

陈玉胜,陈全战.一种功能性酸奶的研制及其抗氧化活性[J].江苏农业科学,2020,48(14):221-226.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.042

一种功能性酸奶的研制及其抗氧化活性

陈玉胜,陈全战

(南京晓庄学院食品科学学院,江苏南京 211171)

摘要:以鼠曲草水提物(GAE)和鲜牛奶为主要原料,与保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的混合菌种共发酵来研制一种功能性酸奶,并研究其品质和抗氧化活性。以 GAE 添加量、蔗糖添加量、接种量、发酵时间为因素,采用单因素和正交试验设计,根据感官评价和酸度来确定最佳配方和工艺参数,并进一步通过昆明小鼠体内和体外试验来评价其抗氧化活性。结果表明,GAE 酸奶的最佳工艺配方为 1.0% GAE,5% 蔗糖,4% 接种量,在 42 ℃ 条件下发酵 4 h 时酸奶的口感最佳;该酸奶具有显著的清除 ABTS、DPPH 以及超氧化物和羟基自由基的能力,显著提高昆明小鼠血清超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,显著降低血清丙二醛含量。通过最佳工艺发酵而成的高品质 GAE 酸奶具有显著的抗氧化能力,以及在食品工业中用作一种新型功能性食品的潜能。

关键词:功能性酸奶;鼠曲草水提物;共发酵;最佳工艺;抗氧化;昆明小鼠

中图分类号: TS201.3;TS252.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)14-0221-06

鼠曲草是菊科鼠曲草属 2 年生草本,别称鼠麴草、清明菜,是营养价值极高的一种野菜,广泛用于多种食品生产的原料。鼠曲草还用于治疗肿胀、腰痛、炎症,及呼吸道和心血管疾病^[1-2]。鼠曲草多酚含量高,在清除自由基、抑制脂质氧化和保护细胞免受氧化损伤等方面显示了明显的抗氧化活性^[3]。

酸奶是全球范围内普遍消耗的食品,富含蛋白质、脂肪酸、维生素和矿质元素等有益于人体健康的成分^[4-5]。近 10 年来,虽然人们已经发现并应用了一些加工技术,如添加合成化合物来改善酸奶的感官品质和功能特性,但它们对人体的潜在毒性和对酸奶营养价值的负面影响正受到人们的担忧和考虑。因此,人们努力从自然来源寻找新型和安全的添加剂^[6-9]。

在传统的生产工艺中,像蔬菜汁、水果颗粒之类添加剂是在发酵过程结束后加入酸奶中的。因此,这些植物成分不参与发酵。这意味着含有植物成分的商业酸奶实际上是酸奶和植物成分的混合物。最近,相关研究报道,植物成分有益于人类健康(如抗氧化、抗病毒、抗菌和益生效果)与这些植物活性成分在人的肠道内和微生物共同发酵的结果密切相关。这意味着在酸奶发酵过程中微生物的代谢作用增强了植物成分的生物活性^[10-12]。此外,还有一些相关研究报道,某些蔬菜和水果被认为是益生菌,可以作为乳制品的功能成分,有效改善乳制品的口感和质地等感官特性^[13-14]。利用共发酵技术来提高酸奶中添加的蔬菜及水果对人的健康功效就成为可能。本研究目的是制备一种与鼠曲草水提物共发酵的酸奶,并观察共发酵工艺对酸奶质量的影响,通过该新型酸奶的体内外抗氧化能力的测定,为其在功能性食品工业中的潜在应用提供相关依据。

收稿日期:2019-07-07

基金项目:南京市重点学科项目(编号:NJZDXK201407)。

作者简介:陈玉胜(1968—),男,江苏盐城人,博士,高级实验师,主要从事营养学及药理学研究。E-mail:cys8691@163.com。

33(3):411-418.

[26]吴殿星,舒庆尧,夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼稻的研究[J]. 作物学报,2001,27(2):165-172.

[27]吴殿星,舒庆尧,夏英武. 利用 RVA 谱快速鉴别不同表观直链淀粉含量早籼稻的淀粉黏滞特性[J]. 中国水稻科学,2001,15(1):57-59.

[28]张巧凤. 粳稻食味品质性状的相关性及 QTL 定位[D]. 南京:南京农业大学,2007.

[29]何颖,吴玲. 水稻淀粉合成酶基因来源与稻米蒸煮和食味品质的相关性分析[J]. 科技创新导报,2008(22):6.

[30]李苏红,李缓,董墨思,等. 大米食味品质仪器分析与感官评价的相关性[J]. 粮食与油脂,2018,31(12):36-39.

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

鼠曲草地上部分(叶和花)于 2018 年 3 月采自我国南京,由南京晓庄学院陈全战教授鉴定。样本(编号:2018-03-18)风干后保存在南京晓庄学院药食两用植物遗传与种质创新实验室。

所有生物试剂及抗氧化试剂盒(SOD, CAT, GSH-Px,MDA)均购于南京建成生物工程研究所;分析纯化学试剂及蔗糖和脱脂奶粉均为市售;保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌混合菌种在南京晓庄学院食品科学学院微生物学实验室保存。

昆明小鼠购于南京青龙山实验动物中心,饲喂标准的啮齿动物颗粒饲料和水。所有动物均置于(25±2)℃,光照 12 h/黑暗 12 h,相对湿度 45%~55%。所有动物试验程序均经南京晓庄学院动物保护与使用委员会批准。

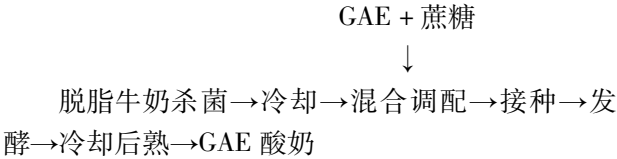
1.2 仪器与设备

SW-CJ-2F 型超净工作台,苏州净化设备有限公司;DHG-9070AD 台式电热恒温鼓风干燥箱,苏州江东精密仪器有限公司;日本 HITACHI CR21N 高速冷冻离心机;PHS-3C 精密 pH 值计,上海仪电科学仪器股份有限公司;RE52CS-1 旋转蒸发器,杭州大卫科教仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 鼠曲草水提物(GAE)的制备 200 g 鼠曲草风干(25℃,15 d)后研磨成粉末,过 60 目筛,取 100 g 过筛后直径小于 25 mm 的小颗粒粉与 2 000 mL 50%(体积分数)的甲醇混匀,并搅拌(25℃,24 h)。然后过滤,滤液用旋转蒸发仪浓缩(45℃),抽真空 3 次,以抽出多余的甲醇。再通过冷冻干燥得冻干粉 8.3 g(得率 8.3%),于 4℃冰箱保藏。

1.3.2 功能性酸奶的工艺流程



将脱脂奶粉与纯净水按一定比例混合,使重组脱脂牛奶的蛋白质含量为 4.2%,将牛奶置于 95℃水浴加热 15 min 后冷却到 42℃。然后,将 GAE 溶解于无菌水,用 0.22 μm 滤膜过滤后与蔗糖(2%~6%)按一定比例添加到牛奶中,使 GAE 的最终质量浓度分别达到 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%。然后,用磁力搅拌器将所有样品于 42℃搅拌 10 min,以帮助溶解和混匀。将纯种保加利亚乳酸杆菌和嗜热乳酸链球菌 2 种菌的等量混合菌液组成的发酵剂以 3%~7% 的接种量加入到以上混合培养基质中。所有牛奶样品在 42℃条件下孵育发酵,直至 pH 值达到 4.50。当 pH 值达到要求后,将酸奶样品冷却至 4℃,停止发酵处理。所有酸奶样品置于 4℃冰箱贮存 1、7、14、21、28 d,其中最佳工艺酸奶及对照(未加 GAE)用于 pH 值、酸度和抗氧化活性等的进一步分析。

1.4 感官评价

评分标准见表 1。

1.5 不同因素对 GAE 酸奶感官品质的影响

1.5.1 GAE 添加量对酸奶感官品质的影响 以 100 mL 脱脂牛奶为准,蔗糖添加量 4%,接种量 4%,42℃发酵 4 h,在每 100 mL 鲜奶中分别添加鼠曲草 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%,按照“1.3.2”节的工艺流程制作鼠曲草酸奶,并根据酸奶的口感确定 GAE 的最佳添加量。

1.5.2 蔗糖的添加量对 GAE 酸奶感官品质的影响

以 100 mL 鲜奶为准, GAE 添加量 1.0%, 接种量

表 1 鼠曲草酸奶感官评分标准

指标	评分标准
色泽(20 分)	>15~20 分:色泽均匀一致,无沉淀,呈乳白色或浅黄色 >10~15 分:色泽大体一致,有少量沉淀,呈微黄色或浅灰色 0~10 分:色泽灰暗,深浅凌乱,有沉淀
气味和口感(50 分)	>40~50 分:具有酸奶特有的滋味,有浓郁纯正的发酵奶香,口感爽滑,细腻厚实,酸味醇厚 >15~40 分:有酸奶特有的风味,但香气平淡或有轻微异味,口感稍有粗糙,偏酸或偏甜 0~15 分:风味较淡,入口有结块感,酸度不够,有异味或苦涩味或其他不良滋味
组织状态(30 分)	>20~30 分:无沉淀,无结块和分层,无机械杂质,细腻润滑 >10~20 分:有少量沙粒感,凝乳大体均匀结实,有少量乳清析出,形成水膜 0~10 分:整体有沙粒感,有大量乳清析出,有沉淀有气泡,分层现象明显

4%, 42 ℃ 发酵 4 h, 在每 100 mL 鲜奶中分别添加蔗糖 2%、3%、4%、5%、6%, 按照“1.3.2”节的工艺流程制作 GAE 酸奶, 并根据酸奶的口感确定蔗糖的最佳添加量。

1.5.3 接种量对 GAE 酸奶感官品质的影响 以 100 mL 鲜奶为准, 在 GAE 添加量 1.0%、蔗糖添加量 5%、42 ℃ 发酵 4 h 条件下, 在每 100 mL 鲜奶中分别接种 3%、4%、5%、6%、7% 的混合菌种进行乳酸发酵, 按照“1.3.2”节的工艺流程制作 GAE 酸奶, 并根据酸奶的口感确定最佳接种量。

1.5.4 发酵时间对 GAE 酸奶感官品质的影响 以 100 mL 鲜奶为准, 在 GAE 添加量 1.0%、蔗糖添加量 5%、接种量 5% 的条件下, 分别在 42 ℃ 发酵 3、4、5、6、7 h, 按照“1.3.2”节的工艺流程制作 GAE 酸奶, 并根据酸奶的口感确定最佳发酵时间。

1.6 GAE 酸奶 pH 值和滴定酸度的测定方法

pH 值的测定使用 pH 计, 滴定酸度的测定参照文献[15]的方法, 分别取贮存 1、7、14、21、28 d 的最佳工艺发酵 GAE 酸奶样品各 10 g 于烧杯中, 加入 10 mL 蒸馏水, 振荡均匀后, 滴入 2~3 滴酚酞指示剂, 用 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定至 pH 值 8.3 ± 0.01 , 样品的酸度表示为每 100 g 酸奶中乳酸的含量, 按公式(1)计算, 未加 GAE 的酸奶作为对照。

$$\text{滴定酸度}(\text{g}/100 \text{ g}) = \frac{C \times V}{m} \times 0.9. \quad (1)$$

式中: C 表示 NaOH 的浓度 (mol/L), V 表示滴定所消耗的 NaOH 的体积 (mL); m 表示样品质量 (g); 0.9 表示乳酸的换算系数。

1.7 GAE 酸奶体外抗氧化活性测定

对自由基 ABTS、DPPH、超氧化物及羟基的清除能力的测定参照文献[3]的方法。分别取贮存 1、7、14、21、28 d 的最佳工艺发酵 GAE 酸奶样品各 5 g 置于离心管中离心 (1 500 g, 15 min, 4 ℃), 上清液用于各种指标的检测。未加 GAE 的酸奶作为对照。

1.8 GAE 酸奶体内抗氧化活性测定

1.8.1 试验设计 30 只昆明小鼠 [(20 ± 2) g, 雌性] 适应环境 7 d 后随机分成 3 组 (每组 10 只): 对照组、普通酸奶组、GAE 酸奶组, 分别灌胃 0.9% NaCl 溶液、未加 GAE 的普通酸奶和最佳发酵工艺 GAE 酸奶, 每天灌胃 1 次, 灌胃体积为 10 mL/kg 体质量, 灌胃量 10 g/kg 体质量, 连续灌胃 30 d。

1.8.2 生化指标的测定 最后 1 次灌胃前 12 h 对

所有小鼠进行禁食不禁水处理, 灌胃后 1 h 摘眼球取血, 并迅速断颈椎处死, 血样离心 (1 500 g, 10 min, 4 ℃) 后收集上清液血清用于抗氧化指标的检测, 检测方法根据试剂盒法。

2 结果与分析

2.1 不同因素对产品感官品质的影响

2.1.1 GAE 添加量对产品感官品质的影响 从图 1 可以看出, GAE 添加量会明显改善酸奶发酵的风味和组织状态, 随着添加量的增加, 酸奶的整体感官品质明显上升。当添加量达到 1.0% 时, 酸奶色泽均匀一致, 略带黄色, 香甜可口, 细腻厚实, 无凝块或机械杂质。当添加量过高, 达到 1.2% 时, 由于发酵时间过长导致味道略偏酸, 不够细腻。因此, GAE 添加量为 1.0% 时最佳。

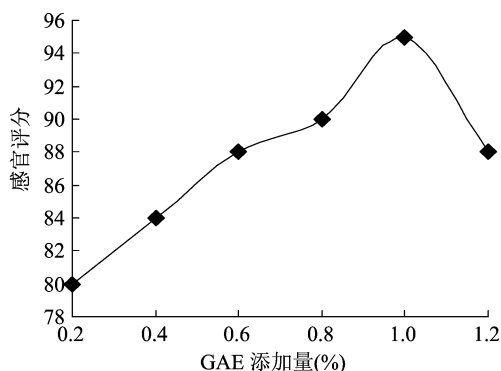


图1 GAE 添加量对产品感官品质的影响

2.1.2 蔗糖添加量对产品感官品质的影响 从图 2 可以看出, 蔗糖添加量明显影响酸奶的口感, 当添加量小于 4% 时, 酸奶的甜度不够, 而且过酸; 当添加量大于 4% 时, 感官评分明显下降, 而且酸奶的口感过于甜腻; 只有添加量为 4% 时, 酸奶的口感较好, 酸甜适宜, 感官评分最高。因此, 蔗糖的最佳添加量为 4%。

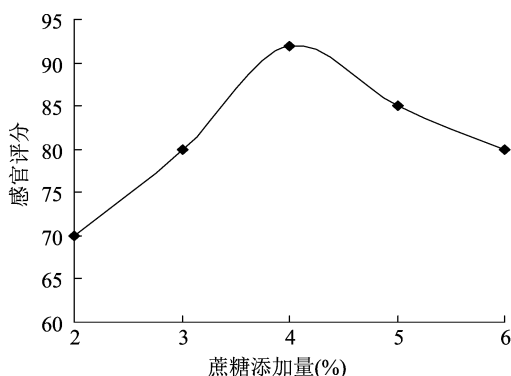


图2 蔗糖添加量对产品感官品质的影响

2.1.3 接种量对产品感官品质的影响 从图 3 可见,接种量过大或过小都会影响酸奶的品质,当接种量为 5% 时最佳。接种量过小则会出现凝乳时间长、酸味不足等现象;接种量过大则会出现乳酸菌生长过快、乳清析出较多、质地粗糙、口感差等现象。

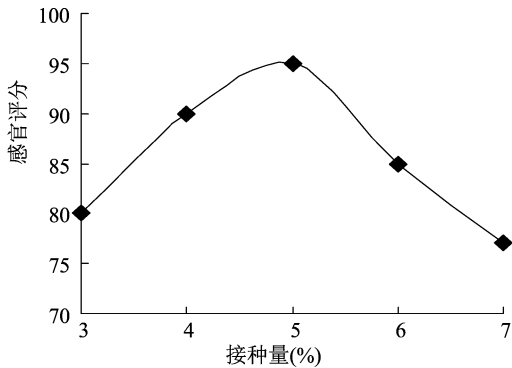


图3 接种量对产品感官品质的影响

2.1.4 发酵时间对产品感官品质的影响 从图 4 可以看出,发酵时间过长或过短都影响酸奶的感官品质。发酵时间小于 4 h 会导致凝乳松软,滋味较差;大于 4 h 有水分析出,口感偏酸。而发酵 4 h 的酸奶色泽均匀一致,香甜可口,细腻厚实。因此,发酵时间 4 h 的酸奶品质最佳,感官评分最高。

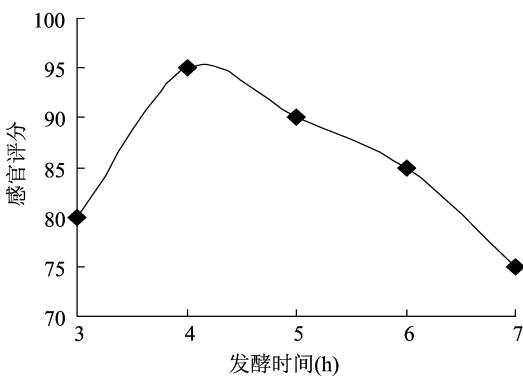


图4 发酵时间对产品感官品质的影响

GAE 添加量、蔗糖添加量、接种量、发酵时间为因素,设计 4 因素 3 水平的正交试验(表 2),以感官评分为标准,确定最佳工艺参数。

表 2 GAE 酸奶正交试验因素及水平

水平	因素			
	A:GAE 添加量 (%)	B:蔗糖添加量 (%)	C:接种量 (%)	D:发酵时间 (h)
1	0.8	3	4	3
2	1.0	4	5	4
3	1.2	5	6	5

2.2.2 GAE 酸奶最佳工艺优化 从表 3 可以看出,正交试验结果表明,GAE 酸奶最优组合为 A₂B₂C₂D₂,与实际最优组合一致。

2.2 GAE 酸奶的工艺优化

2.2.1 正交试验因素 在单因素试验的基础上,以

表 3 GAE 酸奶正交试验结果

试验号	A:GAE 添加量	B:蔗糖添加量	C:接种量	D:发酵时间	评分
1	1	1	1	1	85
2	1	2	2	2	93
3	1	3	3	3	88
4	2	1	2	3	90
5	2	2	3	1	88
6	2	3	1	2	90
7	3	1	3	2	87
8	3	2	1	3	90
9	3	3	2	1	87
K ₁	266	262	265	260	
K ₂	268	271	270	270	
K ₃	264	265	263	268	
k ₁	88.67	87.33	88.33	86.67	
k ₂	89.33	90.33	90.00	90.00	
k ₃	88.00	88.33	87.67	89.33	
R	1.33	3.00	2.33	3.33	

2.3 最佳工艺 GAE 酸奶 pH 值和滴定酸度

从表 4 可以看出,随着贮存时间的延长,酸奶的 pH 值逐渐下降,酸度逐渐上升,但在前 14 d,pH 值

及酸度的变化都没有显著差异;贮存 21 d 时,pH 值下降不显著,但酸度显著上升;当贮存到 28 d 时,pH 值及酸度都发生了显著和极显著变化,这可能暗示

该酸奶的有效期为 14 ~ 20 d。整个贮存期间,最佳工艺 GAE 酸奶和对照之间的 pH 值及酸度都没有显著差异,表明 GAE 酸奶没有从酸度上改变口味及品质。

2.4 最佳工艺 GAE 酸奶抗氧化活性

氧化应激通常定义为细胞或个体水平上氧化剂和还原剂的不平衡状态。氧化应激对人体健康有害,可引起多种慢性疾病,如肌肉变性、心血管疾病和神经系统疾病^[16]。虽然服用一些合成抗氧化

剂可以有效地抑制氧化过程,但它们对人体具有潜在的毒副作用。因此,通过饮食来提高机体的抗氧化能力是目前对抗氧化应激合理可行的方法^[17]。在本研究中,与 GAE 共发酵的酸奶具有显著的体外抗氧化能力,且与 GAE 浓度呈正相关。

从表 5 可以看出,当 GAE 浓度达到 0.6% 时,自由基清除率与对照相比显著提高;当 GAE 浓度达到 0.8% 及以上时,其清除率更加显著。

表 4 贮存时间对鼠曲草酸奶 pH 值和酸度滴定的影响

项目	处理	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d
pH 值	对照	4.52 ± 0.03	4.41 ± 0.04	4.37 ± 0.03	4.26 ± 0.05	4.22 ± 0.09 *
	1.0% GAE	4.51 ± 0.02	4.39 ± 0.03	4.36 ± 0.05	4.27 ± 0.02	4.25 ± 0.04 *
酸度滴定	对照	0.88 ± 0.04	0.93 ± 0.03	1.12 ± 0.05	1.16 ± 0.04 *	1.28 ± 0.07 **
	1.0% GAE	0.86 ± 0.02	1.01 ± 0.04	1.17 ± 0.03	1.18 ± 0.02 *	1.25 ± 0.06 **。

注:与第一天比较,*表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$ 。

表 5 鼠曲草添加量对鼠曲草酸奶体外抗氧化活性的影响

指标	自由基清除率(%)						
	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%	1.2%
ABTS	51.32 ± 2.03	57.28 ± 4.13	60.05 ± 7.03	76.89 ± 7.44 *	81.27 ± 8.83 **	93.66 ± 7.43 ***	92.32 ± 9.21 ***
DPPH	39.34 ± 2.45	41.44 ± 3.32	56.77 ± 7.98 *	68.34 ± 6.49 **	69.54 ± 5.03 **	89.36 ± 5.22 ***	88.52 ± 7.41 ***
超氧化物	40.34 ± 3.43	42.58 ± 3.19	43.22 ± 6.11	61.48 ± 5.23 *	70.25 ± 6.81 **	88.54 ± 6.11 ***	89.12 ± 8.12 ***
羟基自由基	41.77 ± 3.89	44.08 ± 4.95	57.06 ± 5.74	63.27 ± 7.19 *	75.02 ± 8.31 **	90.55 ± 7.88 ***	90.24 ± 9.16 ***

注:与对照比较,*表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$; ***表示 $P < 0.001$ 。

从表 6 可以看出,1.0% GAE 酸奶在贮存 28 d 内对 ABTS、DPPH、超氧化物及羟基自由基的清除率都显著高于对照,但与第一天相比,在贮存 21 d 以

后,其对自由基的清除率显著下降,表明 1.0% GAE 酸奶的最佳有效期为 14 ~ 20 d,此结果与 pH 值和滴定酸度结果相一致。

表 6 鼠曲草酸奶贮存时间对体外抗氧化活性的影响

指标	处理	自由基清除率(%)				
		1 d	7 d	14 d	21 d	28 d
ABTS	对照	54.42 ± 6.88	51.66 ± 5.21	49.96 ± 5.11	40.28 ± 2.17 +	31.26 ± 3.05 ++
	1.0% GAE	94.31 ± 9.35 ***	91.25 ± 8.36 ***	90.23 ± 9.08 ***	81.55 ± 6.34 ****	68.25 ± 5.14 *****
DPPH	对照	40.78 ± 5.22	41.86 ± 5.01	39.91 ± 3.19	36.08 ± 2.28	30.36 ± 3.15 +
	1.0% GAE	90.16 ± 8.26 ***	91.01 ± 8.04 ***	89.47 ± 7.09 ***	81.18 ± 8.24 ****	73.05 ± 7.26 *****
超氧化物	对照	42.37 ± 4.31	44.01 ± 2.21	34.07 ± 1.13 +	34.26 ± 3.08 +	30.39 ± 2.28 +
	1.0% GAE	91.23 ± 8.29 ***	90.32 ± 9.04 ***	84.36 ± 7.09 ***	74.21 ± 7.82 ****	74.15 ± 8.89 ***
羟基自由基	对照	49.65 ± 5.02	48.03 ± 4.13	41.12 ± 4.05 +	31.16 ± 2.04 ++	30.21 ± 2.07 ++
	1.0% GAE	92.14 ± 9.01 ***	91.98 ± 9.12 ***	89.45 ± 7.09 ***	81.88 ± 6.92 ****	71.56 ± 5.76 *****

注:与对照相比,***表示 $P < 0.001$;与第一天相比,+和++分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 。

本研究还通过测定超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH - Px)等试验动物血清主要抗氧化酶的活性,评价酸奶的体内抗氧化潜能,这些酶常被用作指示机体产生活性氧(ROS)的生物标志物。SOD 是 ROS 清除途径

中的第 1 个关键酶,CAT、APX、GPX 是该途径的第 2 个重要酶或关键酶^[18]。ROS 的产生也是脂质过氧化的结果,丙二醛(MDA)的含量是脂质过氧化的重要指标。本研究中,与对照组相比,普通酸奶组小鼠血清中抗氧化酶活性没有发生显著变化。而添

加量为 1.0% 的 GAE 酸奶显著提高小鼠血清中抗氧化酶的活性,显著降低 MDA 含量,从而减轻脂质过氧化反应(表 7)。

表 7 鼠曲草酸奶在昆明小鼠体内抗氧化活性分析

组别	SOD 活性 (U/mL)	CAT 活性 (U/mL)	GSH-Px 活性 (U/mL)	MDA 含量 (nmol/mL)
对照组	99.28 ± 9.13	6.13 ± 0.23	692.44 ± 11.02	18.54 ± 1.89
普通酸奶	107.32 ± 7.03	7.71 ± 0.12	701.45 ± 10.22	17.26 ± 1.07
1.0% GAE 酸奶	139.81 ± 8.02 **	15.59 ± 1.23 *	881.36 ± 21.15 *	5.33 ± 0.65 **

注:与对照相比,*表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$ 。

3 结论

根据单因素试验和正交试验及理化指标综合考虑,最终确定鼠曲草水提物(GAE)功能性凝固型酸奶的最佳工艺条件为 GAE 添加量 1.0%、蔗糖添加量 5%、接种量 4%、在 42 ℃ 条件下发酵 4 h,在此条件下制得的酸奶口感最佳,风味独特,且成本低廉,制备工艺简单易行,易被生产商和消费者接受。

pH 值和滴定酸度结果与体外抗氧化活性结果表明,1.0% GAE 酸奶有效期长,为 14 ~ 20 d,且有效期内体外抗氧化活性及酸度等保持稳定。

动物试验表明,1.0% GAE 酸奶能显著提高动物体内抗氧化酶活性,抑制活性氧的产生和脂质过氧化反应。该酸奶的体内外抗氧化活性可作为一种新型功能性保健酸奶进一步开发。

参考文献:

[1] Huang D, Chen Y H, Chen W S, et al. Anti-inflammatory effects of the extract of *Gnaphalium affine* D. Don in vivo and in vitro[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2015, 176: 356-364.

[2] Xi Z X, Chen W S, Wu Z J, et al. Anti-complementary activity of flavonoids from *Gnaphalium affine* D. Don[J]. Food Chemistry, 2012, 130(1): 165-170.

[3] Zeng W C, Zhang W C, Zhang W H, et al. The antioxidant activity and active component of *Gnaphalium affine* extract[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 58: 311-317.

[4] Lourens-Hattingh A, Viljoen B C. Yogurt as probiotic carrier food[J]. International Dairy Journal, 2001, 11(1/2): 1-17.

[5] Fernandez M A, Picard-Deland É, Le-Barz M, et al. Section 2: fermented foods as a source of healthy constituents. fermented foods in health and disease prevention [M]. New York: Academic Press, 2017.

[6] Carocho M, Barreiro M F, Morales P, et al. Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2014, 13(4): 377-399.

[7] Hadi H G, Eskandari M H, Mesbahi G, et al. Scientific and technical

aspects of yogurt fortification: a review[J]. Food Science and Human Wellness, 2015, 4(1): 1-8.

[8] Hotchkiss J H, Brenda G W, Edmund Y L. Addition of carbon dioxide to dairy products to improve quality: a comprehensive review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2006, 5(4): 158-168.

[9] Karnopp A R, Oliveira K G, de Andrade E F, et al. Optimization of an organic yogurt based on sensorial, nutritional, and functional perspectives[J]. Food Chemistry, 2017, 233(15): 401-411.

[10] Al-Sheraji H S, Ismail A, Mohd Y M, et al. Prebiotics as functional foods: a review[J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(4): 1542-1553.

[11] Granato D, Nunes D S, Francisco J B. An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: a proposal[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 62: 13-22.

[12] Kumar H, Salminen S, Verhagen H, et al. Novel probiotics and prebiotics: road to the market [J]. Current Opinion in Biotechnology, 2015, 32: 99-103.

[13] Saura-Calixto F, Pérez-Jiménez J, Touriño S, et al. Proanthocyanidin metabolites associated with dietary fibre from in vitro colonic fermentation and proanthocyanidin metabolites in human plasma[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2010, 54(7): 939-946.

[14] Ashley L S, Christophi G P, Gerard E K, et al. The microbial metabolite desaminotyrosine protects from influenza through type I interferon[J]. Science, 2017, 357(6350): 498-502.

[15] Pelaez-Vital A C, Goto P A, Hanai L N, et al. Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract[J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 64(2): 1028-1035.

[16] Siti H N, Kamisah Y, Kamsiah J. The role of oxidative stress, antioxidants and vascular inflammation in cardiovascular disease (a review)[J]. Vascular Pharmacology, 2015, 71: 40-56.

[17] Björklund G, Chirumbolo S. Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health[J]. Nutrition, 2017, 33: 311-321.

[18] Davletova S, Rizhsky L, Liang H, et al. Cytosolic ascorbate peroxidase 1 is a central component of the reactive oxygen gene network of *Arabidopsis*[J]. The Plant Cell, 2005, 17(1): 268-281.