

抗氧化茶酸乳的制备及品质控制研究

于俊娟, 李颖华, 许燕, 黄玉军*

(扬州大学江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室,
扬州大学食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 研究毛尖绿茶浸提液的最佳制备条件及添加量对茶酸乳品质和抗氧化功能的影响。结果表明, 当料液比为1:25 g/mL、70 °C超声辅助提取50 min时, 毛尖绿茶浸提液的茶多酚含量高达151.6 mg/g。绿茶酸乳持水力随茶浸提液的添加先上升后下降, 当绿茶浸提液添加量为4%时持水力最高, 达到49.13%; 活菌数在绿茶浸提液添加量为16%时显著增加, 达到 2.23×10^8 cfu/mL; 酸度与pH值未见显著差异。茶酸乳的抗氧化活性明显随绿茶浸提液的添加呈现上升趋势, 在绿茶浸提液添加量为16%时, DPPH自由基清除能力达87.94%、亚铁离子螯合能力达88.81%。研究结果可为功能性食品研究与开发提供理论基础。

关键词: 益生菌; 毛尖绿茶; 茶酸乳; 抗氧化

中图分类号: TS 252.54 文献标志码: A 文章编号: 1005-9989(2021)06-0103-07

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2021.06.018

Preparation and Quality Control of Antioxidant Tea Yoghurt

YU Junjuan, LI Yinghua, XU Yan, HUANG Yujun*

(Key Laboratory of Dairy Biological Technology and Safety Control, College of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: The optimum extraction conditions of green tea and the effects of different dosage on the quality and antioxidant function of tea yoghurt were studied. The results showed that the content of tea polyphenols in Maojian green tea extract was the highest when the ratio of tea to water was 1:25 g/mL, ultrasonic assisted extraction temperature was 70 °C and time was 50 min and extraction rate of tea polyphenols was 151.6 mg/mL. With the increase of tea extract, the water holding capacity of tea yoghurt increased first and then decreased, the highest value was 49.13% at 4%. The number of viable bacteria increased significantly when the tea extract was 16%, reaching 2.23×10^8 cfu/mL. The acidity and pH of tea yoghurt had no significant difference. The antioxidant activity of tea yoghurt was significantly increased with the addition of tea extract. DPPH radical scavenging capacity was 87.94% and ferrous ion chelating capacity was 88.81% when the tea extract was 16%. The research provides a theoretical basis for the research and development of functional food.

Key words: probiotics; Maojian green tea; tea yoghurt; antioxidant

收稿日期: 2021-02-04

*通信作者

基金项目: 扬州大学2020年大学生科技创新基金项目(X20200895)。

作者简介: 于俊娟(1997—), 女, 江苏如皋人, 硕士研究生, 研究方向为益生菌功能特性及安全性分析。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

茶叶中主要活性成分如茶多酚、茶氨酸、茶色素、茶多糖等已被证实具有抗肿瘤、抗氧化、改善心血管疾病等一系列特殊的保健功能^[1]。有研究表明,毛尖的多酚含量达369.5 mg/g,远远高于柑普、普洱和滇红^[2]。

将茶叶添加到酸乳中制成茶酸乳可使酸乳获得独特的风味和外观,同时提升酸乳的保健功效。刘亮等^[3]发现杜仲茶粉可以加速酸乳的发酵进程,而且有利于乳酸菌的繁殖。NAJGEBAUER-LEJKO D等^[4]发现,茶的添加对酸乳的初始酸度和德氏乳杆菌的数量也有积极的影响。MUNIANDY P等^[5]发现,红茶、绿茶和白茶这3种茶酸乳在整个冷藏期内均保持较高的嗜热链球菌($10^8 \sim 10^9$ cfu/mL)和乳酸杆菌($10^6 \sim 10^7$ cfu/mL)计数。

目前,对茶酸乳的研究主要集中在工艺优化方面,但茶叶浸提液添加量对茶酸乳评价体系的系统研究同样重要,研发消费者接受度高且抗氧化性能较好的茶酸乳具有较大的消费前景。本文探究了毛尖绿茶浸提液的制备条件,并将其按不同比例添加制作茶酸乳,以实验室保藏的具有较好功能特性和发酵特性的混合菌株制备发酵乳,进一步探究绿茶浸提液添加量对茶酸乳品质、发酵性能及抗氧化功能的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus rhamnosus*)hsryfm1301、植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)Grx16、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)131、德氏乳杆菌保加利亚亚种(*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*)216:江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室分离保存。

脱脂乳粉、全脂乳粉:新西兰恒天然公司;毛尖绿茶:安徽天旭茶叶有限公司;蔗糖:市售。

1.2 试剂

酒石酸钾钠、硫酸亚铁、十二水磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、酚酞、氢氧化钠、乙醇、甲醇等试剂:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、V_C、氯化亚铁:上海源叶生物科技有限公司;菲洛嗪:上海生工生物有限公司;EDTA:北京金泰宏达生物科技有限公司。

1.3 仪器与设备

KH5200E型超声波清洗机:昆山禾创超声仪器有限公司;APV1000高压均质仪:丹麦APV公司;H1650台式高速离心机:长沙湘仪离心机仪器有限公司;PHS-3C pH计:上海精密科学仪器有限公司;721可见分光光度计:上海光学仪器厂;TMS-Pro食品质构仪:美国FTC公司;Bio-Tek ELX800酶标仪:美国宝特公司。

1.4 实验方法

1.4.1 绿茶浸提液的制备

1.4.1.1 单因素实验设计 料液比的确定:在超声功率200 W、超声温度70 ℃和超声时间30 min条件下,考察不同料液比(1:10、1:15、1:20、1:25、1:30 g/mL)对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响。

超声温度的确定:在超声功率200 W、料液比1:20 g/mL和超声时间30 min条件下,考察不同超声温度(40、50、60、70、80 ℃)对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响。

超声时间的确定:在超声功率200 W、料液比1:20 g/mL和超声温度70 ℃条件下,考察不同超声时间(10、20、30、40、50 min)对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响。

1.4.1.2 正交实验设计 在单因素实验的基础上,以料液比(A)、超声温度(B)、超声时间(C)为因素进行3因素3水平实验,以茶多酚含量为评价指标,确定绿茶浸提液制备的最佳条件。正交实验因素水平设计见表1。

表1 正交实验因素水平设计

水平	因素		
	料液比/(g/mL) A	超声温度/℃ B	超声时间/min C
1	1:20	60	30
2	1:25	70	40
3	1:30	80	50

1.4.1.3 茶多酚含量测定 茶汤中茶多酚含量的测定,参照QB/T 4068—2010《食品工业用茶浓缩液》^[6]中的检测方法。

1.4.2 茶酸乳的制备 按1.4.1所得浸提条件制备绿茶浸提液,经8000 r/min离心10 min后收集上清液,置于4 ℃备用。将活化2代的嗜热链球菌131、德氏乳杆菌保加利亚亚种216、鼠李糖乳杆菌hsryfm1301和植物乳杆菌Grx16分别以3%的接种量单独接种于12%脱脂乳发酵至凝乳得到4种发

醇脱脂乳,置于4℃备用。

配制12%全脂乳,蔗糖添加量为7%,混合均匀后过200目筛并于55℃、20 MPa下进行均质。分别添加0%、4%、8%、12%及16%质量分数的绿茶浸提液于全脂复原乳中,95℃水浴15 min灭菌后冷却至42℃。

在无菌条件下分别在上述添加0%、4%、8%、12%及16%绿茶浸提液的全脂复原乳中接种体积分数为4%的混合乳酸菌,Grx16:hsryfm1301:131:216=1:1:1:1(v/v),于37℃发酵至凝乳,随后在4℃冰箱冷藏12 h进行后酸即得茶酸乳。

1.4.3 酸乳感官评价 由感官评价专业人员组成10人评定小组,参照刘亮等^[3]的方法对茶酸乳的色泽、香气、组织状态和滋味等方面进行评分,具体审评标准见表2,最后计算出样品的综合得分:

$$Y=A_n \times 10\% + B_n \times 20\% + C_n \times 30\% + D_n \times 40\%$$

式中:Y为酸乳感官评价总得分;

A_n 、 B_n 、 C_n 、 D_n 为各评价因子得分。

表2 茶酸乳感官评定标准

得分/分	色泽(A)	香气(B)	组织状态(C)	滋味(D)
8~10	色泽微黄,均匀一致	有茶香和乳香,香味协调,无异味	凝乳均匀不分层,无乳块颗粒,无乳清析出	茶乳滋味柔和协调,酸甜适口,口感细腻
5~7	色泽偏深或接近乳白,较均匀	无茶香乳香混合,香味不够协调,无异味	凝乳较均匀,轻微乳块颗粒,少量乳清析出	茶味乳味不协调,口感细腻,尚能接受
0~4	色泽过深,不均匀	茶香乳香气味不协调,有异味	凝乳不均,大量乳清析出	茶味乳味相冲突,有异味,难以接受

1.4.4 质构测定 参照陈霞等^[7]的方法,用TMS-PRO食品质构仪进行测定,测定探头为P/25柱形,测定参数:测前速率60 mm/min,测后速率与测前速率一致,2次压缩停留间隔5 s,测试形变量60%,起始力0.05 N,测试高度35 mm。选取发酵乳硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性、内聚性、黏附性等参数进行比较。

1.4.5 活菌数测定 参照GB 4789.35—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》^[8]对乳杆菌进行计数。

1.4.6 酸度测定 参照GB 5009.239—2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》^[9]测定酸度。

1.4.7 pH值测定 使用数显pH计测定。

1.4.8 持水力测定 称取空的10 mL离心管,质量记为 W_0 ,加入6 g成品发酵乳后质量记为 W_1 。在8000 r/min条件下离心20 min。静置10 min后弃去上清液,再次称其质量记为 W_2 ,持水力(%)= $(W_2 - W_0)/(W_1 - W_0)$,平行测定3次。

1.4.9 抗氧化能力测定 抗氧化活性物质提取参照戴梓茹等^[10]的方法并略作修改。称取后酸完成的酸乳3.0 g于10 mL离心管,再加入4 g 80%甲醇作为提取液,超声1 h后8000 r/min离心15 min,收集上清液并置于-20℃保存备用。

1.4.9.1 DPPH自由基清除能力的测定 DPPH自由基清除能力的测定参照徐寅等^[11]的方法并略作改动。将样品用80%甲醇稀释10倍待用。称取0.0079 g DPPH并用甲醇定容至100 mL,即得0.2 mmol/L的DPPH标准液。吸取100 μL样品溶液与100 μL 0.2 mmol/L的DPPH溶液加样于96孔酶标板并混匀,室温避光反应30 min,在517 nm下测定吸光度。

$$\text{DPPH自由基清除率}(\%) = [1 - (A_{\text{sample}} - A_{\text{control}}) / A_{\text{DPPH}}] \times 100$$

式中: A_{sample} 为DPPH和样品溶液的吸光度;

A_{control} 为样品和甲醇溶液的吸光度;

A_{DPPH} 为DPPH和甲醇溶液的吸光度。

以 V_c 作阳性对照,称取0.1 g V_c 用双蒸水定容至1 L即得质量浓度为0.1 g/L的 V_c 标准储备液,再稀释为0.002~0.01 g/L之间的系列标准溶液制作标准曲线。

1.4.9.2 亚铁离子螯合能力的测定 Fe^{2+} 螯合能力的测定参照徐寅等^[11]的方法并略作改动。取96孔酶标板,每孔分别加入100 μL样品溶液、100 μL浓度为0.1 mmol/L氯化亚铁和100 μL浓度为0.25 mmol/L菲洛嗪,反应混合物静置10 min,在562 nm下测定吸光度 A_s 。

$$\text{亚铁离子螯合能力}(\%) = (A_c - A_s) \times 100 / A_c$$

注: A_c 为空白对照蒸馏水的吸光度。

以EDTA二钠盐作为阳性对照,称取0.1 g EDTA用双蒸水定容至1 L得质量浓度为0.1 g/L的EDTA标准储备液,再稀释成质量浓度为0.01~0.03 g/L系列标准溶液,制作标准曲线。

1.5 数据分析

实验所得数据为3次重复实验结果的平均值。数据采用SPSS 19.0进行差异显著性分析。所有图形采用Origin 2018作图。

2 结果与分析

2.1 绿茶浸提液的制备

2.1.1 单因素实验结果 料液比对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响如图1所示。由图1可知，茶多酚的含量与溶剂的添加量呈非线性关系。当料液比为1:10~1:25 g/mL时，茶多酚提取率随料液比的增加而增加；当料液比超过1:25 g/mL时，茶多酚的含量反而减少。原因可能是对于水溶性物质而言，溶剂量越大，溶出速率越快，浸出物越多；但到达平衡后，溶剂量越多，相对含量越低。

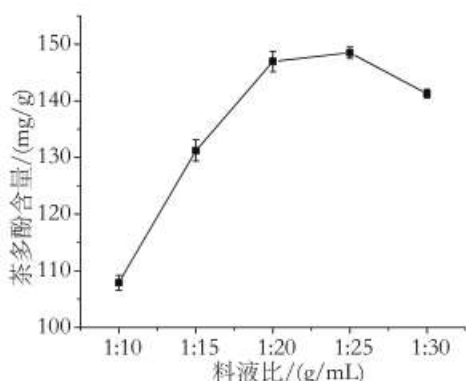


图1 料液比对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响

超声温度对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响如图2所示。由图2可知，温度对茶多酚含量有较大的影响，茶多酚得率随着温度升高而增加，在70℃达到最高；超声温度超过70℃后，茶多酚提取率急剧下降。在一定的温度范围内，茶多酚的提取率随着温度升高而增加，但过高的温度反而促进茶多酚氧化，从而导致茶多酚含量下降。

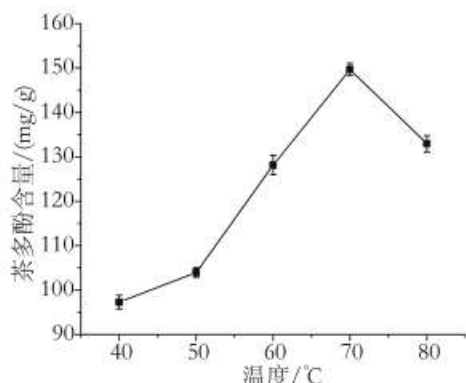


图2 超声温度对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响

超声时间对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响如图3所示。由图3可知，随着超声时间的延长，茶多酚得率不断升高；当达到30 min后，时间对茶多酚的提取率并没有显著影响；当时间超过40 min

后，茶多酚的含量呈下降趋势，这可能是由于超声时间太长，茶多酚的化学结构遭到破坏导致。

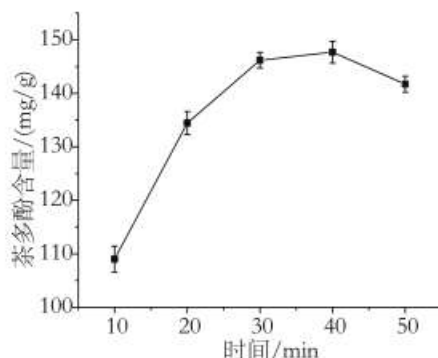


图3 超声时间对绿茶浸提液中茶多酚含量的影响

2.1.2 正交实验结果 结果显示，当料液比1:25 g/mL、超声温度70℃、超声时间50 min时，毛尖绿茶浸提液的茶多酚含量最高，达到151.6 mg/g，如表3所示。故选取此条件制备毛尖绿茶浸提液。

表3 茶多酚提取正交实验结果

实验号	因素			茶多酚含量/(mg/g)
	A	B	C	
1	1	1	1	127.0
2	1	2	2	149.5
3	1	3	3	136.9
4	2	1	2	131.0
5	2	2	3	151.6
6	2	3	1	147.8
7	3	1	3	142.5
8	3	2	2	148.2
9	3	3	1	132.5
k_1	137.80	133.50	135.77	
k_2	143.47	149.77	142.90	
k_3	141.07	139.07	143.67	
R	5.67	16.27	7.9	

2.2 绿茶浸提液对茶酸乳感官品质的影响

由图4可知，不同的茶叶浸提液添加量对酸乳品质的影响较大。随着茶叶浸提液添加量的增加，茶酸乳的色泽和香气评分呈递增趋势，而组织状态、滋味和总分与绿茶浸提液添加量并不是正相关的关系。绿茶浸提液的添加会改善酸乳的组织状态，但当添加量达到8%时，组织状态评分趋于稳定。绿茶浸提液对茶酸乳滋味的影响最大，适量的茶浸提液会提升酸乳风味，添加量为8%时滋味评分最高；但当绿茶浸提液添加量大

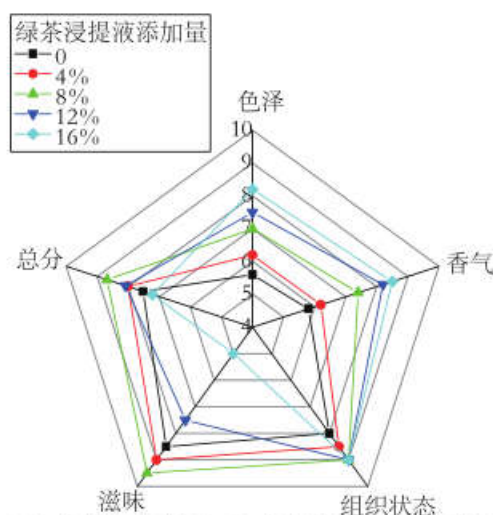


图4 绿茶浸提液添加量对酸乳感官品质的影响

于12%时,酸乳变得酸涩,滋味评分急剧下降。根据加权总评分可知,酸乳感官品质随着茶叶浸提液添加量的增加先上升后下降,当添加量为8%时,感官评分最高,4%和12%次之,16%感官评分最低。绿茶浸提液的添加会给酸乳带来独特滋味并改善其色泽和香气,但添加量过多会破坏茶

酸乳滋味上的协调,导致酸乳总体评分下降。综上所述,当绿茶浸提液添加量为8%时更能受到消费者认可。

2.3 绿茶浸提液添加量对茶酸乳质构和持水力的影响

不同绿茶浸提液添加量酸乳的质构特性如表4所示,随着绿茶浸提液的增加,酸乳的硬度、黏附性、内聚性和胶黏性和持水力均有差异($P<0.05$),而弹性和咀嚼性未见显著差异($P>0.05$)。酸乳的乳基组成、乳酸菌类型及添加剂是影响酸乳质构特性的主要因素。YUKSEL Z等^[12]观察到富含绿茶提取物的酸乳硬度增加,并用乳蛋白与茶黄烷醇交联解释了这一现象,本次研究也观察到类似现象。内聚力的增加与酸乳内部涉及的力有关,当作用力作用时酸乳凝胶网络连接键断裂,在作用力停止后又得到重组,茶酸乳内聚性的增加可能是因为绿茶浸提液的添加引起蛋白质多酚缔合氢键从而产生了大量弱作用^[13]。黏附性和胶黏性的差异则可能由绿茶浸提液的添加导致乳成分含量的变化引起。

表4 绿茶浸提液添加量对质构和持水力的影响

绿茶浸提液添加量/%	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性(Ratio)	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ	持水力/%
0	0.1677±0.02471 ^{ab}	0.2302±0.0276 ^{ab}	0.46±0.01 ^c	8.93±2.02 ^a	0.077±0.010 ^{bc}	0.68±0.12 ^a	42.61 ^b
4	0.1847±0.01518 ^a	0.3839±0.1377 ^a	0.48±0.01 ^{abc}	8.85±0.75 ^a	0.089±0.006 ^{ab}	0.79±0.10 ^a	49.13 ^a
8	0.144±0.01039 ^b	0.1982±0.0140 ^b	0.51±0.03 ^a	8.13±0.15 ^a	0.073±0.007 ^c	0.59±0.07 ^a	40.94 ^b
12	0.1863±0.01629 ^a	0.3271±0.1182 ^{ab}	0.48±0.01 ^{bc}	7.79±0.85 ^a	0.089±0.009 ^{ab}	0.70±0.14 ^a	32.55 ^c
16	0.1833±0.00231 ^a	0.3065±0.0632 ^{ab}	0.50±0.02 ^{ab}	8.21±0.33 ^a	0.092±0.003 ^a	0.75±0.04 ^a	31.05 ^c

注:同列数据肩标不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

持水力是影响发酵乳质量的重要因素。由表4可见,绿茶浸提液添加量对茶酸乳持水力的影响较大,添加4%绿茶浸提液的酸乳持水力显著高于0和8%添加量的酸乳($P<0.05$),达到49.13%。然而随着绿茶浸提液的继续增加,持水力呈下降趋势,添加12%和16%绿茶浸提液的酸乳持水力显著降低($P<0.05$),分别仅32.55%和31.05%。NAJGEBAUER-LEJKO D等^[13]表示加入绿茶的酸乳在与水相互作用的结构中具有更多的结合位点,这可能是适量添加茶浸提液会提高酸乳持水力、增加酸乳总固形物含量、减少乳清析出的原因。但本研究还发现绿茶浸提液的过量添加反而会破坏发酵乳成分间的相互作用,导致乳清析出,降低酸乳持水力。考虑到需要稳定维持酸乳品质,则茶酸乳中绿茶浸提液添加量

不应超过12%。

2.4 绿茶浸提液添加量对茶酸乳活菌数的影响

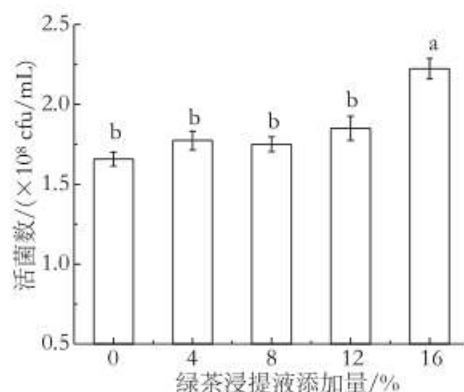
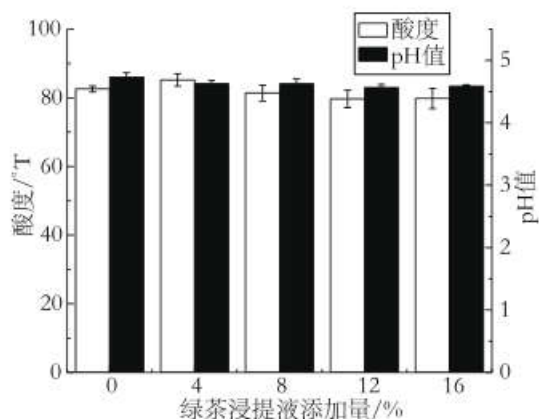


图5 绿茶浸提液添加量对活菌数的影响

由图5可知,当茶叶浸提液添加量为16%时,

酸乳活菌数显著高于添加了0、4%、8%和12%绿茶浸提液的酸乳($P<0.05$), 达到 2.23×10^8 cfu/mL。而添加4%、8%和12%茶叶浸提液的酸乳活菌数均略高于对照, 但未见显著性差异($P>0.05$), 均在 $1.65 \times 10^8 \sim 1.85 \times 10^8$ cfu/mL范围内。由此可见, 绿茶浸提液的添加对益生菌的生长具有积极影响, 其中某些成分可以作为益生元促进益生菌的生长, 但只有绿茶浸提液活性物质达到一定的剂量才会对益生菌的生长起到明显促进作用, 而低剂量的绿茶浸提液促进作用不明显。绿茶提取物具有清除氧和抗氧化剂的特性, 为益生菌创造了一个更有利的厌氧环境^[14], 这可能是绿茶浸提液促进益生菌生长的主要原因。

2.5 绿茶浸提液添加量对茶酸乳酸度和pH值的影响



注: 未标注字母表示酸度和pH值组间均无显著性差异($P>0.05$)。

图6 绿茶浸提液添加量对酸度、pH值的影响

由图6可见, 绿茶浸提液添加量对茶酸乳的酸度没有显著影响($P>0.05$)。其中, 添加了4%绿茶浸提液的酸乳酸度最高, 为85.20 °T。而且随着绿茶浸提液添加量的增加, 酸度逐渐下降, 其中12%和16%的酸度最低(约79 °T), 低于不添加绿茶浸提液酸乳酸度(82.56 °T)。因此, 添加该浓度范围内的绿茶浸提液对乳酸菌代谢产乳酸无明显影响。另外, 所有酸乳酸度均大于70 °T, 符合食品安全国家标准发酵乳^[15]的规定, 但绿茶浸提液的添加对茶酸乳储存期的酸度变化是否有影响还有待研究。添加不同量绿茶浸提液的酸乳pH值的测定结果与滴定酸度一致, 随着绿茶浸提液添加量的增加, 不同酸乳之间的pH值未见显著差异($P>0.05$)。其中, 不添加绿茶浸提液的酸乳pH值

约为4.73, 添加茶浸提液的酸乳pH值略低, 约为4.6。绿茶浸提液本身的pH值呈酸性, 这可能是导致茶酸乳发酵终点pH值较低的原因。另外, 有研究表明在酸乳中添加杜仲茶粉有利于乳酸菌繁殖产酸^[3], 但在本次研究中并未观察到这种现象, 可能由不同品种茶叶主要活性成分的差异导致。

2.6 绿茶浸提液添加量对茶酸乳抗氧化能力的影响

2.6.1 DPPH自由基清除能力 由图7可见, 茶酸乳的DPPH自由基清除能力随着绿茶浸提液的增加呈上升趋势且差异显著($P<0.05$)。未添加浸提液的酸乳DPPH自由基清除能力只有16.80%, 而添加16%绿茶浸提液的酸乳DPPH自由基清除能力高达87.94%, V_c 当量为0.0132 g/L。DPPH自由基清除能力的增加与绿茶浸提液添加量呈量效关系, 说明绿茶浸提液的添加可以显著提高酸乳的抗氧化能力。KACHOURI F等^[16]提到一些乳酸菌具有显著的抗氧化活性, 使儿茶素在酸乳发酵过程中不被氧化。因此, 酸乳产品中的茶酚化合物将能够保持其抗菌和抗氧化活性, 甚至可以构成新的天然色素^[17], 本次研究也验证了这一观点, 益生菌与绿茶浸提液的相互作用可带来显著的抗氧化功能效益。

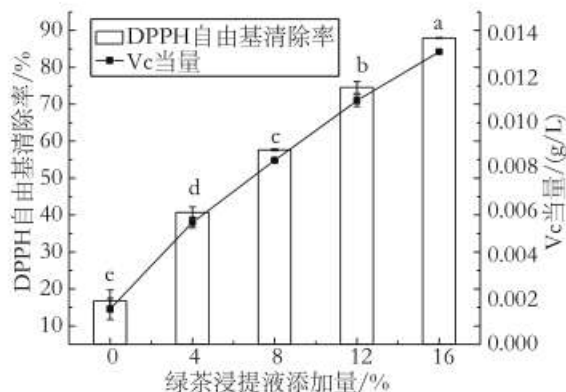


图7 绿茶浸提液添加量对DPPH自由基清除能力的影响

2.6.2 亚铁离子螯合能力 由图8可见, 茶酸乳的亚铁离子螯合能力会随着绿茶浸提液的添加显著上升($P<0.05$)。当添加量为12%和16%时, 亚铁离子螯合能力最好, 分别为86.33%和88.81%, V_c 当量为0.0323 g/L和0.0330 g/L, 但两者差异不显著($P>0.05$)。添加量为4%和8%时, 亚铁离子螯合能力次之, 分别为71.18%和76%, 两者差异不显著($P>0.05$)。由此可见, 茶酸乳亚铁离子螯合能力与绿茶浸提液添加量不是明显正相关关系, 只有添

加量增加一定程度才能提高亚铁离子螯合能力。 Fe^{2+} 会和 H_2O_2 反应生成高反应活性的羟基自由基,可加速脂质过氧化作用,破坏生物大分子的结构^[18]。因此,亚铁离子螯合能力也是评价抗氧化能力的重要指标之一。有研究表明,酶活性能够将多酚转化为比原始多酚更具生物利用性或生物活性的化合物^[19]。例如,益生菌活性可以将糖基化的黄酮转化为各自的苷元,而苷元通常具有更强的抗氧化活性^[20]。茶酸乳抗氧化性能的增强可能由于益生菌代谢酚类物质产生了具有更强抗氧化活性的化合物,具体代谢过程还需进一步研究。总之,绿茶浸提液的添加提升了酸乳的抗氧化功能,赋予酸乳更好的保健性能。

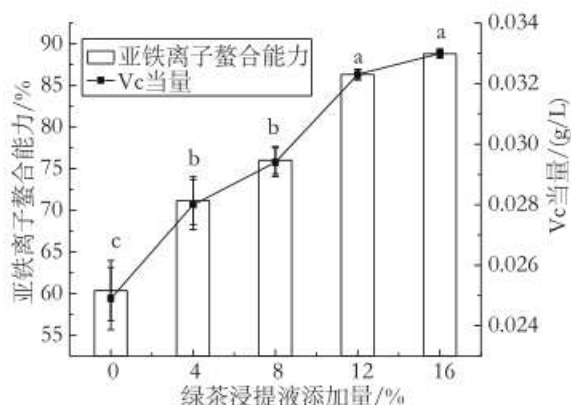


图8 绿茶浸提液添加量对亚铁离子螯合能力的影响

3 结论

本实验以毛尖绿茶为研究对象制备茶酸乳,并对酸乳品质进行了系统评价。利用单因素实验结合正交实验确定了绿茶浸提液的浸提条件。当料液比1:25 g/mL、辅助超声提取温度70℃、超声时间50 min时,毛尖绿茶浸提液的茶多酚含量最高。

研究发现,绿茶浸提液添加量会对酸乳感官品质造成较大影响,绿茶浸提液添加量为8%时更受消费者欢迎。当绿茶浸提液添加量达到一定剂量会促进植物乳杆菌Grx16、鼠李糖乳杆菌hsryfm1301及德式乳杆菌保加利亚亚种216的生长,添加量为16%时乳杆菌活菌数达到 2.23×10^8 cfu/mL,但对最终产品的pH值和酸度水平没有影响。而且添加适量绿茶浸提液还能提高酸乳持水力,但过量添加则会降低酸乳持水力,故添加量不超过12%为宜。另外,绿茶浸提液的添加会显著提升酸乳抗氧化活性,当添加量为16%时,其DPPH自由基清除能力达87.94%、亚铁离子螯合能

力达88.81%。

因此,在制作酸乳的过程中可以加入绿茶浸提液来增加酸乳风味、提升酸乳功能特性,并且不会对益生菌发酵活性造成负面影响,这在后续绿茶酸乳的研发中具有重要参考意义,但茶浸提液对茶酸乳产品货架期品质的影响还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 申雯,黄建安,李勤,等.茶叶主要活性成分的保健功能与作用机制研究进展[J].茶叶通讯,2016,43(1):8-13,65.
- [2] 张燕,余根益,高敏,等.4种茶的多酚含量、抗氧化性及抑制 α -淀粉酶活性的比较[J].河南工业大学学报(自然科学版),2019,40(1):79-83.
- [3] 刘亮,卢琪,段加彩,等.杜仲茶酸乳的研制及茶粉、绿原酸对酸乳品质的影响[J].食品科学,2010,31(12):114-118.
- [4] NAJGEBAUER-LEJKO D, SADY M, GREGA T, et al. The impact of tea supplementation on microflora, pH and antioxidant capacity of yoghurt[J]. International Dairy Journal,2011,21(8):568-574.
- [5] MUNIANDY P, SHORI A B, BABA A S. Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage[J]. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences,2015,22:26-30.
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部.食品工业用茶浓缩液:QB/T 4068—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [7] 陈霞,包一枫,陈大卫,等.原料乳中氧氟沙星残留量对*S. thermophilus* grx02发酵乳质构及流变特性的影响[J].食品科学,2015,36(23):18-22.
- [8] 中华人民共和国卫生部.食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验:GB 4789.35—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [9] 中华人民共和国卫生部.食品安全国家标准 食品酸度的测定:GB 5009.239—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [10] 戴梓茹,吴远清,张晨晓,等.牡蛎肽酸乳工艺及体外抗氧化活性研究[J].中国乳品工业,2020,48(5):25-30,54.
- [11] 徐寅,黄玉军,陈霞,等.乳酸菌发酵豆乳体内抗氧化效应研究[J].中国乳品工业,2012,40(8):16-19.
- [12] YUKSEL Z, AVCI E, ERDEM Y K. Characterization of binding interactions between green tea flavanoids and milk proteins[J]. Food Chemistry,2010,121(2):450-456.
- [13] NAJGEBAUER-LEJKO D, WITEK M, ZMUDZINSKI D, et al. Changes in the viscosity, textural properties, and water status in yogurt gel upon supplementation with green and Pu-erh teas[J]. Journal of Dairy Science,2020,103(12):11039-11049.
- [14] SHAH N P, DING W K, FALLOURD M J, et al. Im-

蓝莓果渣主要功能性成分及综合利用研究进展

张昌容¹, 李志², 何永福¹, 沈佳奇^{3*}

(1.贵州省农业科学院植物保护研究所, 贵州 贵阳 550000; 2.六盘水市口岸服务中心, 贵州 六盘水 553000; 3.贵州省农业科学院旱粮研究所, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 蓝莓是一种原产于北美洲及东亚、我国北部地区的多年生低灌木。蓝莓果渣是蓝莓果汁、果酒加工副产物。果渣中的功能性成分与果实相近, 具有降血脂、抗肿瘤、调节免疫力等功效。文章综述了蓝莓果渣主要功能性成分、功效及综合利用的国内外研究进展, 提出了目前研究存在的不足, 并对未来研究方向进行了简要展望, 可为蓝莓果渣综合开发利用提供参考。

关键词: 蓝莓果渣; 功能性成分; 综合利用; 研究进展

中图分类号: TS 209 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9989(2021)06-0110-05

Research Progress on Functional Ingredients and Comprehensive Utilization of Blueberry Pomace

ZHANG Changrong¹, LI Zhi², HE Yongfu¹, SHEN Jiaqi^{3*}

(1.Institute of Plant Protection, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550000, China; 2.Liupanshui Port Service Center, Liupanshui 553000, China; 3.Institute of Upland

收稿日期: 2021-03-08

*通信作者

基金项目: 贵州省科技厅重大专项(黔科合重大专项字[2015]6013-8); 贵州省农业科技支撑计划项目(黔科合支撑[2020]1Y173号)。

作者简介: 张昌容(1986—), 博士, 副研究员, 研究方向为农业昆虫与害虫防治。

proving the Stability of Probiotic Bacteria in Model Fruit Juices Using Vitamins and Antioxidants[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(5): 278-282.

[15] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 发酵乳: GB 19302—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[16] KACHOURI F, HAMD M. Use *Lactobacillus plantarum* in olive oil process and improvement of phenolic compounds content[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(3): 746-752.

[17] COISSON J D, TRAVAGLIA F, PIANA G, et al. *Euterpe oleracea* juice as a functional pigment for yogurt[J]. Food

Research International, 2005, 38(8-9): 893-897.

[18] 林晓冬, 董可明, 崔春. 赤砂糖抗氧化活性评价的研究[J]. 现代食品, 2020, (8): 206-209.

[19] USKOVA M A, KRAVCHENKO L V, AVRENJEVA L I, et al. Effect of *Lactobacillus casei* 114001 Probiotic on Bioactivity of Rutin[J]. Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 2010, 149(5): 578-582.

[20] LOPEZ-DE-LACEY A M, PEREZ-SANTIN E, LOPEZ-CABALLERO M E, et al. Survival and metabolic activity of probiotic bacteria in green tea[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 55(1): 314-322.