

益生菌发酵纯核桃乳的工艺研究

夏君霞, 李喜层, 赵慧博, 齐兵, 王俊转, 路敏

(河北养元智汇饮品股份有限公司, 河北衡水 053000)

摘要: 本文主要研究了以复合益生菌发酵纯核桃乳的工艺参数。以感官评分及酸度为指标, 采用单因素实验对碳源比例、接种量、发酵温度、发酵时间等分别因素进行了考察, 并在单因素实验的基础上进行正交实验, 结果表明益生菌发酵纯核桃乳的最佳发酵工艺条件为: 葡萄糖:蔗糖=5:2, 发酵温度 44 °C, 接种量 0.065 g/L, 发酵时间 8 h。此条件下制得的发酵核桃乳酸甜可口、状态均一稳定, 感官评分最高。对发酵核桃乳进行检测, 结果表明, 核桃乳经过益生菌发酵后, 蛋白质以及脂肪的含量均未发生显著变化, 碳水化合物的含量略有降低, 氨基酸总含量明显增加, 且 8 种必需氨基酸含量均有不同程度的增加, 同时发酵过程产生了功能活性物质共轭亚油酸, 含量为 2.04%±0.05%, 更有利于人体健康。

关键词: 核桃乳; 益生菌; 发酵

文章编号: 1673-9078(2018)07-175-180

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.7.026

Study on Fermentation Technology of pure Walnut Milk with Probiotics

XIA Jun-xia, LI Xi-ceng, ZHAO Hui-bo, QI Bing, WANG Jun-zhuan, LU Min

(Hebei Yangyuan Zhihui Co., Ltd., Hengshui 053000, Hebei)

Abstract: The processing parameters of pure walnut milk fermented by complex probiotics were studied. The results showed that the optimal fermentation conditions of pure walnut milk were as follows: glucose: sucrose =5:2, fermentation temperature 44 °C, inoculation amount 0.065 g/L and fermentation time 8h. Under these conditions, the fermented walnut milk was delicious, stable and has the highest sensory score. After fermented by probiotics, the total content of protein and fat of the walnut milk was not changed significantly; carbohydrate content was decreased slightly; amino acid content was increased significantly; and the content of the 8 essential amino acids was increased in varying degrees. In addition, by this fermentation process, conjugated linoleic acid was produced with the content of 2.04% + 0.05%, which was more conducive to human health.

Key words: walnut milk; probiotics; fermentation

核桃, 又称胡桃, 与榛子、扁桃和腰果并称为世界四大著名干果^[1]。核桃仁中含有丰富的营养物质, 如多不饱和脂肪酸、优质蛋白质、多种维生素和微量元素等^[2], 且核桃蛋白中氨基酸种类齐全, 精氨酸和谷氨酸含量尤其高, 具有极高的开发利用价值^[3]。

核桃乳是以核桃仁为原料, 经浸泡、碱液去皮、打浆、过滤、调配、均质、杀菌和灌装等步骤制成的^[4], 其色泽乳白, 香味浓郁, 营养丰富。但市场上销售的核桃乳产品形式比较单一, 生产工艺较为传统, 无法满足消费者多样化的消费需求。

目前国内外对益生菌饮料的研究相当火热, 益生菌能够调节人体肠道菌群平衡、改善乳糖不耐症, 并具有降低胆固醇吸收、延缓衰老、防治便秘和抑制肠道有害菌等众多生理保健作用^[5]。益生菌发酵核桃乳通过利用益生菌一方面具有核桃的多种保健功效, 另

一方面又含有一定量的功能性代谢产物, 具有肠道保健功能, 产品具有浓郁的核桃香味和发酵香味。且目前益生菌发酵纯核桃乳尚未实现工业化生产, 预期市场前景广阔。

关于对发酵核桃乳的研究, 许多学者在发酵基料中加入了牛奶、乳清粉等动物蛋白以促进益生菌发酵^[6], 或直接以脱脂核桃粕为原料^[7,8], 从本质上来讲不是纯核桃发酵。而本文以核桃仁为原料, 经磨浆和均质等工艺制成核桃乳, 然后进行灭菌、冷却, 向上述核桃基料中接种丹尼斯克复合益生菌进行发酵, 不需要额外添加牛奶, 也不需要添加脱去核桃原料中的脂肪, 从而制作成兼具营养价值和酸甜口感的益生菌发酵纯核桃乳。对发酵过程中的工艺参数进行了摸索, 并对发酵核桃乳的营养价值进行了初步探究。

1 材料与方法

1.1 原料

收稿日期: 2017-12-30

基金项目: 河北省科技计划项目 (16392802D)

作者简介: 夏君霞 (1975-), 女, 高级工程师, 研究方向: 饮料加工

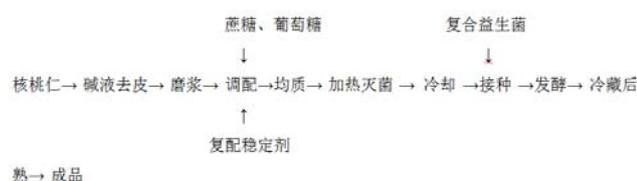
复合益生菌,丹尼斯克(中国)投资有限公司;复配稳定剂,丹尼斯克(中国)投资有限公司;核桃仁,河北养元智汇饮品股份有限公司;蔗糖,广西大新县雷平永鑫糖业有限公司;葡萄糖,保龄宝生物股份有限公司;氢氧化钠,天津坤鹏化工有限公司,分析纯。

1.2 仪器与设备

SG400型实验室乳化机,上海尚贵流体设备有限公司;JMS-80A胶体磨,廊坊市惠友机械有限公司;GYB60-6S高压均质机,上海市东华高压均质机厂;恒温加热水浴槽、恒温冷却水浴槽,上海沃迪自动化装备股份有限公司;METTLER TOLEDO型pH计,梅特勒-托利仪器有限公司;HENC实验室搅拌机-HW30,上海恒川机械设备有限公司;SW-CJ-2FD垂直净化工作台,上海博讯实业有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 发酵核桃乳的制备工艺



1.3.2 发酵核桃乳产品品质的确定方法

单因素试验和正交试验均以发酵终点的可滴定酸度及冷藏后熟后产品的感官品质为评价指标,综合确定产品品质。具体如下:

1.3.2.1 可滴定酸度的测定

采用 GB 5009.239-2016 食品安全国家标准 食品酸度的测定中规定的方法,具体操作如下:称取 10 g (精确到 0.001 g) 已混匀的试样,置于 150 mL 锥形瓶中,加 20 mL 新煮沸冷却至室温的水,混匀,用氢氧化钠标准溶液 (0.1000 mol/L) 电位滴定至 pH 8.3 为终点;滴定过程中,向锥形瓶中吹氮气,防止溶液吸收空气中的二氧化碳。记录消耗的氢氧化钠标准滴定溶液毫升数(V_7),同时用相应体积的蒸馏水做空白实验,读取耗用氢氧化钠标准溶液的毫升数(V_0)试样中的酸度数值以 ($^{\circ}\text{T}$) 表示,按下式计算:

$$X_7 = \frac{c_7 \times (V_7 - V_0) \times 100}{m_7 \times 0.1}$$

注: X_7 表示试样的酸度,单位为度 ($^{\circ}\text{T}$); c_7 表示氢氧化钠标准溶液的摩尔浓度,单位为摩尔每升 (mol/L); V_7 表示滴定时消耗氢氧化钠标准溶液体积,单位为毫升 (mL); V_0 表示空白实验所消耗氢氧化钠标准溶液的体积,单位为毫升 (mL);

100 表示 100 g 试样; m_7 表示试样的质量,单位为克 (g); 0.1 表示酸度理论定义氢氧化钠的摩尔浓度,单位为摩尔每升 (mol/L)。

1.3.2.2 感官品质评价^[9]

选取 10 名专业的、经验丰富的食品感官评价人员,要求评定前 2 d 内不许饮酒、抽烟以及吃任何刺激性食物,以免对品评结果造成影响。每对一个样品进行评定之后需立即用清水漱口,然后再进行下一个产品的品评。评定人员分别对产品色泽与外观、口感细腻度、口味及香气、组织状态 4 个因素进行感官评定,总分为 100 分,其中颜色与外观 20 分,口感细腻度 20 分,口味及香气 30 分,组织状态 30 分,根据四个因素的品评结果综合进行评价。成品的感官指标及评分标准见表 1。

表 1 发酵核桃乳感官品质评价表

Table 1 Sensory evaluation of fermented walnut milk beverages

感官指标	评价标准	分值
颜色与外观(20分)	颜色灰白,基本无气泡	16~20分
	颜色略深,无明显气泡	10~15分
	颜色较暗,少量气泡	5~9分
	颜色较暗,大量气泡	0~4分
口感细腻度(20分)	无颗粒感,细腻滑爽	16~20分
	无颗粒感,细腻	10~15分
	略有颗粒感	5~9分
口味及香气(30分)	有明显颗粒感	0~4分
	具有核桃的淡香,酸甜适中	26~30分
	具有核桃的淡香,酸味甜味较淡	16~25分
组织状态(30分)	无核桃香气,有异味,过酸或过甜	10~15分
	无核桃香气,无酸味,过甜或无甜味	0~9分
	无核桃香气,无酸味,过甜或无甜味	0~9分
组织状态(30分)	不分层,均匀一致,底部无析水	26~30分
	略有分层,底部无析水	20~25分
	略有分层,底部微量析水	16~19分
	分层较明显,底部析水多	0~15分

1.3.3 单因素试验

以碳源比例、发酵温度、接种量、发酵时间为研究对象,以发酵终点的可滴定酸度和感官品质为评价指标,确定最佳的单因素水平。

1.3.3.1 碳源比例的影响

在核桃乳原浆中,加入葡萄糖和蔗糖,比例分别为 2:5、3:4、4:3、5:2,经灭菌、冷却,投入等量的直投式复合益生菌,在相同的培养温度下培养相同时间,研究碳源比例对于发酵核桃乳品质的影响。

1.3.3.2 发酵温度的影响

确定浆液中葡萄糖:蔗糖的比例为 4:3,经灭菌冷却后,投入相同量的复合益生菌,分别设定发酵温

度为 38 ℃、40 ℃、42 ℃和 44 ℃，培养相同时间，研究发酵温度对于发酵核桃乳品质的影响。

1.3.3.3 接种量的影响

确定浆液中葡萄糖：蔗糖的比例为 4:3，经灭菌冷却后，设定 0.035 g/L、0.045 g/L、0.055 g/L 和 0.065 g/L 四个不同的接种量，于 42 ℃下恒温培养相同时间，研究接种量对于发酵核桃乳品质的影响。

1.3.3.4 发酵时间的影响

确定浆液中葡萄糖：蔗糖的比例为 4:3，经灭菌冷却后，按 0.055 g/L 的接种量，在 42 ℃下恒温发酵，设定 6 h、7 h、8 h 和 9 h 四个不同培养时间，研究发酵时间对于发酵核桃乳品质的影响。

1.3.4 正交试验

在单因素试验结果的基础上，设计正交对发酵核桃乳的品质进行综合评价，以确定最佳的发酵工艺条件。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验

2.1.1 碳源比例对产品品质的影响

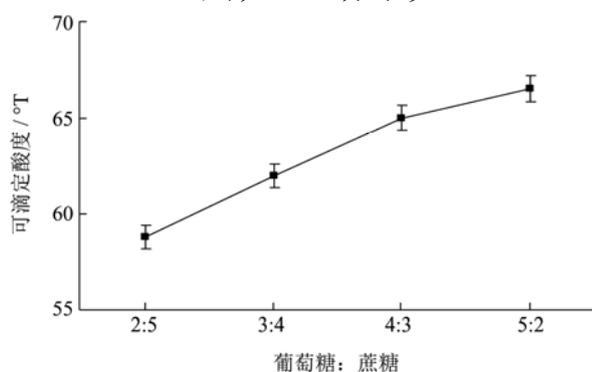


图 1 碳源比例对可滴定酸度的影响

Fig.1 The effect of different adding amount of sucrose and glucose on acidity of the fermented walnut milk

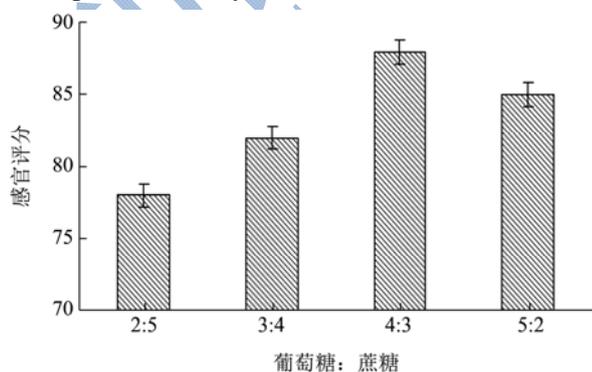


图 2 碳源比例对感官品质的影响

Fig.2 The effect of different adding amount of sucrose and glucose on sensory quality of the fermented walnut milk

碳源比例对可滴定酸度和感官品质的影响如图 1 和图 2 所示，随着葡萄糖：蔗糖的比例增大，可滴定酸度逐渐增加，而超过 4:3 后，增加的较缓慢。而且当葡萄糖：蔗糖=4:3 时，产品的组织状态较好，无析水分层现象，无异味，感官评分最高。因此，确定最佳碳源比例为葡萄糖：蔗糖=4:3。

葡萄糖和蔗糖均能够为益生菌的生长提供碳源。葡萄糖是单糖，能够在发酵初期为益生菌的生长繁殖提供优质的营养。而蔗糖是与蛋白质亲和性最高的糖类，能够防止均质处理后已微细化的蛋白质分子聚沉，提高产品稳定性^[10]。可见两者配合使用对于发酵进程及产品的品质均产生有利作用。

2.1.2 发酵温度对产品品质的影响

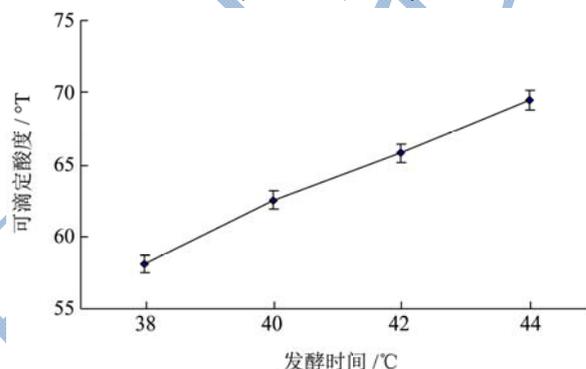


图 3 发酵温度对可滴定酸度的影响

Fig.3 The effect of different fermentation temperature on acidity of the fermented walnut milk

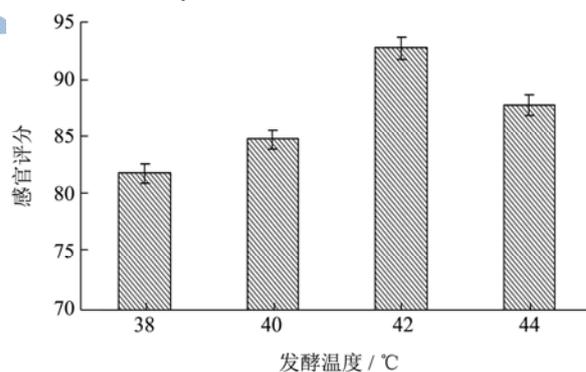


图 4 发酵温度对感官品质的影响

Fig.4 The effect of different fermentation temperature on sensory quality of the fermented walnut milk

发酵温度对可滴定酸度和感官品质的影响如图 3、图 4 所示，随着发酵温度的升高，可滴定酸度逐渐升高。当发酵温度较低时，益生菌大量繁殖，但发酵进程缓慢，所需的发酵时间相应延长，增加了生产成本。而发酵温度超过 42 ℃时，益生菌代谢旺盛，产酸速度增快，但产品的风味较差，且会出现分层、底部析水的现象。综合考虑感官品质，确定最佳发酵温度为 42 ℃。

2.1.3 接种量对产品品质的影响

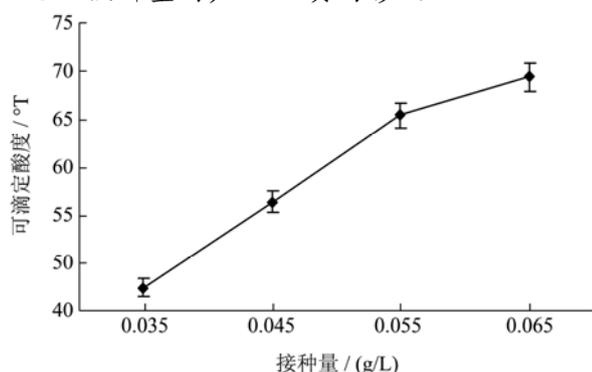


图5 接种量对可滴定酸度的影响

Fig.5 The effect of different inoculation amount on acidity of the fermented walnut milk

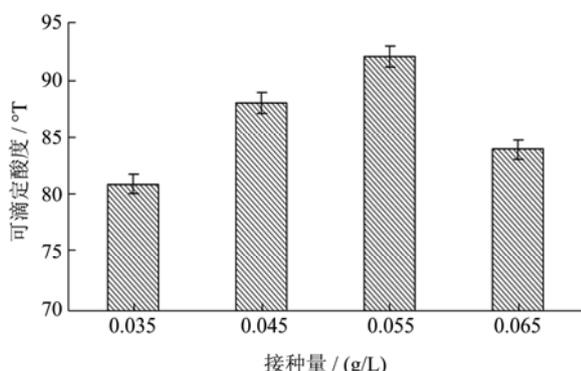


图6 接种量对感官品质的影响

Fig.6 The effect of different inoculation amount on sensory quality of the fermented walnut milk

接种量对可滴定酸度和感官品质的影响如图5和图6所示,可以看出,接种量越大,发酵终点的可滴定酸度越高。当接种量为0.035 g/L时,产酸速度较慢,达到发酵终点所需的时间过长。而当接种量超过0.055 g/L后,产品的酸度过高,导致产品酸甜比失调,口感变差。因此,综合考虑产品品质,确定最佳接种量为0.055 g/L。

接种量的大小在一定范围内直接影响益生菌在核桃乳中的定殖,对产酸速度有较大影响。一般来讲,接种量大对益生菌的定殖有利,产酸速度会越快。但产酸速度过快时,不利于产品风味物质的形成,会造成香气变差甚至产生异味;且产生的酸性物质过多时会抑制益生菌自身生长、繁殖,反而对发酵不利^[11]。

2.1.4 发酵时间对产品品质的影响

发酵时间对可滴定酸度和感官品质的影响如图7和图8所示,6~8 h内,发酵时间越长,产品的可滴定酸度越高,当发酵时间超过8 h,产酸慢慢趋于平衡,这是因为产生的有机酸和代谢产物会抑制益生菌自身的生长代谢。但不是酸度越高,产品的品质越好。

发酵时间过长时,产品的组织状态较差,且产品

过酸,酸甜比失去平衡。当发酵时间为7 h时,产品的香气较浓郁,酸甜适中,且在冷藏过程中后酸化能力较弱,感官品质最佳。因此,确定最佳的发酵时间为7 h。

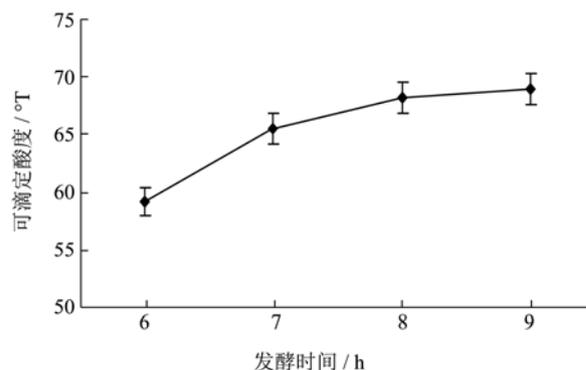


图7 发酵时间对可滴定酸度的影响

Fig.7 The effect of different fermentation time on acidity of the fermented walnut milk

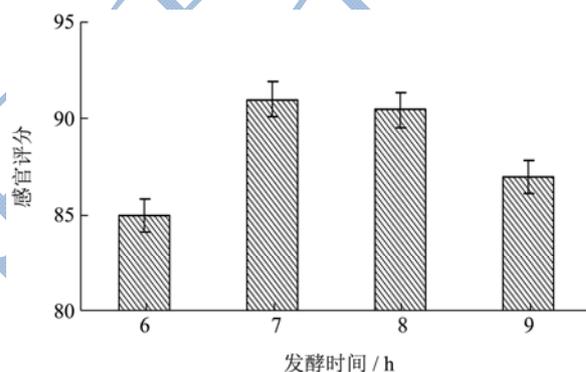


图8 发酵时间对感官品质的影响

Fig.8 The effect of different fermentation time on sensory quality of the fermented walnut milk

2.2 正交试验

2.2.1 正交试验因素水平表

选取碳源比例(葡萄糖:蔗糖)(A)、发酵温度(B)、接种量(C)和培养时间(D)四个因素进行L₉(3⁴)正交试验,其中碳源比例的水平为葡萄糖:蔗糖=2:5、4:3、5:2,温度水平为40℃、42℃、44℃,接种量为0.045 g/L、0.055 g/L、0.065 g/L,培养时间为6 h、7 h、8 h。

表2 正交试验因素水平表

Table 2 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	A 葡萄糖:蔗糖	B 发酵温度 / °C	C 接种量 / (g/L)	D 发酵时间 / h
1	2:5	40	0.045	6
2	4:3	42	0.055	7
3	5:2	44	0.065	8

2.2.2 正交试验结果

表 3 L9 (3⁴) 正交试验设计及结果

Table 3 Design and result of orthogonal experiment

实验号	A	B	C	D	可滴定酸度(°T)	感官评分
1	1	1	1	1	45.2	75
2	1	2	2	2	52.5	86
3	1	3	3	3	65.5	95
4	2	1	2	3	62.6	92
5	2	2	3	1	73.2	83
6	2	3	1	2	59.8	80
7	3	1	3	2	58.9	90
8	3	2	1	3	48.9	88
9	3	3	2	1	52.8	86
\bar{K}_1	54.400	55.567	51.300	57.067		
\bar{K}_2	65.200	58.200	55.967	57.067		
\bar{K}_3	53.533	59.367	65.867	59.000		
R	11.667	3.800	14.567	1.933		
\bar{K}_1'	85.333	85.667	81.000	81.333		
\bar{K}_2'	85.000	85.667	88.000	85.333		
\bar{K}_3'	88.000	87.000	89.333	91.667		
R'	3.000	1.333	8.333	10.334		

注: 表中数据为 n=3 平均值。

表 4 正交试验的方差分析表

Table 4 Variance analysis of orthogonal experiment

方差来源	偏差平方和	自由度	F 比	显著性
A	253.502	2	33.909	*
B	22.736	2	3.041	
C	331.976	2	44.406	*
D	7.476	2	1.000	
误差	7.48	2		
A'	16.222	2	4.562	
B'	3.556	2	1.000	
C'	120.222	2	33.808	*
D'	162.889	2	45.807	*
误差'	3.56	2		

注: “*”表示差异显著 (p<0.05)。

从对发酵工艺的正交实验结果分析可知, 不同的葡萄糖与蔗糖比、接种量、发酵温度、发酵时间对益生菌发酵核桃乳的可滴定酸度和感官评分造成影响。

表 5 发酵前后总氨基酸及 8 种必需氨基酸百分含量变化

Table 5 Changes of total amino acids and 8 essential amino acids contents of the walnut milk before and after fermentation

	总氨基酸/%	赖氨酸/%	色氨酸/%	苯丙氨酸/%	甲硫氨酸/%	苏氨酸/%	异亮氨酸/%	亮氨酸/%	缬氨酸/%
发酵前	1.62±0.03	0.08±0.02	0.01±0.01	0.15±0.03	0.05±0.02	0.09±0.03	0.08±0.02	0.22±0.05	0.12±0.02
发酵后	3.15±0.07	0.31±0.06	0.07±0.02	0.19±0.04	0.07±0.02	0.17±0.04	0.18±0.04	0.45±0.08	0.18±0.04

通过对可滴定酸度的极差分析可知(见表 3), 在影响酸度的 4 个因素中, 主次顺序为 C>A>B>D, 即接种量的影响最大, 碳源比例和发酵温度次之, 发酵时间的影响最小。最优组合为 A₂B₃C₃D₃, 即在葡萄糖:蔗糖=4:3, 发酵温度 44 °C, 接种量 0.065 g/L, 发酵时间 8 h 时, 发酵核桃乳的可滴定酸度最高。通过对感官评分的极差分析可知, 在影响感官评分的 4 个因素中, 主次顺序为 D>C>A>B, 即发酵时间的影响最大, 接种量和碳源比例次之, 发酵温度的影响最小。最优组合为 A₃B₃C₃D₃, 即在葡萄糖:蔗糖=5:2, 发酵温度 44 °C, 接种量 0.065 g/L, 发酵时间 8 h 时, 发酵核桃乳的感官评分最高。

对上述两个最优组合做验证试验, 优化组 1 的测定结果为可滴定酸度为 64.5 °T, 感官评分为 92; 优化组 2 的测定结果为 62.5 °T, 感官评分为 95。由于酸度影响发酵核桃乳的感官品质, 所以在酸度的选择上并非越高越好, 而需综合考虑其感官评分。比较两个优化组的感官评分, 优化组 2 高于优化组 1, 并考虑生产实际等因素, 确定最优组合为 A₃B₃C₃D₃, 即葡萄糖:蔗糖=5:2, 发酵温度 44 °C, 接种量 0.065 g/L, 发酵时间 8 h。进行 3 次重复验证试验, 产品的感官评分最高。

2.3 发酵前后主要理化指标变化

2.3.1 检测方法

蛋白质检测采用 GB 5009.5 中的第一法, 凯氏定氮法; 脂肪检测采用 GB 5009.6 第二法, 酸水解法; 碳水化合物检测采用减量法, 由 100% 一蛋白质的含量-脂肪含量-灰分-水含量所得。

氨基酸的检测采用 GB/T 5009.124-2003 法, 总氨基酸为所测得的各氨基酸之和; 共轭亚油酸的检测采用气相色谱法。

2.3.2 检测结果及分析

从表 5 可以看出, 发酵后氨基酸总含量明显增加, 这是由于乳酸菌代谢活动将蛋白质水解生成为多肽, 再将多肽转化为游离氨基酸。

同时, 8 种必需氨基酸含量均有不同程度的增加, 必须氨基酸是人体自身不能合成的, 需要从食物中摄取。发酵后必须氨基酸含量增加, 使得发酵后核桃乳营养价值得到提升。

由表 6 数据可知, 发酵前后蛋白质和脂肪的总含量变化不显著, 碳水化合物的含量略有降低, 发酵后活性物质共轭亚油酸由无到有。共轭亚油酸 (Conjugated Linoleic Acid, CLA), 十八碳二烯酸, 是亚油酸 (Linoleic acid, LA) 的一组构象和位置异构体。共轭亚油酸具有清除自由基, 增强人体的抗氧化能力和免疫能力, 防止动脉粥样硬化等作用。许多学者^[12,13]研究发现乳酸菌可以通过发酵利用亚油酸产生 CLA。这主要是由于乳酸菌细胞含有亚油酸异构酶, 其作用位点是脂肪酸的 C-12 双键, 而不是 C-9 双键, 它能把亚油酸转化为 c9, t11-CLA。而核桃本身亚油酸含量丰富, 为形成 CLA 提供了丰富的底物基础, 经过乳酸菌发酵后核桃乳中亚油酸部分转变为 CLA。

表 6 发酵前后理化指标及共轭亚油酸变化

Table 6 Changes of Physical and chemical indexes and conjugated linoleic acid

	蛋白质 /%	脂肪/%	碳水化合物/%	共轭亚油酸/%
发酵前	3.03±0.05	11.09±0.22	8.65±0.05	0
发酵后	2.99±0.06	11.07±0.17	8.59±0.09	2.04±0.05

3 结论

3.1 本研究在单因素实验的基础上进行正交实验, 优化确定了益生菌发酵纯核桃乳的最优发酵工艺, 结果表明: 在葡萄糖:蔗糖=5:2, 发酵温度 44 °C, 接种量 0.065 g/L, 发酵时间 8 h 的条件下制得的益生菌核桃乳成品酸甜可口、状态均一稳定。此工艺为发酵核桃乳的工业化生产提供了依据。

3.2 核桃乳经益生菌发酵后, 蛋白质和脂肪的总含量变化不显著, 碳水化合物的含量略有降低, 氨基酸总含量明显增加, 8 种必需氨基酸含量均有不同程度的增加, 并产生了功能活性物质共轭亚油酸, 更有利于人体健康。

参考文献

- [1] 周英, 马少怀. 核桃仁保健饮料的生产工艺[J]. 食品工业科技, 2000, 21(6): 58-59
ZHOU Ying, MA Shao-huai. Production technology of walnut health beverage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2000, 21(6): 58-59
- [2] 毛跟年, 许牡丹. 功能食品生理特性与检测技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
MAO Gen-nian, XU Mu-dan. Physiological characteristics and detection technology of functional foods [M]. Chemical Industry Press, 2005
- [3] Sze-tao K W C, Sathe S K. Walnut(Juglans regia): Proximate Composition, Protein Solubility, Protein Amino Acid Composition and Protein In vitro Digestibility [J]. Sci Food Agric, 2000, 80(9): 1393-1401
- [4] 赵艳. 植物蛋白饮料稳定性的研究进展[J]. 饮料工业, 2009, 12(1): 5-9
ZHAO Yan. Research progress in stability of vegetable protein drinks [J]. Beverage Industry, 2009, 12(1): 5-9
- [5] 单尹, 佩徐波. 我国乳酸菌饮料产业化现状及发展策略[J]. 科技广场, 2011, 12: 72-75
SHAN Yin, PEI Xu-bo. Current situation and development strategy of lactic acid bacteria beverage industrialization in China [J]. Science Mosaic, 2011, 12: 72-75
- [6] 刘俊果, 畅天狮. 发酵型核桃乳饮料的研制[J]. 食品科技, 2000, 4: 47-48
LIU Jun-guo, CHANG Tian-shi. Preparation of lactic fermentation walnut milk beverage [J]. Food Science and Technology, 2000, 4: 47-48
- [7] 周杏子, 王子娜, 曾红胜, 等. 核桃发酵乳的制备工艺及抗氧化活性研究[J]. 北京林业大学学报, 2013, 35(5): 139-143
ZHOU Xing-zi, WANG Zi-na, ZENG Hong-sheng, et al. Study on the preparation technology and antioxidant activity of walnut fermented milk [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2013, 35(5): 139-143
- [8] 刘瑞芳, 赵良启. 核桃蛋白发酵乳的发酵条件研究[J]. 山西农业科学, 2015, 43(3): 324-328
LIU Rui-fang, ZHAO Liang-qi. Study on fermentation conditions of walnut protein fermented milk [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2015, 43(3): 324-328
- [9] 郑晓霞, 张慧芳, 罗文健, 等. 核桃发酵乳的制备工艺研究[J]. 农产品加工月刊, 2016, 3: 23-26
ZHENG Xiao-xia, ZHANG Hui-fang, LUO Wen-jian, et al. Study on the preparation technology of walnut fermented milk [J]. Agricultural Products Processing Monthly, 2016, 3: 23-26
- [10] 王子娜. 核桃乳酸菌发酵饮料的工艺研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012
WANG Zi-na. Research on technology of walnut lactobacillus fermentation drinks [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012
- [11] 王宇. 开菲尔和核桃开菲尔成分、功能及发酵参数的研究[D]. 太原: 山西大学, 2010
WANG Yu. The components, functions and fermentation parameters of kefir and kefir walnut [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2010

- [12] Ogawa J, Matsumura K, Kishino S, et al. Conjugated linoleic acid accumulation via 10-hydroxy-12-octadecaenoic acid during microaerobic transformation of linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus* [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2001, 67(3): 1246-1252
- [13] LIN T Y, LIN C W, WANG Y J. Linoleic acid isomerase activity in enzyme extractes from *Lactobacillus acidophilus* and *Propionibacterium freudenreichii* ssp, *Shermanii* [J]. *Journal of Food Science*, 2002, 67(4):1502-1505

现代食品科技