

蔗糖替代物对减蔗糖甜炼乳理化性质的影响

方若思¹, 金诚豫¹, 陈唐超¹, 徐世轩¹, 梁淑敏¹, 梁世赞²,
梁世排², 杨晓军², 吕欣³, 肖功年^{1*}

(¹浙江科技学院 杭州 310023

²熊猫乳品集团股份有限公司 浙江温州 325400

³西北农林科技大学食品科学与工程学院 陕西杨凌 712100)

摘要 炼乳是一种浓缩乳制品,它是将新鲜牛乳经杀菌处理后,蒸发除去其中大部分水分而制成的。由于一般的炼乳中蔗糖含量相对较高,热量也相对较高,与人们现在所追求的“低糖、低卡”的饮食新风尚相背离,因此本文研究减蔗糖甜炼乳的制作工艺及其性质,通过对不同蔗糖替代物进行基础品质,如糖度、黏度、水分活度以及色差、挥发性风味物质、味觉感官、质构、有机酸分析来筛选理想的“代糖”,初步筛选取代糖种类及取代比例,最终制成减蔗糖甜炼乳。

关键词 炼乳;蔗糖替代;理化性质分析

文章编号 1009-7848(2022)11-0238-09

DOI: 10.16429/j.1009-7848.2022.11.025

加糖(甜)炼乳(Sweetened condensed milk)是以生乳和(或)乳制品、蔗糖为原料,添加或不添加食品添加剂和营养强化剂,经真空蒸发、加糖后密封制成的黏稠状产品。甜炼乳成品中蔗糖含量为40%~50%,高渗透压可抑制大部分微生物的生长,从而赋予成品一定的保存性。甜炼乳黏性大、营养成分高、口感好,将鲜牛乳加工成炼乳,除可以防止酸败、延长货架期外,还能提高牛乳的风味^[1]。

目前针对炼乳的研究较少,国内主要报道的是王仲达等^[2]和刘桂芹等^[3]利用木聚糖制作炼乳的工艺优化,周嶂等^[4]研究了添加紫薯对炼乳流变及质构的影响,韩承平等^[5]介绍了炼乳出现黄褐色斑点、不定型的黏软块状物和少数瓶盖鼓起、胖听的原因。在国外,除较古老的文献报道甜炼乳的制作方法和营养外,主要集中在品质和品牌的比较;Nure 等^[6]报道了孟加拉国炼乳品质比较,分析其微生物、流变性、稠度等特性;Madhav 等^[7]报道了野牛奶炼乳的物理化学特性;Masi 等^[8]、Alim 等^[9]、Kilic 等^[10]报道了将炼乳应用于酸奶中对酸奶物理、化学特性的影响。近年来国外学者也开展了一

些特色炼乳的研发工作^[11-12]。例如,Kalinina 等^[13]针对乳糖不耐受人群开发低乳糖水解炼乳;Kalyankar 等^[14]添加不同功能成分制作炼乳,开发适宜运动员、康复者或老年人等人群的特色食品。国内学者和炼乳生产商也尝试开发调制炼乳,如焦糖炼乳,该炼乳具有浓郁的焦香味且口感滑顺、细腻浓稠^[15];于法周^[16]将鱼油添加于炼乳中,克服了现有技术中鱼腥味重和鱼油及炼乳混合后发黄变黑的问题,赋予炼乳功能性。

随着人们消费和健康意识的增强,对蔗糖的摄入越来越慎重,如何开发既保留甜炼乳醇厚甜味,又降低蔗糖含量,同时不失抑制微生物的高渗透压作用的甜炼乳,是当前国内乃至世界性的技术难题。降低蔗糖的关键在于选择合适的“代糖”。本研究选择2种功能性低聚糖和3种糖醇作为“代糖”来研究其取代蔗糖后的变化。

海藻糖具有保湿性、耐干燥性和抗冻结性、纯正甜味等特性,可改善食品品质并增加食品感官品质,具有能防止蛋白质变性,抑制脂质氧化变质,矫味等作用^[17]。乳果糖作为低聚糖,有维持渗透压的作用,且带有清凉感,黏度、热值低,安全性、稳定性好,不易发生美拉德反应^[18]。木糖醇甜度与蔗糖相当,溶于水时可大量吸热,会在口中产生愉快的清凉感,且有防龋齿的作用。其代谢不受胰岛素调节,可用作糖尿病人的热能源^[19]。D-山梨糖醇有清凉甜味,耐酸、耐热性能好,具有良好的

收稿日期: 2021-11-07

基金项目: 浙江省重点研发项目(2020C02054)

第一作者: 方若思,女,博士,副教授

通信作者: 肖功年 E-mail: xiaogongnian@126.com

保湿性能,还可保持甜、酸、苦味强度的平衡。山梨糖醇是不挥发的多元醇,还有保持食品香气的功能^[20]。赤藓糖醇热量仅为 0.2 kcal/g,是热量最低的糖醇,分子质量小可在小肠中被直接吸收,基本不在人体内代谢,约 90%随尿液排出体外^[21]。赤藓糖醇不被人体口腔细菌利用,因而可保护牙齿。市面上的“0 糖、0 热量”饮料的甜味大都来自赤藓糖醇。

本研究选取 5 种“代糖”作为蔗糖替代物来适度替代蔗糖,分析替代后炼乳的糖度、水分活度、色泽、风味、质地、黏度等的变化规律,以期筛选出一款既能减少蔗糖含量,又能保持其原有特性的炼乳产品。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

全脂乳粉购自北大荒完达山乳业有限公司。蔗糖、海藻糖、乳果糖、木糖醇、山梨糖醇、赤藓糖醇均购自生工生物工程(上海)股份有限公司。

1.2 仪器与设备

1260 高效液相色谱仪、7890 气相色谱质谱联用仪,安捷伦公司;TA. XT.plus C 质构仪,英国 Stable Micro System 公司;CR-400 色差仪,美能达公司;RE-52AA 旋转蒸发器,上海亚荣仪器有限公司;旋转粘度计,安东帕公司。

1.3 方法

1.3.1 炼乳的制作及试验处理方法

1) 将 50 g 乳粉与 100 mL 水在 55 °C 的条件下进行溶解,同时将 66 g 糖与 100 mL 水在 65 °C 的条件下进行溶解,将溶解好的乳液与糖液按体积比 1:1 进行混合。其中,糖的比例按表 1 进行调配。

表 1 不同蔗糖替代组的调配配方

Table 1 Blending formulas of different sucrose substitution groups

	组别编号	蔗糖/g	海藻糖/g	乳果糖/g	木糖醇/g	山梨糖醇/g	赤藓糖醇/g
对照组	0	66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20%蔗糖替代组	1	52.8	6.6	3.3	3.3	0.0	0.0
	2	52.8	6.6	3.3	0.0	3.3	0.0
	3	52.8	6.6	3.3	0.0	0.0	3.3
40%蔗糖替代组	4	39.6	19.8	3.3	3.3	0.0	0.0
	5	39.6	19.8	3.3	0.0	3.3	0.0
	6	39.6	19.8	3.3	0.0	0.0	3.3
	7	39.6	13.2	3.3	9.9	0.0	0.0
	8	39.6	13.2	3.3	0.0	9.9	0.0
	9	39.6	13.2	3.3	0.0	0.0	9.9
60%蔗糖替代组	10	39.6	9.9	3.3	13.2	0.0	0.0
	11	39.6	9.9	3.3	0.0	13.2	0.0
	12	39.6	9.9	3.3	0.0	0.0	13.2
	13	26.4	26.4	3.3	9.9	0.0	0.0
	14	26.4	26.4	3.3	0.0	9.9	0.0
	15	26.4	26.4	3.3	0.0	0.0	9.9
	16	26.4	13.2	3.3	23.1	0.0	0.0
	17	26.4	13.2	3.3	0.0	23.1	0.0
	18	26.4	13.2	3.3	0.0	0.0	23.1

2) 均质 采用分散机高速剪切 10 min。

3) 预热杀菌 水浴加热到 95 °C,保持 5 min。

4) 冷却浓缩 冷却到 20 °C 后采用旋转蒸发器进行浓缩。首先进行梯度升温,升温至 50 °C 左右停止,浓缩至终点。浓缩接近终点时,浓度、黏度

较高,沸腾状态滞缓,四周的乳液滚向中央呈一个泡沫潭,乳表面稍有光泽,此时便可取样测定。

1.3.2 炼乳理化性质的测定

1.3.2.1 糖度的测定 利用手持糖度仪测定炼乳的糖度,手持糖度计使用前先校正,测定时滴加

1~2滴炼乳于棱镜上,迅速将两块棱镜闭合,对准光源,使光线射入棱镜中,通过刻度尺进行读数。

1.3.2.2 水分活度的测定 利用 Novasina 水分活度仪来测定炼乳的水分活度。在水分活度仪预热、校准完成后将炼乳倒入测定槽中读数。

1.3.2.3 黏度的测定 采用表盘粘度计对黏度进行测定。

1.3.3 炼乳的色香味分析

1.3.3.1 色差分析 颜色是炼乳的重要品质,也是人们在选购炼乳时的第一个判断依据,炼乳的颜色应呈均匀一致、有光泽的乳白色或微黄色。通过色差计对炼乳样品进行色差分析。色差计采用 Lab 色彩模型, L 表示亮度, a 表示从洋红色至绿色的范围, b 表示从黄色至蓝色的范围。

1.3.3.2 挥发性风味物质分析 将 4 mL 炼乳样品和 4 mL 25%的磷酸二氢钠混合后加入顶空瓶中,60℃下磁力搅拌加热 20 min 后将萃取头插入顶空瓶中,继续于 60℃下加热 30 min 后进样。GC 色谱条件:载气为氮气,流速为 1 mL/min,无分流进样;程序升温:初始柱温 40℃,保持 5 min;以 5℃/mL 的速率升温至 230℃,保持 10 min。进样口温度为 250℃,GC 解析时间 2.5 min。质谱条件:电子轰击离子源(EI)电子能量为 70 eV,离子源温度为 250℃,接口温度为 250℃,检测口电压为 350 V。扫描方式为全扫描,质量范围为 35~350^[22]。

1.3.3.3 电子舌味觉分析 相对于感官鉴评方法,电子舌实现了酸、苦、涩、咸、鲜和甜味等基本味及回味的数字化评价,具有结果稳定且受外界影响小的优点。取适量待测样品置于测试杯中,不同味觉与传感器一一对应,所有传感器分别在参比溶液和炼乳样品中浸泡、洗涤后测得电势值 V_r 和 V_s ,通过对 V_s-V_r 值的计算,即可对炼乳的酸、甜、苦、涩、咸等基本味和回味进行分析。每个样品重复测试 4~5 次,为减少系统误差,选后 3 次纳入数据分析^[23]。

1.3.4 炼乳的质构分析 质地是评价炼乳感官质量的一个重要指标^[24]。采用 TA.XT.plus C 质构仪测定炼乳质地,参数设定如下:测试前速度 1.00 mm/s,测试速度 5.00 mm/s,测试后速度:10.000 mm/s,测试时间:5.00 s。

1.3.5 炼乳有机酸的高效液相色谱分析 将乳

酸、酒石酸、甲酸、乙酸、柠檬酸、抗坏血酸、草二酸、苹果酸、琥珀酸、丙酸的标准品制成 10 mg/mL 的单一酸标准液。分别吸取 10 mg/mL 的单标 100 μ L,加超纯水定容至 1 mL,使其质量浓度为 1 mg/mL。最后分别取标准混合液 200,400,600,800 μ L 并定容至 1 mL,用于制作标准曲线。炼乳样品稀释 100 倍后经 0.45 μ m 的滤膜过滤后直接进样检测。色谱柱为 C18 柱,以 0.1%磷酸和 100%甲醇(97:3)作为流动相,柱温 30℃,流速为 0.8 mL/min,紫外检测器在波长 215 nm 下检测。

1.3.6 数据统计分析 每个是验重复 3 次,采用 SPSS 软件对数值进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 蔗糖替代物对炼乳理化品质的影响

2.1.1 不同蔗糖替代物对炼乳糖度的影响 糖度是旋蒸达到终点的判断依据,也是表征炼乳是否符合标准的重要指标,糖度过低会导致渗透压未达到要求,导致炼乳在储藏的过程中染菌;糖度过高则会导致炼乳中糖含量过高,在低温储藏的过程中出现糖结晶析出现象,影响炼乳的品质与货架期。

在 20%,40%,60%蔗糖替代试验组中,糖度与对照组相差均在 $\pm 3\%$ 之内,除第 9 组外,蔗糖替代组的糖度均接近或高于对照组,可见在蔗糖取代后,炼乳糖度变化不大,甚至出现小幅度提升。

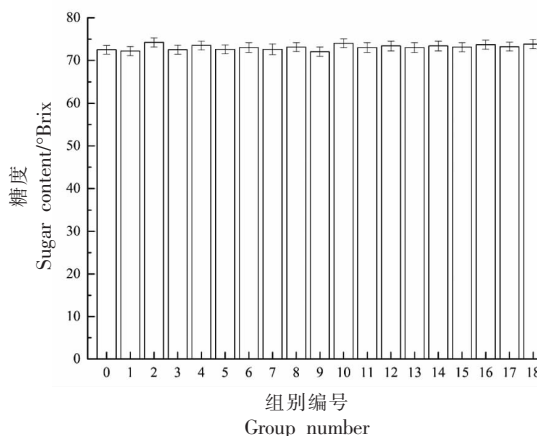


图 1 不同蔗糖替代物对炼乳糖度的影响

Fig.1 The effect of different sucrose substitute on the brix of condensed milk

2.1.2 不同蔗糖替代物对炼乳水分活度的影响

食品中的水分活度与渗透压存在相关性,水分活度越低,渗透压越高。高渗环境可抑制大部分微生物的生长,从而赋予成品一定的保存性。

20%、40%、60%蔗糖替代组的水分活度与对照组相比,均低于对照组,表明在相同的加工储藏条件下,将蔗糖替代后,水分活度降低,渗透压增加,可延长产品的货架期。相较于 40%蔗糖替代组和 20%替代组,60%蔗糖替代组的水分活度降低地更多,然而,不同糖醇和不同低聚糖比例之间无显著的规律。综上,水分活度主要取决于蔗糖取代的比例,蔗糖质量分数的高低仍是决定渗透压的关键因素。

2.1.3 不同蔗糖替代物对炼乳黏度的影响

在测定黏度的过程中,部分炼乳经长时间保藏后,炼乳中的糖会结晶使得黏度增大。如图 3 所示,经蔗糖取代后除 5、7、9、11 组与对照相差较小外,剩余组黏度与对照组差距较大。取代蔗糖后炼乳黏度明显增高,可通过其它工艺过程的改进或者加入炼乳晶种的方式进行改善。

2.2 不同蔗糖替代物对炼乳色、香、味的影响

2.2.1 不同处理组炼乳的色差分析

蔗糖替代后颜色差异主要表现为黄蓝色度和亮度的差异,本文重点关注亮度(L值)和黄蓝色度(b值)的数据。通过比较亮度可得,试验组的亮度均高于对照组,说明蔗糖替代组可以增加炼乳亮度;黄蓝色度虽略有波动,但肉眼无法判别,总体上看,经蔗糖取代后的炼乳的黄蓝色度与未取代组差异不显著。

综上所述,所有试验组的炼乳都呈淡亮黄色,与对照组的色度差异不显著,说明蔗糖取代后对炼乳的色差无显著影响。

2.2.2 不同处理组炼乳中主要挥发性风味物质的含量差异分析

乳制品的风味成分非常丰富,包括醇类、酯类、酸类、醛类等^[25]。表 2 选取了炼乳中主要的挥发性风味物质进行定性分析比较,以挥发性风味物质的总含量作为 100%,各成分含量为该成分峰面积与总含量的峰面积比值。结果发现,酸类是炼乳中种类相对较丰富的风味物质,大部分试验组都检出了甲酸、乙酸、丁酸、己酸、辛酸等一元酸类,同时还检出环丁醇、异山梨糖醇等醇类,苯甲醛、己醛等醛类,然而,均不是主要的风味

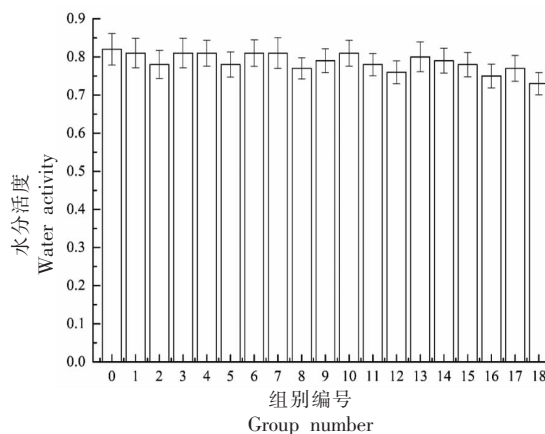


图 2 不同蔗糖替代物对炼乳水分活度的影响
Fig.2 Effects of different sucrose substitute on water activity of condensed milk

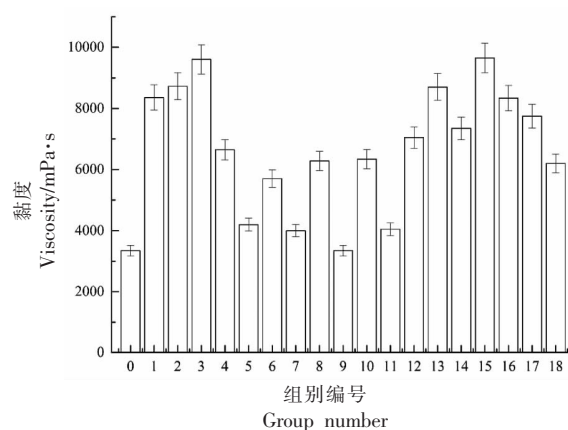


图 3 不同蔗糖替代物对炼乳黏度的影响
Fig.3 Effects of different sucrose substitute on viscosity of condensed milk

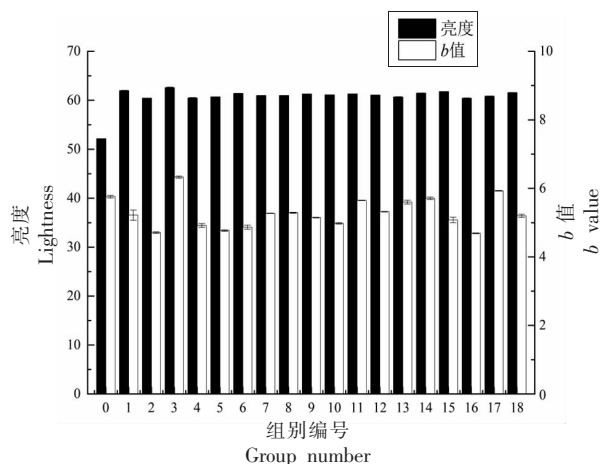


图 4 蔗糖替代组中不同蔗糖替代物对炼乳色度的影响
Fig.4 The effect of different sucrose substitutes in the sucrose substitute group on the color of condensed milk

表2 不同试验组炼乳挥发性风味物质的定性分析(%)

物质	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
甲酸	0.47	-	0.39	-	-	1.32	0.07	2.27	-	0.04	-	-	-	-	-	0.52	0.39	0.8	-
乙酸	0.97	-	1.32	-	0.95	1.02	0.17	1.78	3.68	0.02	-	1.18	-	-	-	0.71	1.5	1.62	-
丁酸	-	-	-	-	-	1.54	0.08	-	-	-	-	2.59	-	3.47	-	-	-	-	1.83
己酸	-	1.26	-	-	6.49	1.91	1.71	4.64	0.11	2.64	11.67	-	2.8	-	-	-	-	-	-
辛酸	0.75	1.11	0.4	0.69	0.58	1.75	0.5	1.25	2.92	0.58	2.93	1.23	0.86	1.8	1.68	0.4	0.32	0.51	1.95
环丁醇	-	2.35	0.2	2.39	-	0.99	-	-	-	-	-	-	0.34	-	1.82	1.35	-	-	0.02
异山梨糖醇	21.5	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-	2.29	14.5
苯甲醛	-	0.26	0.1	1.22	-	0.04	-	-	0.38	-	-	-	1.55	-	0.03	-	-	-	0.4
己醛	-	0.12	0.21	-	-	-	-	-	1.6	0.21	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
草酸乙酯	-	-	-	-	-	-	0.13	-	-	0.03	-	-	-	-	0.29	-	-	-	0.27
L-丙氨酸甲酯	-	0.12	-	-	-	2.14	-	-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	-	-
L-丙氨酸乙酯	-	0.42	-	0.23	-	-	2.97	0.14	-	0.16	-	-	2.58	-	-	-	-	-	-
琥珀酸丙酯	-	-	1.37	-	-	-	1.38	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	1.29	-	-
2-糠酸甲酯	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.11	3.43	2.67	-

注：“-”表示相对百分含量近乎为零。

物质。酯类作为试验组炼乳中主要的风味物质,以草酸乙酯、L-丙氨酸甲酯、L-丙氨酸乙酯、2-糠酸甲酯为主。

从表2中可以看出,无论是未经蔗糖替代的对照组还是经20%、40%、60%蔗糖替代的试验组,最主要的风味物质还是酸类、酯类、酸类上种类和含量差别不大,尤其是辛酸在各组中均可检出,可以推测,辛酸应为炼乳的特色风味物质。各组之间的酯类的种类差别较大,可能因为添加不同的蔗糖替代物所致。

总体而言,蔗糖替代组中添加山梨糖醇的试验组的挥发性风味物质比对照组更丰富。对照组仅检出4种风味物质,而以山梨糖醇取代的试验组除第11组外,其它各组风味物质的种类均远高于对照组,可见经蔗糖取代后,对炼乳的风味有一定的提升作用。

2.2.3 不同处理组炼乳的电子舌味觉分析 图4为电子舌传感器检测20%、40%、60%蔗糖替代组中的部分组别炼乳的原始数据雷达图,描述了酸、甜、苦、咸、涩味及回味的相对测定值。

通过对比20%、40%、60%蔗糖替代组和未经取代的100%蔗糖组可得,在咸味、甜味、苦味、涩味、回味的这几种味觉中,蔗糖替代组与对照组的差异并不明显,而在酸味上却有显著差异。与对照组相比,40%的替代组口感与对照更为接近,而20%和60%取代组的酸味下降较多。20%替代组中以添加木糖醇的取代组酸味减少最少;而40%替代组酸味下降相对较少,其中以添加13.2g赤藓糖醇、3.3g乳果糖、9.9g海藻糖的取代组酸味减少最多;而60%替代组的每个试验组酸味减少程度大致相同。对于炼乳产品,甜味是最主要的味觉,取代组的甜味与

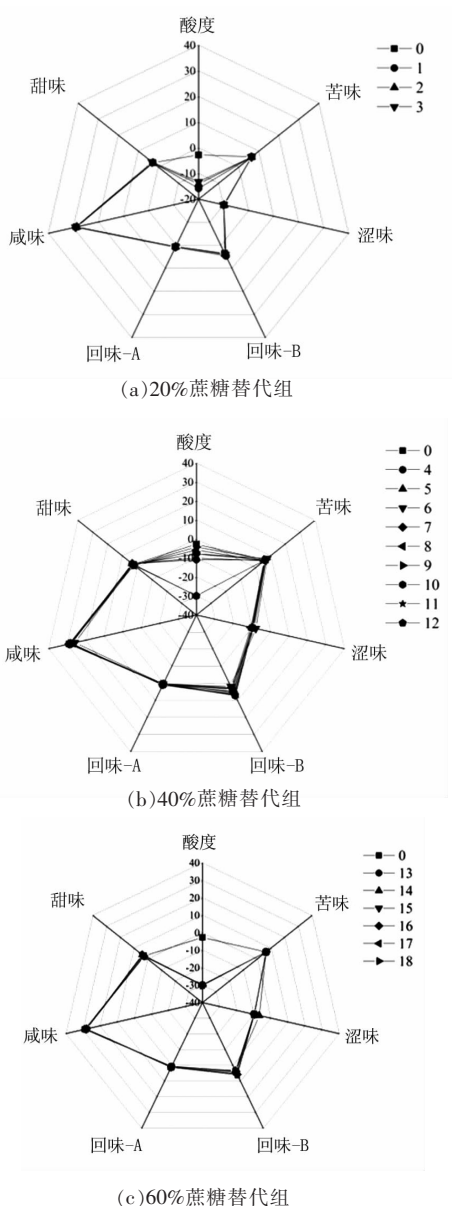


图 5 不同处理组味觉分析雷达图

Fig.5 Radar taste analysis for different treatments

对照组差别不大,且酸味降低,对于炼乳的口感具有一定的提升。

2.2.4 不同处理组炼乳的质构分析 质构是炼乳一个很重要的属性,质构仪是通过力学测试,用数据化的方式揭示质地本质。质构剖面分析法(TPA)作为物性分析仪测试方法之一,已成为质构分析的一个重要手段。TPA 测试主要是对口腔的咀嚼运动进行模拟,对样品进行两次压缩测试,然后通过微机连接,在界面上显示出质构测试曲线,从而分析质构特性参数。针对炼乳本身的特

性,这里重点分析弹性和内聚性。从表 3 可知,3、8、10 组的弹性和内聚性与对照组均无显著差异,即 6.6 g 海藻糖、3.3 g 乳果糖、3.3 g 赤藓糖醇(20%蔗糖取代),13.2 g 海藻糖、3.3 g 乳果糖、9.9 g 山梨糖醇(40%蔗糖取代)以及 9.9 g 海藻糖、3.3 g 乳果糖、13.2 g 木糖醇(40%蔗糖取代)的加入不影响炼乳弹性

2.2.5 不同处理组炼乳的有机酸分析 在确定的色谱条件下,测定有机酸混合标样图谱(图 6),得到草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、琥珀酸等有机酸的保留时间。根据图 6 混合酸样品的出峰情况,与单一酸样品对照可确定每一种酸的出峰时间。酒石酸 5.89 min、苹果酸 7.116 min、乳酸 8.31 min、乙酸 8.73 min、柠檬酸 12.41 min、琥珀酸 13.23 min。

在确定的色谱条件下,将预处理的炼乳样品进行进样分析,得到炼乳中有机酸的液相图谱,见图 7。与混合酸出峰相对照可确定炼乳中所含酸

表 3 不同处理组炼乳的弹性和内聚性分析

Table 3 Springiness and cohesiveness analysis for different treatments group of condensed milk

组别编号	弹性	内聚性
0	2.618 ± 0.193 ^{ab}	0.979 ± 0.025 ^{bc}
1	3.300 ± 0.148 ^a	1.146 ± 0.038 ^a
2	1.340 ± 0.393 ^c	0.911 ± 0.009 ^c
3	2.475 ± 0.588 ^b	1.005 ± 0.079 ^b
4	1.936 ± 0.442 ^c	0.939 ± 0.012 ^d
5	3.219 ± 0.104 ^d	1.090 ± 0.022 ^a
6	1.244 ± 0.165 ^c	0.921 ± 0.004 ^d
7	3.400 ± 0.027 ^c	1.163 ± 0.005 ^a
8	2.636 ± 0.11 ^{ab}	0.983 ± 0.009 ^{bc}
9	3.181 ± 0.079 ^c	1.091 ± 0.038 ^d
10	2.500 ± 0.123 ^{ab}	0.976 ± 0.06 ^{bc}
11	3.226 ± 0.056 ^c	1.126 ± 0.031 ^a
12	1.961 ± 0.325 ^d	0.940 ± 0.018 ^{bc}
13	1.038 ± 0.059 ^c	0.914 ± 0.005 ^a
14	1.684 ± 0.604 ^d	0.903 ± 0.0125 ^a
15	1.000 ± 0.006 ^c	0.877 ± 0.052 ^a
16	1.010 ± 0.0185 ^c	0.902 ± 0.006 ^a
17	1.400 ± 0.558 ^c	0.887 ± 0.056 ^a
18	1.000 ± 0.004 ^c	0.892 ± 0.0194 ^a

注:不同小写字母表示显著性差异(P<0.05)。

的出峰时间,其中 5.72 min 为酒石酸、12.83 min 为柠檬酸,出峰时间为 5.336 min 和 16.003 min 的物质是微量有机杂质。

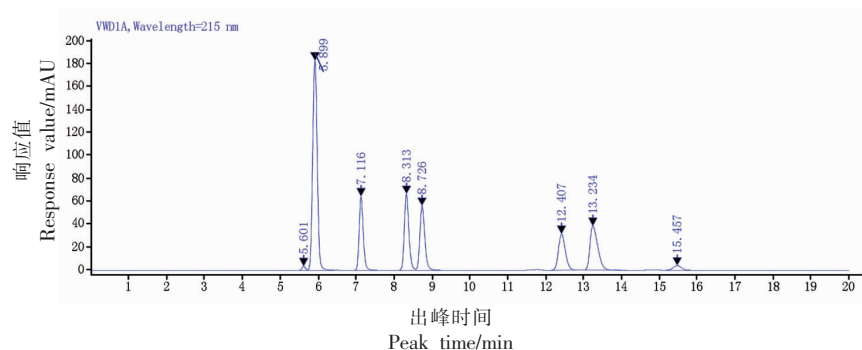


图 6 混合酸样品 HPLC 出峰图

Fig.6 HPLC peak of mixed acid sample

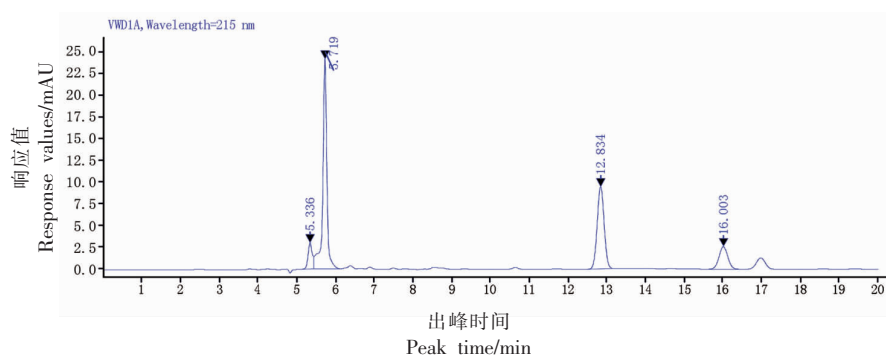


图 7 炼乳样品 HPLC 出峰图

Fig.7 HPLC peak of condensed milk sample

通过绘制混合酸的标准曲线,再将所有炼乳样品组测得的酒石酸、柠檬酸的出峰值代入标准曲线,可得各个炼乳样品的有机酸含量。其中酒石酸的标准曲线为 $y=15334x+14.771$ ($R^2=0.9947$),柠檬酸的标准曲线为 $y=5397.9x-6.738$ ($R^2=0.9993$)。

表 4 不同处理组炼乳的有机酸含量分析

Table 4 Analysis of organic acids in different treatment groups of condensed milk

组别	柠檬酸/ $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	酒石酸/ $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	组别	柠檬酸/ $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	酒石酸/ $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$
0	0.000	0.143	10	2.635	1.287
1	2.154	0.785	11	2.603	1.541
2	1.964	0.892	12	2.239	0.457
3	1.873	0.873	13	3.141	1.151
4	2.283	1.069	14	3.920	1.287
5	3.148	2.673	15	3.244	2.236
6	2.515	1.156	16	3.104	0.773
7	2.857	1.096	17	2.731	1.034
8	2.739	1.089	18	3.303	2.319
9	2.997	0.999			

炼乳中的有机酸可能是因霉菌感染发酵而产生的,选取部分组别进行有机酸分析后可发现,60%蔗糖替代组的有机酸含量高于 40%蔗糖替代

组和对照组的有机酸含量,说明蔗糖经 60%替代后更容易染菌,产生酸败,影响炼乳品质。

3 结论

炼乳作为日常的牛乳制品,因其风味独特且含有多种营养物质,具有广阔的市场。减蔗糖特色甜炼乳迎合了当下“低糖、低卡”的饮食新风尚,是未来炼乳产品升级换代的重要方向之一。试验结果表明,第8组(26.4 g 蔗糖+26.4 g 海藻糖+3.3 g 乳果糖+9.9 g 山梨糖醇)和第11组(26.4 g 蔗糖+9.9 g 海藻糖+3.3 g 乳果糖+13.2 g 山梨糖醇)这两组减蔗糖甜炼乳在各项基础品质、色香味分析、质构分析、有机酸分析中均优于其他它试验组,且更不易染菌、风味有一定提升、质地更接近未经蔗糖取代的对照组,说明选择合适的蔗糖替代物和蔗糖替代比例既不影响产品质量,且有可能应用于炼乳的工业化大规模生产,在满足消费者降低热量摄入这一要求的同时保持品质,具有良好的潜在应用价值。

参 考 文 献

- [1] 郑延平. 炼乳的加工技术[J]. 农业科技通讯, 1985(11): 31.
ZHENG Y P. Process technology of condensed milk[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 1985(11): 31.
- [2] 王仲达, 苏曙光, 张月霞. 低聚木糖炼乳的工艺优化研究[J]. 现代食品, 2017(8): 123-126.
WANG Z D, SUN S G, ZHANG Y X. Optimization of process for low concentration condensed milk of xylooligosaccharides [J]. Modern Food, 2017(8): 123-126.
- [3] 刘桂芹, 程霜, 樊琛, 等. 低聚木糖炼乳的研制[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(3): 101-104.
LIU G Q, CHENG S, FAN C, et al. Research of health xylooligosaccharides condensed milk [J]. Food Research and Development, 2010, 31(3): 101-104.
- [4] 周岷, 徐升, 孙艳辉, 等. 紫薯对炼乳流变及质构特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(16): 97-103.
ZHOU D, XU S, SUN Y H, et al. Effects of purple potato powder on rheological and textural properties of condensed milk[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(16): 97-103.
- [5] 韩承平, 曾寿云, 汤月筱, 等. 变质甜炼乳的酵母菌丛分析[J]. 中国乳品工业, 1985, 2: 6-11.
HAN C P, ZENG S Y, TANG Y X, et al. Analysis of yeast flora in deteriorated sweetened condensed milk[J]. China Dairy Industry, 1985, 2: 6-11.
- [6] NURE A S, NURUL I, REZWANUL H, et al. Evaluation of the quality of sweetened condensed milk of different brands available in local markets of Bangladesh[J]. International Journal of Natural and Social Sciences, 2017, 4(1): 64-70.
- [7] MADHAV R P, CHANDRAPRAKASH D K, PRASAD P. Studies on physico-chemical properties of skim milkpowder sold in Maharashtra[J]. Journal of Dairying Foods & Home Sciences, 2016, 35(4): 261-269.
- [8] MASI L N, MARTINS A R, CRISMA A R, et al. Combination of a high-fat diet with sweetened condensed milk exacerbates inflammation and insulin resistance induced by each separately in mice[J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 1-10.
- [9] ALIM M A, WADEHRA A, SINGH A K. Effect of various plant starches on the quality characteristics of starch-based sweetened cow milk yogurt[J]. J Bangladesh Agril Univ, 2016, 14(1): 119-126.
- [10] KILIC G B, KANKAYA D A. Assessment of technological characteristics of non-fat yogurt manufactured with prebiotics and probiotic strains[J]. Journal of Food Science & Technology, 2016, 53(1): 864-871.
- [11] SINGH T. Malt concentrates and their mixtures with sweetened condensed milk: Moisture sorption isotherms[J]. Journal of Food Science, 2010, 59(5): 1100-1103.
- [12] OLAOYE O A. A study on quality parameters and shelf stability of sweetened condensed vegetable milks produced from four varieties of soybeans (glycine max)[J]. International Food Research Journal, 2015, 22(6): 2212-2218.
- [13] KALININA O, KOVALENKO O, KORNILOVA O. Investigation of viscosity of whole hydrolyze sweetened condensed milk [J]. Ukrainian Food Journal, 2014, 3(2): 193-201.
- [14] KALYANKAR S D, DESHMUKH M A, KHEDKAR C D, et al. Condensed milk [J]. Encyclopedia of Food and Health, 2016, 2(1): 291-295.
- [15] 李锡安. 一种焦糖炼乳及其制备方法和应用: 201210146202. 8[P]. 2012-05-10[2021-07-07].

- LI X A. The preparation method and application of a caramel condensed milk: 201210146202.8 [P]. 2012-05-10[2021-07-07].
- [16] 于法周. 一种保健炼乳的生产方法: 201410099518.5[P]. 2014-03-18[2021-07-07].
- YU F Z. A production method of health condensed milk: 201410099518.5[P]. 2014-03-18[2021-07-07].
- [17] 靳文斌, 李克文, 胥九兵, 等. 海藻糖的特性、功能及应用[J]. 精细与专用化学, 2015, 23(1): 30-33.
- JIN W B, LI K W, XU J B, et al. The character and function of trehalose and its application[J]. Fine and Specially Chemical, 2015, 23(1): 30-33.
- [18] 徐铮, 张倩, 李克文, 等. 乳果糖制备方法的研究进展[J]. 乳业科学与技术, 2020, 43(4): 34-40.
- XU Z, ZHANG Q, LI K W, et al. Recent advances in the development of methods for the production of lactulose[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2020, 43(4): 34-40.
- [19] 赵伟, 刘晶, 徐丽, 等. 木糖醇特性及应用研究进展[J]. 农产品加工, 2021, 3: 90-92.
- ZHAO W, LIU J, XU L, et al. Research progress in xylitol properties and applications [J]. Products Processing, 2021, 3: 90-92.
- [20] 李凤林, 黄聪亮, 余蕾. 食品添加剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 136-137.
- LI F L, HUANG C L, YU L. Food additives[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 136-137.
- [21] 刘鑫. 赤藓糖醇发酵和提取工艺研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2013.
- LIU L. Study on fermentation and extraction process of erythritol[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2013.
- [22] CHEN S, XU Y. The influence of yeast strains on the volatile flavour compounds of Chinese rice wine [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2010, 116(2): 190-196.
- [23] 董蕴, 张一涵, 杨小丽, 等. 基于电子舌技术对甜面酱滋味品质的评价[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 121-126.
- DONG Y, ZHANG Y H, YANG X L, et al. Taste profile evaluation of wheat paste by electronic tongue analysis [J]. Storage and Process, 2019, 19(1): 121-126.
- [24] 吴伟都, 朱慧, 欧凯, 等. 测试条件对搅拌型酸乳质构特性测定的影响[J]. 乳业科学与技术, 2019, 42(1): 8-12.
- WU W D, ZHU H, OU K, et al. Effects of test conditions on the determination of textural properties of stirred yoghurt[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2019, 42(1): 8-12.
- [25] 李安, 邢军, 马龙, 等. GC-MS 比较三种发酵乳的挥发性化合物[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(2): 12-17.
- LI A, XING J, Ma L, et al. Volatile compounds in fermented milk were compared by GC-MS[J]. Dairy Industry, 2020, 48(2): 12-17.

Effects of Different Sucrose Substitutes on the Physico-chemical Properties of Reduced Sucrose Sweetened Condensed Milk

Fang Ruosi¹, Jin Chengyu¹, Chen Tangchao¹, Xu Shixuan¹, Liang Shumin¹, Liang Shizhan², Liang Shipai², Yang Xiaojun², Lü Xin³, Xiao Gongnian^{1*}

¹Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023

²Panda Dairy Corporation, Wenzhou 325400, Zhejiang

³College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi

Abstract Condensed milk is a concentrated dairy product. It is a product made by evaporating and removing most of the water from fresh milk after sterilization. Condensed milk usually contains high sucrose content and thus high calories, which is contrary to the new diet of 'low sugar, low calorie' that people are now pursuing. As a result this research aimed to study the production of reduced sucrose condensed milk and its properties. Through the determination of basic quality such as brix, viscosity, and water activity analysis, as well as color difference, volatile flavor, taste, texture and organic acid analysis, this study screened the suitable substitution types and ratios and finally made reduced sucrose sweetened condensed milk for practical production.

Keywords condensed milk; sucrose substitution; physico-chemical properties analysis