颗粒感强、无泥化、无明显水渗出	25-30
	有砂质感、但一般, 蛋黄无泥化或少有泥化	15-24
	外层部分蛋黄有砂质感, 蛋黄泥化严重, 质地较稀	5-14
	蛋黄无砂质感, 整个蛋黄板结发硬、无分层或与鲜蛋接近	0-4
风味 (30 分)	咸度适中, 入口有咸蛋特有的咸香风味	20-30
	咸度偏咸, 入口有咸蛋特有的咸香风味	10-19
	咸度很咸色口, 以脂肪过度氧化油蛤味, 无咸蛋特有风味	0-9

[0055] 1、咸蛋感官品质评价

[0056] 蛋壳、蛋白、蛋黄及风味四项指标的感官评分如表3所示。各组评分值: $\alpha$ -硫辛酸>迷迭香提取物>植物甾醇>对照,差异具有显著性( $p<0.05$ ),未见抗氧化剂对咸蛋壳有消极影响; $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组蛋白咸度适宜,两组之间差异不显著,迷迭香提取物、对照组咸度略大(25.00、23.30), $\alpha$ -硫辛酸、迷迭香提取物、植物甾醇三组蛋白感官显著强于对照组( $p<0.05$ );蛋黄组间具有显著差异,对照组蛋黄多出现泥化现象, $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物组泥化比例显著降低, $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组蛋黄松沙质感明显,迷迭香提取物组松沙感强,但出油量较 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组少( $p<0.05$ )。综合风味方面,4组咸蛋无不宜人气味,差异不大。

[0057] 表3:咸蛋感官评分情况

	A $\alpha$ -硫辛酸	B 植物甾醇	C 迷迭香提取物	D 对照
蛋壳	10.00±0.00 <sup>a</sup>	10.00±0.00 <sup>a</sup>	10.00±0.00 <sup>a</sup>	9.80±0.00 <sup>b</sup>
蛋白	28.50±0.50 <sup>a</sup>	28.20±0.50 <sup>a</sup>	25.00±0.50 <sup>b</sup>	23.30±0.50 <sup>c</sup>
蛋黄	28.60±0.30 <sup>a</sup>	28.00±0.30 <sup>a</sup>	23.80±0.00 <sup>b</sup>	20.20±0.20 <sup>c</sup>
风味	27.30±0.70 <sup>a</sup>	26.50±0.20 <sup>b</sup>	26.30±0.10 <sup>b</sup>	26.20±0.10 <sup>b</sup>
总分	94.40±0.38 <sup>a</sup>	92.70±0.25 <sup>b</sup>	85.10±0.15 <sup>c</sup>	79.50±0.20 <sup>d</sup>

[0059] 注:同一行中不同的上标字母表示存在显著性差异( $p<0.05$ )。

[0060] 2、咸蛋泥化率的观测

[0061] 咸蛋品质的好坏很大程度由咸蛋黄品质决定,咸蛋黄是否泥化对咸蛋黄品质影响极大。咸蛋黄是否泥化及感官状态可从图6看到,观测统计泥化率见表4、图7。抗氧化剂的添加对泥化率有显著影响, $\alpha$ -硫辛酸、迷迭香提取物、植物甾醇组蛋黄泥化发生率较对照组明显缩小(1.00%、2.00%、8.00%,对照52.00%) ( $p<0.05$ )。添加抗氧化剂后,泥化发生率可显著降低到1%。现有研究未见对腌制工艺对咸蛋泥化发生率影响的报导。

[0062] 表4:咸蛋黄的泥化发生比例与泥化质量比

	A $\alpha$ -硫辛酸	B 植物甾醇	C 迷迭香提取物	D 对照
[0063] 泥化率/%	1.00±0 <sup>d</sup>	2.00±0 <sup>c</sup>	8.00±0 <sup>b</sup>	52.00±1.00 <sup>a</sup>

[0064] 注:同一行中不同的上标字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### [0065] 3、咸蛋黄质构特性的分析

[0066] 各组蛋黄包括硬度、弹性、咀嚼性在内的质构特性测定结果如表5所示。硬度、弹性、咀嚼性三个指标都均有 $\alpha$ -硫辛酸、迷迭香提取物、植物甾醇显著大于对照组的规律。咀嚼性组间差异显著。质构指标之间的相关性结果见表5,咸蛋黄的弹性、硬度、咀嚼性具有极强的正相关性,r值分别为0.99、0.96、0.93。泥化与否对蛋黄质构影响非常大:泥化发生率与硬度、弹性、咀嚼性相关性分别为0.96、0.94、0.99,泥化质量比,即泥化程度与硬度、弹性、咀嚼性相关性分别为0.94、0.90、0.99。泥化发生多且泥化程度大的D组蛋黄硬度、弹性、咀嚼性均显著小于抗氧化剂组蛋黄。这说明添加抗氧化与否对咸蛋黄的质构特性影响很大,抗氧化剂种类对质构也存在一定影响。

[0067] 表5:咸蛋黄的质构特性

	A $\alpha$ -硫辛酸	B 植物甾醇	C 迷迭香提取物	D 对照
[0068] 蛋黄硬度/N	8.30±0.06 <sup>a</sup>	6.59±0.18 <sup>b</sup>	4.78±0.02 <sup>c</sup>	4.16±0.02 <sup>c</sup>
蛋黄弹性	0.43±0.01 <sup>a</sup>	0.35±0 <sup>b</sup>	0.28±0 <sup>c</sup>	0.22±0.01 <sup>d</sup>
蛋黄咀嚼性/g·mm	95.93±2.14 <sup>a</sup>	52.41±0.87 <sup>b</sup>	34.71±0.09 <sup>c</sup>	32.07±0.17 <sup>d</sup>

[0069] 注:同一行中不同的上标字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### [0070] 4、咸蛋黄流变特性的分析

[0071] 流变学可以用以描述样品的流动性能和变形性能, $G'$ 变化可反映物质弹性特征,即固体特征, $G''$ 是反映物质粘性特征,即液体特征,损耗角正切为 $G''$ 和 $G'$ 的比值。具体情况见图8中图8-1、图8-2、图8-3所示。

[0072] 在变温定频扫描时,由图8-1可知,当温度不高于80℃时,添加了抗氧化剂腌制作的咸蛋黄 $G'$ 大体比对照组的高,添加抗氧化剂的咸蛋黄在此阶段表现出更明显的弹性特点,即偏固体的特性,且添加 $\alpha$ -硫辛酸的组更为明显。在80℃后,对照组 $G'$ 和 $G''$ 快速上升,表现出更弱的热抵抗性,在高温下更容易变性,而增加抗氧化剂的实验组则是变化相对平缓且快速上升温度较为滞后,表现出更优的热抵抗性,其规律与前面正常咸蛋相似,可以看出添加抗氧化剂可以较好的防止咸蛋向泥化状态劣变,且添加 $\alpha$ -硫辛酸的实验组效果更好。

### [0073] 5、咸蛋黄粒径的分析

[0074] 不同咸蛋黄粒径变化结果如表6所示,由表6可知, $\alpha$ -硫辛酸、迷迭香提取物、植物甾醇的粒径明显大于对照组且具有显著性差异,对照组的咸蛋由于自身的降解以及解聚行为呈粒径显著减小,而添加抗氧化剂组的咸蛋接近正常咸蛋的粒径,颗粒较大,通过对比,添加 $\alpha$ -硫辛酸的组咸蛋状态更接近正常咸蛋,效果优于添加迷迭香提取物和植物甾醇。

[0075] 表6:不同咸蛋黄粒径变化

样品	粒径/nm	PDI
[0076] A $\alpha$ -硫辛酸	5422.33±70.55 <sup>a</sup>	0.37±0.08 <sup>a</sup>
B 植物甾醇	4852±62.05 <sup>b</sup>	0.3±0.04 <sup>a</sup>
C 迷迭香提取物	4697±128.56 <sup>b</sup>	0.51±0.02 <sup>b</sup>
D 对照	3494.67±22.98 <sup>c</sup>	0.41±0.03 <sup>ab</sup>

[0077] 注:同一列中不同的上标字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

## [0078] 6、咸蛋黄色度值的分析

[0079] 咸蛋黄的色度值 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 测定结果见表7。 $L^*$ 值： $\alpha$ -硫辛酸>植物甾醇>迷迭香提取物>对照,这可能是 $\alpha$ -硫辛酸、迷迭香提取物、植物甾醇组蛋黄渗油量多,油滴反光造成的亮度值升高,出油越多、反光越明显、 $L^*$ 更大。

[0080]  $a^*$ 值反映的是蛋黄偏红或偏绿的程度, $a^*$ 值： $\alpha$ -硫辛酸>迷迭香提取物>植物甾醇, $\alpha$ -硫辛酸组蛋黄最红, $a^*$ 值降低可能是腌制温度的升高促使蛋黄劣变泥化发展,降低了蛋黄的较亮的红色色泽,添加抗氧化剂后蛋黄的泥化现象有所缓解和改善,蛋黄色泽从D组的偏深偏暗的色泽又向橙红色转变,其中A组咸蛋的亮度最大,红值最高,色度值最大,这可能还与 $\alpha$ -硫辛酸保护蛋黄中色素免于氧化降解有关,这结果证明了 $\alpha$ -硫辛酸优越的促类胡萝卜素发色和护色作用。

## [0081] 表7:咸蛋黄的色度值测定情况

	A $\alpha$ -硫辛酸	B 植物甾醇	C 迷迭香提取物	D 对照
[0082] $L^*$	72.78±1.12 <sup>a</sup>	66.78±0.17 <sup>b</sup>	62.12±0.22 <sup>c</sup>	59.03±0.11 <sup>d</sup>
$a^*$	14.30±0.05 <sup>a</sup>	10.32±0.15 <sup>c</sup>	10.26±0.06 <sup>c</sup>	8.97±0.12 <sup>c</sup>
$b^*$	54.30±0.11 <sup>a</sup>	51.51±0.27 <sup>b</sup>	47.99±0.45 <sup>c</sup>	43.69±0.13 <sup>c</sup>
$\Delta E$	91.92±0.13 <sup>a</sup>	84.97±0.35 <sup>b</sup>	79.17±0.50 <sup>c</sup>	73.99±0.21 <sup>d</sup>

[0083] 注:同一行中不同的上标字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

## [0084] 7、咸蛋黄氧化产物分析

[0085] 脂质初级氧化产物用共轭二烯酸值 (CDA) 表示,脂质次级氧化产物用丙二醛 (MDA) 代表,结果见表8。

[0086] 添加抗氧化剂的 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组咸蛋黄的CDA值较对照组减少30%以上,这说明脂肪初级氧化反应得到了一定的抑制,且A组抑制效果更好, $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组较对照组的 $\Delta$ CDA分别为显著降低了37.50%和31.25% ( $p < 0.05$ )。 $\alpha$ -硫辛酸强效抑制咸蛋黄脂质氧化,究其原因,有两点。一是 $\alpha$ -硫辛酸本身良好的抗氧化性,二是源自其可抑制微生物增殖的抑菌性,抑菌能减少微生物生长时消耗蛋内脂质、蛋白质等营养组分。蛋内存在的维生素还可与 $\alpha$ -硫辛酸的抗氧化效应起到协同增效的作用。 $\alpha$ -硫辛酸易溶于水,在含水率高的蛋白中含量高,比植物甾醇能更能穿越蛋白进入蛋白、蛋黄的交界区域发挥抗氧化作用,所以 $\alpha$ -硫辛酸可以在受热处理影响更大的外层蛋黄抗氧化,植物甾醇属于脂溶性的酮式类胡萝卜素,水溶性远低于 $\alpha$ -硫辛酸,植物甾醇借助蛋白中的少量脂质转运到蛋黄中,在蛋黄脂质中溶解度好,可对整个蛋黄发挥抗氧化特效。

[0087]  $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组MDA值显著低于D组,说明 $\alpha$ -硫辛酸和植物甾醇对次级氧化也有较好的抑制作用。 $\alpha$ -硫辛酸组的MDA含量少于植物甾醇组,源于 $\alpha$ -硫辛酸组蛋黄油砂程度高、抑制脂质次级氧化反应进行,可使咸蛋黄耐储性提升。

[0088] 综合初级氧化产物和刺激氧化产物,A组有较低的初级氧化产物、较高的次级氧化产物,随着食盐腌制的时间推进,鸭蛋盐析失水、水分向蛋外移动,减少了水溶性 $\alpha$ -硫辛酸向蛋内部的渗入,从而影响其对次级氧化反应的抑制效果。植物甾醇的共轭双键长链结构易氧化,由此获得生物抗氧化活性,植物甾醇可随盐分和水分的移动而渗透进入鸭蛋壳、膜、蛋白,最终到达蛋黄发挥作用。C组MDA值较对照组有不显著升高(4.11%),对脂质氧化抑制作用不如 $\alpha$ -硫辛酸和植物甾醇显著 ( $p > 0.05$ )。

## [0089] 表8:咸蛋黄氧化产物测定结果

	A $\alpha$ -硫辛酸	B 植物甾醇	C 迷迭香提取物	D 对照
[0090] CDA/%	0.010±0.00 <sup>c</sup>	0.011±0.00 <sup>b</sup>	0.016±0.00 <sup>a</sup>	0.016±0.00 <sup>a</sup>
$\Delta$ CDA/%	-37.50±0.06 <sup>c</sup>	-31.25±0.05 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>
MDA/ ( $\mu$ g/g)	15.50±0.12 <sup>b</sup>	11.81±0.06 <sup>c</sup>	21.04±0.07 <sup>a</sup>	20.21±0.13 <sup>a</sup>
$\Delta$ MDA/%	-23.31±0.05 <sup>b</sup>	-41.56±0.03 <sup>c</sup>	4.11±0.06 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>

[0091] 注:同一行中不同的上标字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

## [0092] 8、蛋黄游离脂肪酸变化的分析

[0093] 鸭蛋经食盐腌制19d后,蛋黄的游离脂肪酸种类及含量的测定结果见表9,共检测出12种游离脂肪酸,各脂肪酸的相对含量变化程度并不大。油酸是含量最高的不饱和脂肪酸,占到55.60%-57.80%,然后是棕榈酸,占比为22.76%-24.90%、还有7.45%-8.50%的亚油酸,不饱和脂肪酸总量: $\alpha$ -硫辛酸>植物甾醇>对照>迷迭香提取物, $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇与对照组相比差异显著 ( $p < 0.05$ ),迷迭香提取物组不饱和脂肪酸的变化不显著, $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇组之间不具有显著性差异 ( $p > 0.05$ )。添加了 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇辅助盐腌的咸蛋黄,游离脂肪酸氧化降解量有明显的降低,游离脂肪酸的变化规律与脂质初级氧化与次级氧化产物结果一致。

[0094] 表9:咸蛋黄游离脂肪酸种类及含量

	A $\alpha$ -硫辛酸	B 植物甾醇	C 迷迭香提取物	D 对照
肉豆蔻酸	0.41±0.03 <sup>c</sup>	0.44±0.05 <sup>b</sup>	0.48±0.05 <sup>a</sup>	0.41±0.02 <sup>c</sup>
肉豆蔻脑酸	0.04±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>c</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>d</sup>
棕榈酸	22.76±0.12 <sup>c</sup>	23.9±0.22 <sup>c</sup>	24.90±0.62 <sup>a</sup>	24.30±0.21 <sup>b</sup>
棕榈烯酸	3.17±0.02 <sup>b</sup>	3.20±0.01 <sup>b</sup>	3.35±0.12 <sup>a</sup>	3.35±0.06 <sup>a</sup>
硬脂酸	4.51±0.04 <sup>a</sup>	4.44±0.04 <sup>b</sup>	4.37±0.14 <sup>b</sup>	4.44±0.02 <sup>b</sup>
油酸	58.94±0.06 <sup>a</sup>	57.8±0.05 <sup>b</sup>	55.60±0.05 <sup>d</sup>	57.2±0.06 <sup>c</sup>
亚油酸	7.66±0.05 <sup>b</sup>	7.67±0.01 <sup>b</sup>	8.50±0.13 <sup>a</sup>	7.45±0.01 <sup>c</sup>
$\alpha$ -亚麻酸	0.33±0.01 <sup>b</sup>	0.32±0.02 <sup>b</sup>	0.34±0.01 <sup>a</sup>	0.30±0.02 <sup>b</sup>
[0095] 顺-11-二十碳烯酸	0.38±0.01 <sup>c</sup>	0.41±0.02 <sup>b</sup>	0.47±0.02 <sup>a</sup>	0.39±0.01 <sup>b</sup>
顺-11,14,17-二十碳三烯酸	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>b</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0 <sup>a</sup>
顺-8,11,14-二十碳三烯酸	1.44±0.02 <sup>b</sup>	1.32±0.01 <sup>c</sup>	1.49±0.02 <sup>b</sup>	1.63±0.08 <sup>a</sup>
顺-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸	0.18±0.01 <sup>b</sup>	0.21±0.02 <sup>a</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>
饱和脂肪酸总量	27.69±0.07 <sup>d</sup>	28.80±0.08 <sup>c</sup>	29.70±0.05 <sup>a</sup>	29.10±0.08 <sup>b</sup>
不饱和脂肪酸总量	72.31±0.07 <sup>a</sup>	71.11±0.34 <sup>a</sup>	70.20±0.12 <sup>b</sup>	70.79±0.23 <sup>b</sup>
单不饱和脂肪酸总量	62.54±1.11 <sup>a</sup>	61.40±0.94 <sup>a</sup>	59.50±0.24 <sup>b</sup>	61.00±1.21 <sup>a</sup>
多不饱和脂肪酸总量	9.77±0.06 <sup>b</sup>	9.71±0.24 <sup>b</sup>	10.7±0.14 <sup>a</sup>	9.79±0.45 <sup>b</sup>

[0096] 注:同一行中不同的上标字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

[0097] 通过以上分析可知:

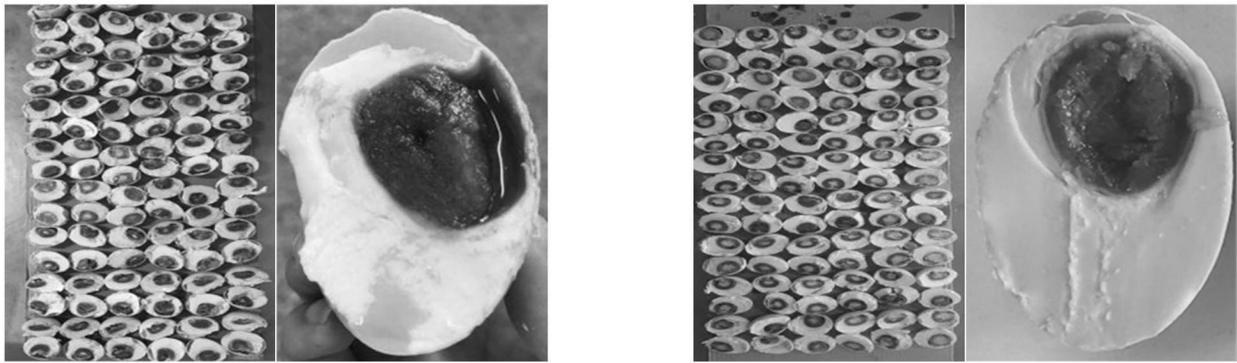
[0098] (1) 咸蛋腌制时添加 $\alpha$ -硫辛酸、植物甾醇、迷迭香提取物不影响咸蛋成熟期(19d),泥黄率大幅降低(1-6%、2-5%、8-15%,对照50-56%);蛋黄的硬度、弹性、咀嚼性显著降低。 $\alpha$ -硫辛酸与植物甾醇组较对照组可分别降低脂质初级氧化产物共轭二烯酸比率37.50%和31.25%,次级氧化产物丙二醛含量分别减少23.31%和41.56% ( $p < 0.05$ ),迷迭香提取物影响不显著 ( $p > 0.05$ )。蛋黄的游离脂肪酸种类基本不变,相对含量略有变化: $\alpha$ -硫辛酸组和迷迭香提取物组的不饱和脂肪酸总量、油酸、亚油酸含量较对照组显著增大,迷迭香提取物组与对照组差异不显著。综合来看,蛋黄感官品质较对照组大幅提升,蛋黄色泽

呈现橙红色,食盐腌渍和腌制温度升高造成的蛋黄脂质氧化分解程度得到一定抑制。综合考虑成本和咸蛋内质提升,腌制液中可优先选择加入0.3%的 $\alpha$ -硫辛酸来辅助腌制。

[0099] (2) 抗氧化剂添加组蛋黄的蛋黄硬度、弹性、咀嚼性均显著小于对照组;在20℃-121℃、0.1Hz模式下流变性能扫描发现,添加了抗氧化剂的咸蛋黄G'较对照显著增大、表现出弹性增强的现象, $\alpha$ -硫辛酸组尤为明显,平均粒径和PDI也呈现相似规律。可见抗氧化剂的添加能改善咸蛋黄颗粒变细、质地变软、弹性变差的泥化现象。

[0100] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

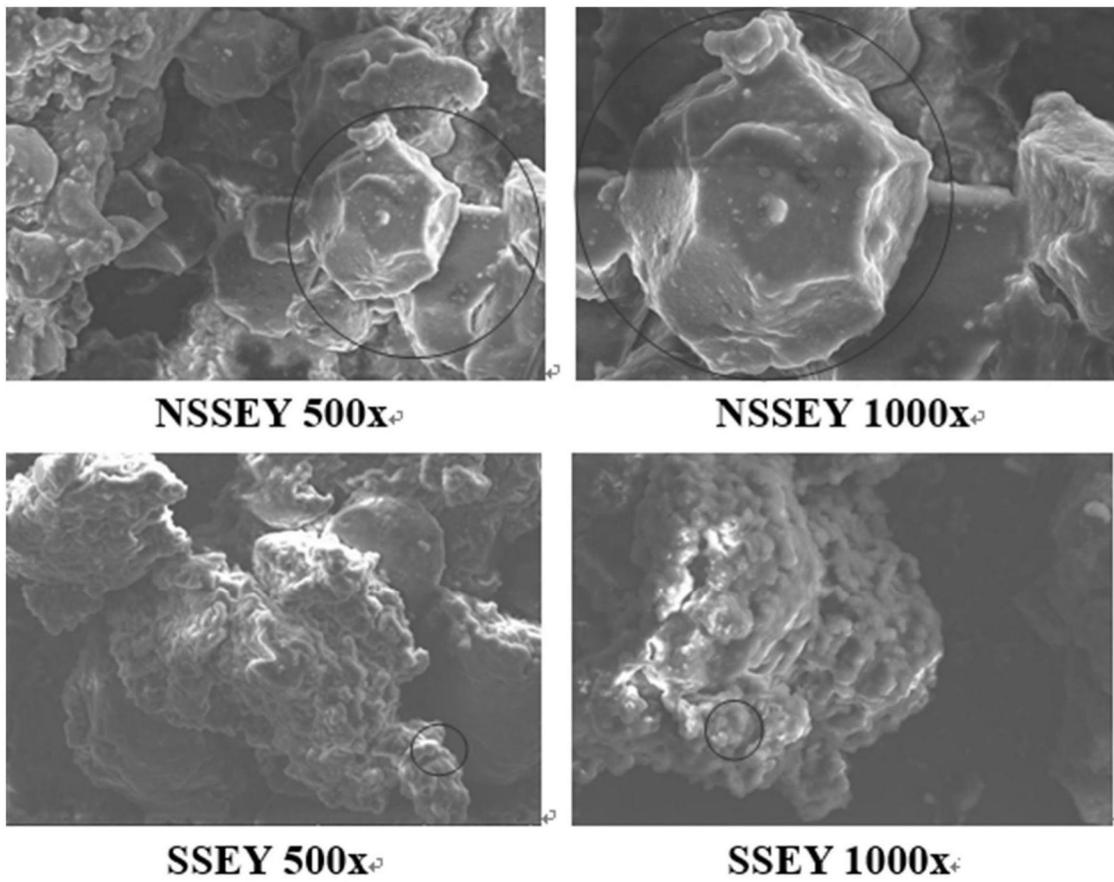
[0101] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。



SSEY (泥化咸蛋黄, 泥黄)

NSSEY (正常咸蛋黄, 对照)

图1



NSSEY 500x

NSSEY 1000x

SSEY 500x

SSEY 1000x

图2

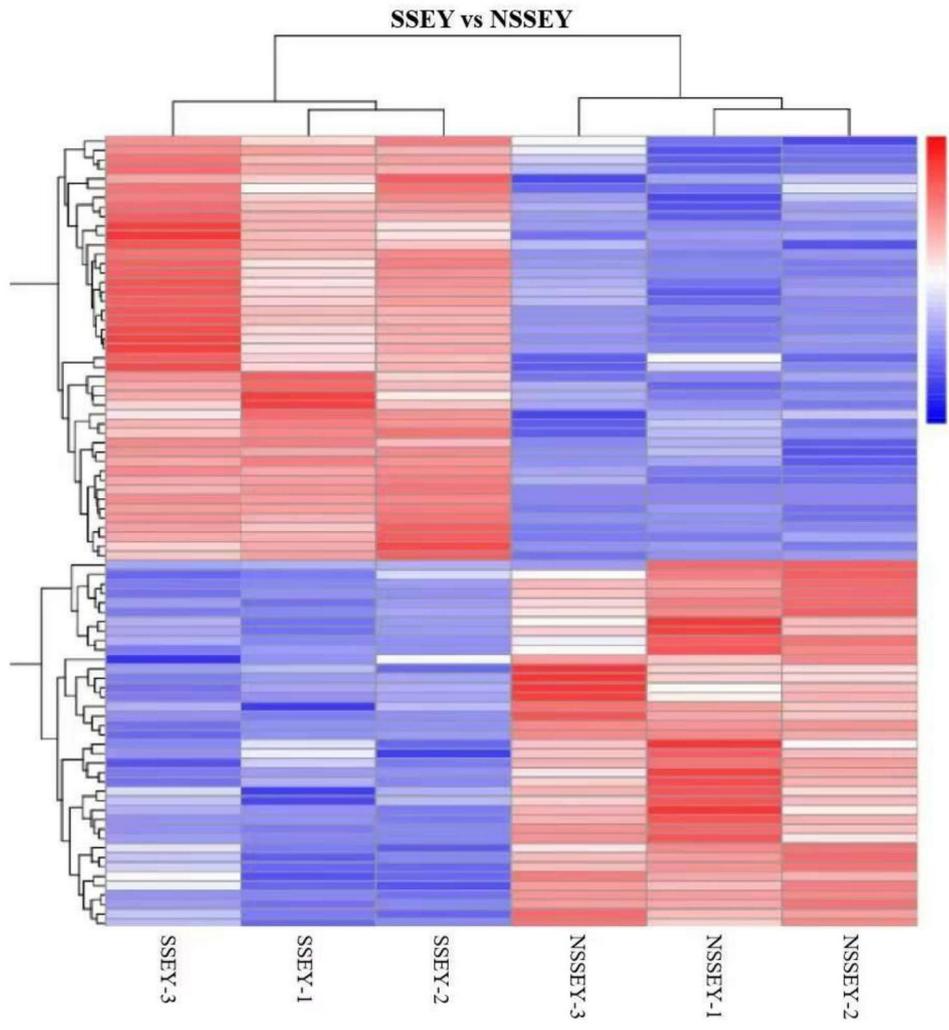


图3

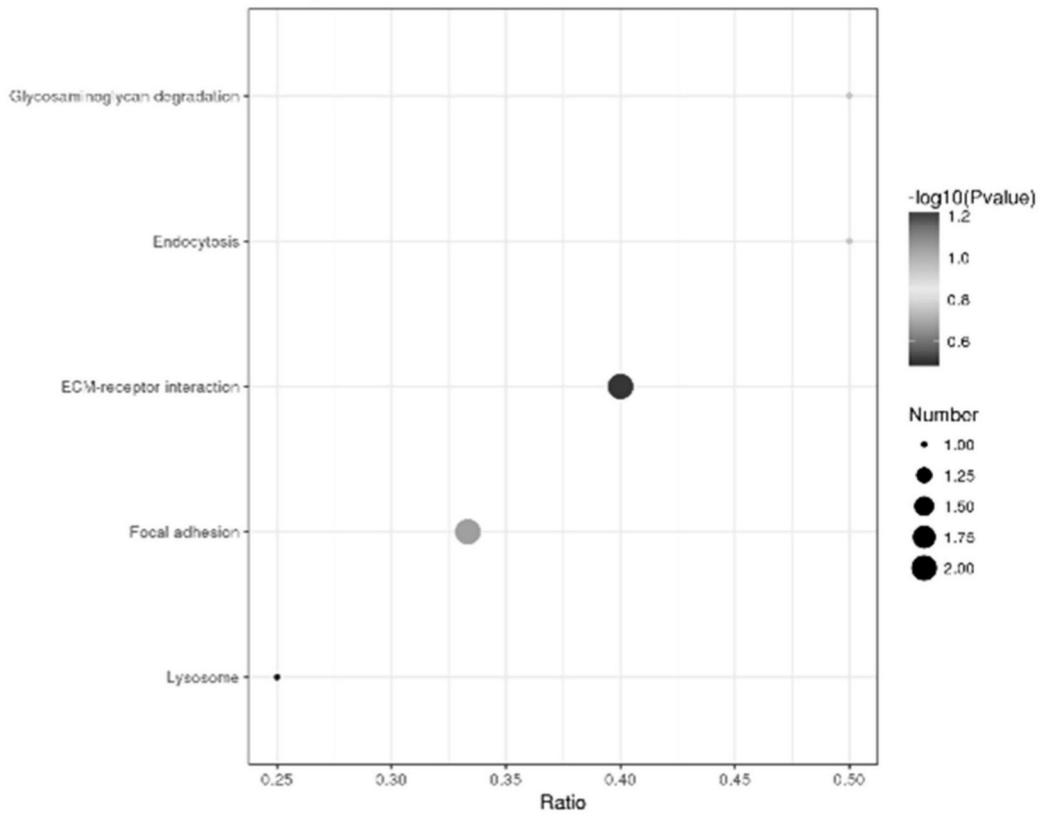


图4

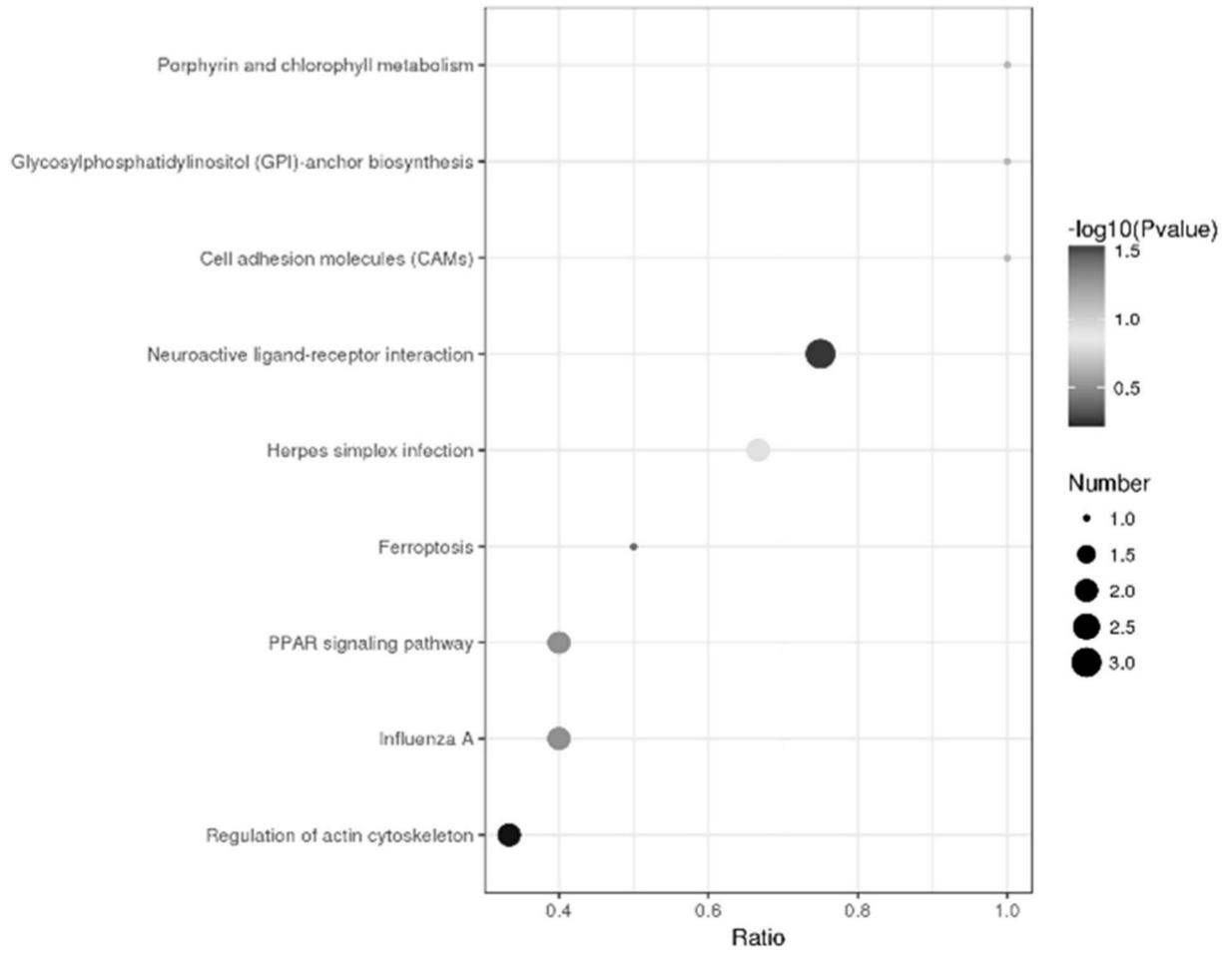


图5

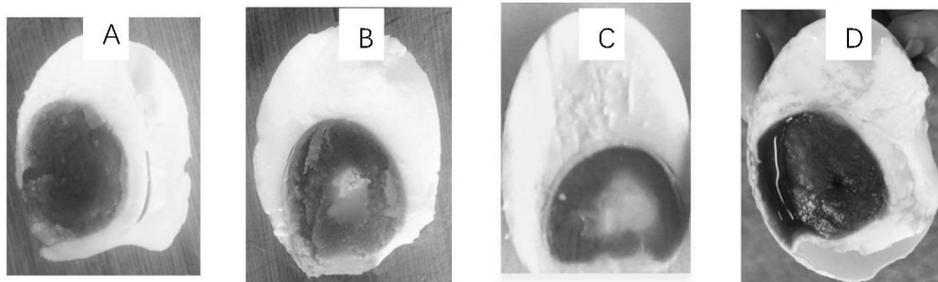


图6

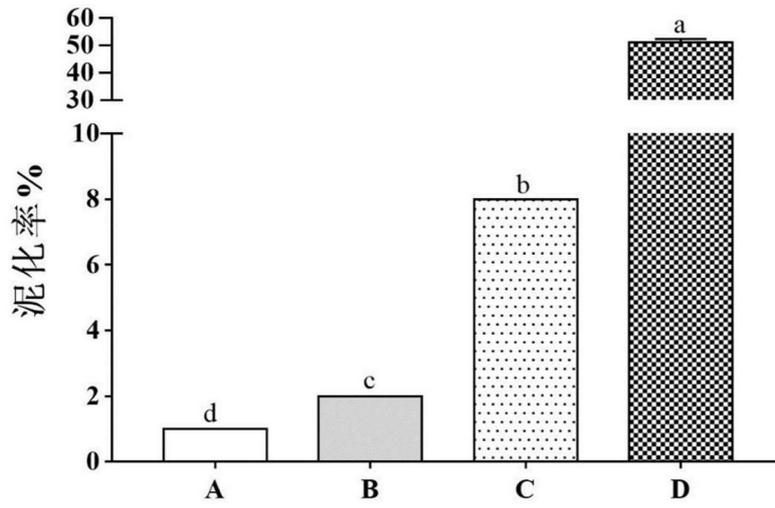


图7

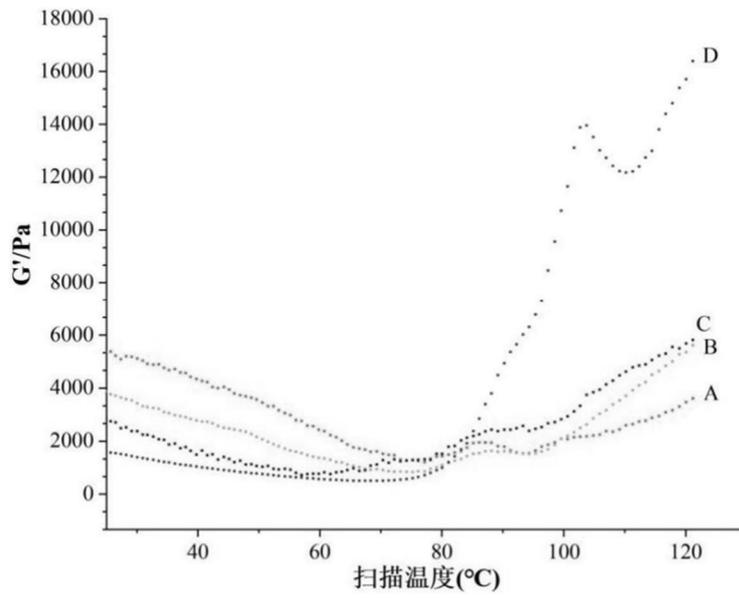


图 8-1

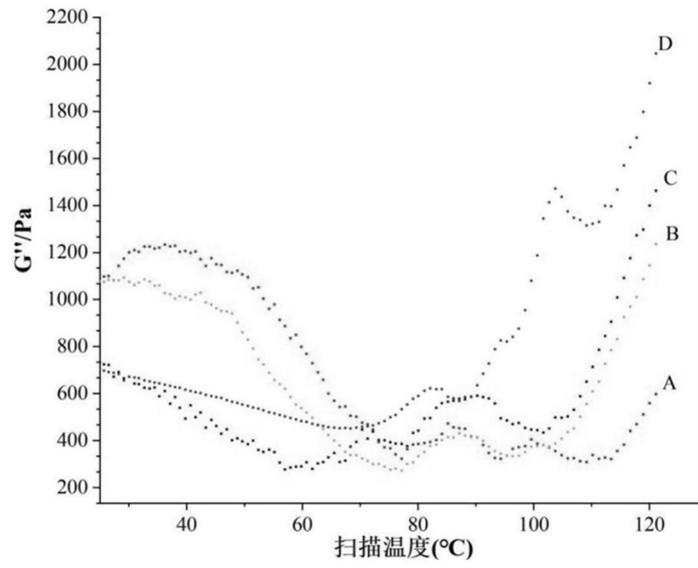


图 8-2

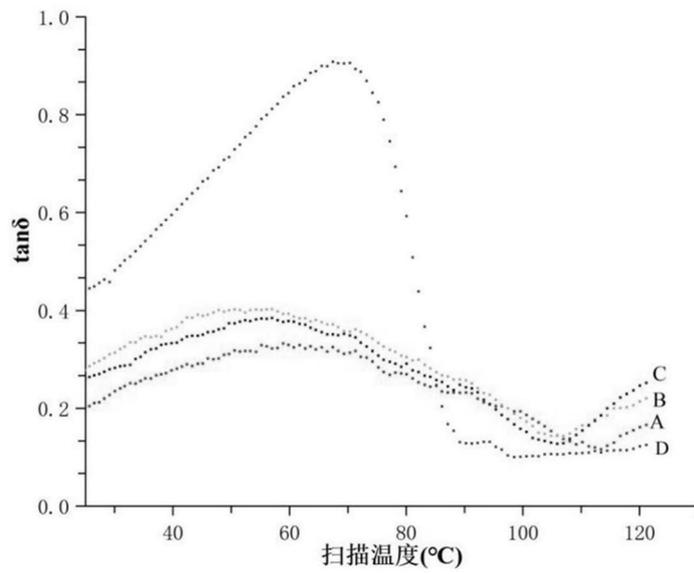


图 8-3

图8