

基于酶促酯交换的速冻专用油脂制备及应用研究

崔秀秀, 王炎, 赵亚丽, 宗敏华, 李冰, 吴虹

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 利用脂肪酶 Lipozyme TLIM 催化质量比为 7:3 的棕榈硬脂与大豆油进行酯交换反应, 混合油脂中的高熔点甘油三酯三棕榈酸甘油酯 (PPP) 的含量从 27.61% 降至 9.50%。以酯交换油为主体, 设计了 5 种不同塑性范围和固体脂肪含量的基料油, 并以此基料油为原料制备出 5 种速冻专用油脂, 然后将之应用于制作速冻汤圆。结果表明, 当基料油中的油脂配比为酯交换油:大豆油:棕榈硬脂=84:13:3 (wt%) 时, 所制备的专用油脂具有最佳的抗冻性能, 以之制作的速冻汤圆冻裂率最低, 仅为 5%, 而应用市售速冻专用油脂、未酯交换油脂制备的速冻专用油脂、未添加速冻专用油脂制作的汤圆冻裂率分别为 30%、20% 和 50%; 此外, 所得速冻汤圆表面细腻, 光洁, 有弹性, 口感好, 感官评分最高, 表明通过酶促酯交换反应可以制备出品质优良的速冻专用油脂。

关键词: 速冻食品; 酯交换油; 专用油脂; 汤圆; 冻裂率

文章编号: 1673-9078(2014)10-187-193

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.032

Preparation and Application of a Special Oil for Quick-frozen Foods Based on Enzymatic Interesterification

CUI Xiu-xiu, WANG Yan, ZHAO Ya-li, ZONG Min-hua, LI Bing, WU Hong

(College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Interesterification of palm stearin and soybean oil with a mass ratio of 7:3 was catalyzed using immobilized lipase Lipozyme TLIM. After interesterification, the content of glycerol tripalmitate (PPP), which has a high melting point in the mixed oil, decreased from 27.61% to 9.50%. In this study, five types of base oils with different plastic ranges and solid fat contents were designed using the interesterified oil as the major component, and five kinds of special oil for quick-frozen foods were then prepared using these five base oils as the raw materials. The resulting special oil was applied to prepare quick-frozen glue puddings. The results showed that the special oil with the best freeze resistance performance was composed of interesterified oil, soybean oil, and palm stearin at a ratio of 84:13:3 (wt%). In addition, with this special oil, the freeze cracking rate in quick-frozen glue puddings was only 5%, which was much lower compared to that in such puddings made with commercial special oil (30%), special oil with non-interesterified oil as the base oil (20%), and those made without any special oil (50%). Additionally, glue puddings made with the above-mentioned special oil had a fine, smooth, elastic surface. Furthermore, they tasted good and delivered the highest sensory evaluation score, indicating that this high-quality special oil prepared by enzymatic interesterification is useful in the production of quick-frozen foods.

Key words: quick-frozen food; interesterified oil; special oil; glue pudding; freeze cracking rate

速冻汤圆作为速冻调理食品中的一种, 深受大众的喜爱。目前速冻汤圆在冷藏过程中品质上也出现了不少问题, 容易出现开裂、塌陷等现象, 影响了产品的销量。因此, 需要对品质劣化这一问题进行改良,

收稿日期: 2014-03-24

基金项目: 广东省科技计划项目 (2013B010404005); 国家科技支撑计划项目 (2012BAD37B01); 新世纪优秀人才支持计划项目 (NCET-11-0161); 中央高校基本科研业务费重点项目 (2014ZZ00 48); 广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室开放基金资助项目 (201207)

作者简介: 崔秀秀 (1987-), 女, 硕士, 研究方向为碳水化合物绿色加工
通讯作者: 吴虹 (1971-), 女, 博士, 教授, 研究方向为食品化工、生物化工

而目前在改良的研究过程中, 大都集中在原料的配方成分、粉质的粒度和粘度、加工和冷冻条件等方面, 而对于速冻专用油脂的制备及品质改良等研究甚少^[1]。

作为速冻食品生产中重要原料之一的速冻专用油脂, 对产品的品质起着至关重要的作用。在速冻食品中, 速冻专用油脂的乳化特性和奶油特性可以保证面皮、馅料在加工和冷藏过程中品质的稳定^[2]。此外, 速冻专用油脂对速冻食品的感官、风味、口感、营养等品质特性也有重要影响。目前, 市场上的速冻专用油脂产品主要以通用型人造奶油、起酥油为主, 基料油大都是精炼的动植物油、氢化植物油或上述油脂的

混合物。氢化植物油硬度较高,影响口感,且含有的反式脂肪酸,易引发心血管疾病等^[1];动物油脂中饱和脂肪酸和胆固醇含量过高,长期食用会导致人体内的血脂升高,从而诱发动脉粥样硬化的发生以及脂肪肝的形成^[4],另外,动物脂肪大多是 β 晶体,晶粒大,导致产品具有蜡质感和砂粒感,影响口感^[5]。因此,可通过对基料油进行改性,制备出具有良好加工性能的速冻专用油脂。酶法酯交换技术反应条件温和、不产生反式脂肪酸、副产物少、环境友好,但目前国内外利用此技术针对速冻食品专用油脂改性的研究鲜见报道。

棕榈硬脂是棕榈油的一种分提物,固体脂肪含量较高,可以为产品提供一定的塑性,所以一般与其他植物油混合使用,但由于棕榈硬脂中高熔点甘三酯含量较多,易形成大的晶体颗粒,影响产品口感等^[6]。大豆油是较常用的一种油脂,富含亚油酸,可降低血清胆固醇,预防心血管疾病。同时,其不饱和脂肪酸含量高,易于被人体消化吸收,是一种营养价值很高的食用油^[7]。因此,本文采用固定化脂肪酶 Lipozyme TL IM 催化棕榈硬脂与大豆油进行酯交换反应,以降低棕榈硬脂中的高熔点甘三酯,减少油脂中的大颗粒晶体,改善油脂的口感;接着以酯交换油为主体,复配出具有不同塑性范围和固体脂肪含量的基料油,并以之制备品质优良的速冻专用油脂,然后应用于制作速冻汤圆。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糯米粉,中山市小榄永宁粮油综合加工厂;大豆油、棕榈硬脂,深圳精益油脂有限公司提供;分子蒸馏单甘酯(主要成分是单硬脂酸甘油酯),上海汇普化工有限公司;斯潘-60,浙江迪尔化工有限公司;丙二醇酯,河南健康人食品添加剂有限公司;大豆卵磷脂,郑州绿博化工产品有限公司;固定化脂肪酶 Lipozyme TL IM,酶活 1130 U/g,广州诺维信生物技术有限公司;黑芝麻粉,白砂糖均为市售;乙腈、异丙醇、三氯甲烷等购于国药集团化学试剂有限公司;试剂均为分析纯或化学纯。

1.2 仪器与设备

Minispec mq1 脉冲核磁共振仪,德国 Bruker 公司;P680ELSD 高效液相色谱仪,美国 Waters 有限公司;CP225D 电子天平,德国 Sartorius 公司;DW-FL262 超低温冰箱,中科美菱低温科技有限公司;CH2082

电磁炉,格兰仕集团;SilentCrusher S 均质器,德国 Heidolph 公司;CS101-1 电热恒温箱,重庆银河试验仪器有限公司;ST-LT 低温恒温槽,南京恒星实验设备有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 酯交换油脂的制备

将 30 g 的大豆油与 70 g 的棕榈硬脂置于三口烧瓶中,在 90 °C 水浴中真空脱水脱气 60 min,接着将油脂温度降至 60 °C,然后加入 8 g 的脂肪酶,反应 3 h,搅拌速率 200 r/min。反应结束后,过滤掉脂肪酶,得到酯交换油脂。

1.3.2 油脂甘三酯组成分析

油脂中甘三酯的定量分析采用高效液相色谱法(HPLC)。称取 30 mg 油样溶解于 10 mL 三氯甲烷中,过 0.5 μ m 滤膜,然后收集滤液进行样品 HPLC 分析。采用美国 Dionex 公司的高效液相色谱仪(Dionex SUMMIT),蒸发光散射检测器(Alltech ELSD 2000ES),Symmetry C18 柱(4.6 mm \times 150 mm, 5 μ m);流动相为 A 相:乙腈, B 相:体积比为 4:5 的正己烷和异丙醇,恒流洗脱: A、B 体积比 50:50,洗脱时间 35 min,流速 1.0 mL/min;检测器温度 70 °C,氮气流量:1.8 L/min,柱温 25 °C,进样量为 3 μ L。每个样品平行检测三次,甘三酯的含量单位为单位质量油脂中所含甘三酯的质量, g/g (%)。

甘三酯的定性分析采用液质联用法, HPLC 串联带 APCI 电离源的 MS 检测器,液相条件如前,质谱条件: APCI 电离源区和探针温度分别为 100、400 °C; m/z 扫描范围为 200~1200,扫描时间 2 s。

1.3.3 速冻专用油脂基料油的制备

按照复配方案,分别称量一定量的酯交换油脂、棕榈硬脂和大豆油,然后加热至 80 °C 使其完全熔化,接着向酯交换油中依次加入棕榈硬脂和大豆油,搅拌 10 min,搅拌速率 200 r/min,使油脂间充分混合。

1.3.4 油脂固体脂肪含量(SFC)测定

采用 AOCS Cd16b-81 法,利用德国 Bruker 公司脉冲式核磁共振仪 Minispec 测定。将油脂样品放入专用核磁管中,管中样品高度 3 cm 左右,然后在 80 °C 水浴中熔化,保持 30 min;接着将样品管转移至恒温水浴槽中,放在 0 °C 下保持 60 min;之后将样品管置于 10 °C 的恒温水浴槽中,保持 30 min;最后将样品管放入核磁共振仪中进行测量。如此,依次测量油脂样品于 10 °C、20 °C、30 °C、35 °C、40 °C 温度下的固体脂肪含量。

1.3.5 油脂乳化稳定性的测定

称取酯交换油 126 g, 乳化剂 1.5 g, 加热溶解后加入去离子水 22.5 g, 接着将配好的油样放入 60 °C 恒温箱中加热 15 min 后取出, 然后用均质器均质 1 min, 均质速率 2000 r/min。均质后将油脂迅速倒入 100 mL 量筒, 将其放入 60 °C 恒温箱中观察油水分离速率。每隔 5 min 记录一次数据, 直到油水完全分离时停止记录。油水分离速率可按下式计算:

$$St / \% = Vt / V \times 100$$

注: St 表示 t 时刻油水的分离率, Vt 表示 t 时刻乳化油脂中分离出的水体积; V 表示乳化油脂中分离出的最大水体积。

1.3.6 速冻汤圆的制作

汤圆面皮制作方法: 称取 174 g 的糯米粉, 随后加入 10 g 速冻专用油脂, 再加入 138 g 的冷水, 进行混合, 揉面 8 min, 再将面团静置 10 min 后使用。

汤圆馅料的制作方法: 称取 30 g 的糯米粉, 加入 30 g 的速冻专用油脂, 再向其中分别加入白糖 36 g, 黑芝麻粉 18 g, 水 6 g, 进行混合搅拌, 使其充分混匀。

黑芝麻速冻汤圆的制作方法: 取 7.5 g 左右的面团捏皮, 包入 2.5 g 馅心, 封口搓圆。然后将汤圆置于 -30 °C 下速冻 0.5 h, 使其中心温度达到 -18 °C 即可, 然后再将速冻汤圆转入 -20 °C 冰箱冷藏。

1.3.7 速冻汤圆冻裂率的测定

通过反复冻融加速汤圆的品质劣变(出现冻裂)来进行速冻汤圆冻裂率的测定。速冻汤圆在 -20 °C 下冷藏 24 h 后, 取出, 在恒温箱内 20 °C 解冻 1 h, 然后再放入 -20 °C 下冷藏 24 h, 重复 3 次。

$$\text{速冻汤圆冻裂率} / \% = (\text{冻裂的汤圆个数} / \text{速冻汤圆总数}) \times 100$$

冻裂评定标准:

冻裂: 汤圆表面有裂口, 且表面裂纹较多。

未冻裂: 汤圆表面无裂口, 且表面裂纹较少。

2 结果与分析

2.1 酯交换前后油脂甘三酯组成的变化

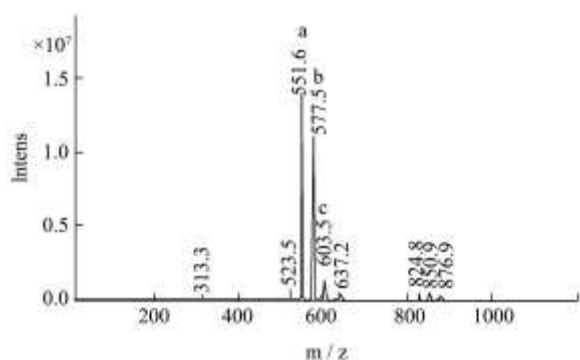


图 1 棕榈硬脂质谱图

Fig.1 Mass spectrum of palm stearin

注: a: [PP]⁺; b: [PO]⁺; c: [OO]⁺。

表 1 酯交换前后油脂中甘三酯的组成

Table 1 Triacylglycerol composition of the lipid before and after interesterification

甘三酯组分	当量碳数	混合油脂/%	酯交换油脂/%
LLLn	40	1.29±0.12	0.11±0.05
LLL	42	6.21±0.23	0.80±0.18
LLnP	42	0.49±0.03	0.57±0.15
LLO	44	4.70±0.19	2.25±0.23
PLL	44	4.05±0.17	6.00±0.13
PPLn	44	0.21±0.01	0.62±0.03
LOO	46	2.23±0.09	3.32±0.10
PLO	46	6.10±0.19	18.61±0.27
PPL	46	3.48±0.14	16.69±0.36
PPM	46	0.28±0.01	0.19±0.02
OOO	48	0.52±0.03	0.85±0.02
SLO	48	1.36±0.05	0.80±0.15
POO	48	10.18±0.36	9.62±0.30
POP	48	23.85±0.45	22.27±0.34
PPP	50	27.61±0.39	9.50±0.24
SOO	50	0.41±0.02	0.32±0.01
POS	50	1.63±0.04	2.51±0.12
PPS	52	2.30±0.12	1.97±0.06

注: 表中数据是三次平行检测的平均值。当量碳数为甘三酯中链接的 3 个脂肪酸碳原子总数减去脂肪酸中双键总数的二倍。如 PLL 的当量碳数为 16+18+18-2×(2+2)=44。液相色谱中出峰的顺序是根据当量碳数的大小依次出峰。M: 豆蔻酸; P: 棕榈酸; S: 硬脂酸; O: 油酸; L: 亚油酸; Ln: 亚麻酸。

油脂体系中最基本的结构单元为甘三酯, 当油脂中高熔点甘三酯含量较多时会导致油脂结晶缓慢, 易形成大的晶体颗粒, 影响产品的口感。采用固定化脂肪酶 Lipozyme TLIM 催化质量比为 7:3 的棕榈硬脂和大豆油进行酯交换反应, 以降低混合油脂中的高熔点甘三酯含量。我们首先采用液质联用法对棕榈硬脂中的甘三酯成分进行定性分析, 质谱分析结果如图 1 所示。由图中 a、b、c 分子量可知其代表的甘三酯分解产物分别为 [PP]⁺、[PO]⁺ 和 [OO]⁺, 其对应的甘三酯为三棕榈酸甘油酯 (PPP)、1, 3-二棕榈酸-2-油酸甘油酯 (POP) 和 1-棕榈酸-2, 3-二油酸甘油酯 (POO)。在对酯交换前后油脂进行 HPLC 定量分析时, 根据和液质联用结果中甘三酯的出峰时间进行比较, 结合 HPLC 分析中甘三酯的出峰顺序, 采用面积归一法可计算出相应甘三酯的含量^[8]。与不同酯交换程度的油脂相比, 完全酯交换油脂中高熔点甘三酯 PPP 的含量降至最低, 而 PPP 在油脂中容易诱导形成大的晶体颗

粒,影响油脂的口感;此外,在实际生产过程中,完全酯交换反应后油脂的甘油酯组成基本保持一致,可以更好地控制油脂的品质。因此,在以下实验中我们均采用完全酯交换的油脂进行进一步研究。由表1的结果可知,棕榈硬脂与大豆油组成的混合油脂中主要的高熔点甘油酯为PPP,其含量高达27.61%,在完全酯交换作用下,混合油脂中PPP降低至9.50%,减少了65.6%,因此,可显著减少油脂中大颗粒晶体的形成,改善油脂的品质。

2.2 速冻专用油脂基料油的复配

通过油脂甘油酯成分分析可知酯交换后混合油脂中高熔点甘油酯较少,因此,本研究以酯交换油为主体,使其含量不低于80%,同时控制大豆油与棕榈硬脂的添加量在20%的范围内,采用混料实验设计方法设计了5组速冻专用油脂基料油的复配方案(表2),通过检测所得复配油脂的塑性范围和固体脂肪含量,筛选适宜的速冻专用油脂基料油配方。

表2 速冻专用油脂基料油的复配方案

Table 2 Composition of base oils used in the quick-frozen special oil

方案	油脂含量/wt%		
	酯交换油	大豆油	棕榈硬脂
A	80	0	20
B	84	3	13
C	94	3	3
D	84	13	3
E	80	20	0

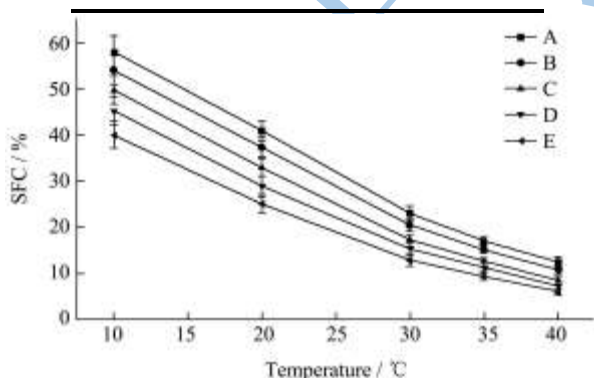


图2 复配基料油的SFC图

Fig.2 SFC curve of base oil complex

五种复配基料油的SFC曲线如图2所示。由图可知,方案A由于酯交换油脂中只添加了20%的棕榈硬脂,所得基料油的SFC最高;方案B中添加了3%的大豆油和13%的棕榈硬脂,基料油的SFC随之降低;方案C的基料油SFC居中;方案D添加了13%的大豆油和3%的棕榈硬脂,其塑性范围较宽,方案E由

于酯交换油脂中只添加了20%的大豆油,所得基料油的SFC最低,塑性范围也最宽。

2.3 乳化剂的选择及复配

速冻专用油脂与人造奶油类似,是由油脂、乳化剂及其他添加剂与水混合而制成的具有固态结构的油包水型体系,所以常需使用亲油性乳化剂。乳化剂作用于速冻食品中可以有效地降低油水界面的张力,使油相与水相易于混合,起到乳化稳定的效果^[9]。在速冻专用油脂的制备过程中,单一类型的乳化剂一般无法达到最佳的乳化效果,通常需采用多种乳化剂复合使用,从而使油脂的乳化性能更好。本研究选择市场上较为常用的乳化剂:分子蒸馏单甘酯、丙二醇酯、斯潘-60、大豆卵磷脂,通过测定油脂乳化体系的稳定性,筛选出制备速冻专用油脂的最佳乳化剂组合。

表3 乳化剂在油脂体系中的乳化稳定性

Table 3 Emulsifying stability of emulsifiers in oils

乳化剂	水相与油相分离率/%										
	S ₀	S ₅	S ₁₀	S ₁₅	S ₂₀	S ₂₅	S ₃₀	S ₄₀	S ₅₀	S ₇₀	
单甘酯	0	75	83	92	100	-	-	-	-	-	
丙二醇酯	0	8	17	25	58	83	100	-	-	-	
斯潘-60	0	17	33	58	67	75	83	92	100	-	
卵磷脂	0	8	25	33	42	50	67	83	92	100	

表4 乳化剂的复配配方

Table 4 Formula of emulsifier complex

实验号	斯潘-60/wt%	丙二醇酯/wt%	大豆卵磷脂/wt%	乳化稳定性/min
1	80	10	10	55
2	10	80	10	40
3	10	10	80	75
4	45	45	10	45
5	45	10	45	65
6	10	45	45	60
7	33	34	33	50

采用高温加速油相与水相分离来测定油脂乳化稳定性。由表3的结果可知,分子蒸馏单甘酯乳化油、丙二醇酯乳化油、斯潘-60乳化油和大豆卵磷脂乳化油油相与水相完全分离的时间分别为20 min、30 min、50 min和70 min。因此,这4种乳化剂的乳化稳定性大小依次为:大豆卵磷脂>斯潘-60>丙二醇酯>分子蒸馏单甘酯。由于乳化剂之间具有协同作用,所以将乳化效果较好的三种乳化剂,即卵磷脂、斯潘-60、丙二醇酯按一定比例进行复配,以达到最佳的使用效果。为得到三者最佳的配比,本研究以乳化稳定性为指标,进行混料回归实验。由于在配方中任何一种乳化剂含

量均不能为 0，因此设定每一种乳化剂的含量都不小于 10%，回归设计方案如表 4 所示。结果表明，当乳化剂复配比例为斯潘-60:丙二醇酯:卵磷脂=1:1:8 时，乳化油中的油相与水相完全分离时间为 75 min，油脂乳化稳定性最好。因此选择该比例的复配乳化剂应用于速冻专用油脂的制备。

2.4 速冻专用油脂

速冻专用油脂的配方如表 5 所示，其中，编号 1~5 中所用的油相的组成分别对应于表 2 中 A~E 的基料油组成。速冻专用油脂的制备过程类似于人造奶油，包括乳化、预冷、急冷捏合、熟化等工艺^[10]。本研究所采用的工艺制备流程如图 3 所示。将复配基料油加热至 80 °C 熔化，然后向其中加入乳化剂，搅拌 3 min，搅拌速率 200 r/min。混匀后，将油相温度降至 60 °C，然后缓缓加入 60 °C 的蒸馏水进行乳化。乳化过程中快速搅拌，搅拌速率为 2000 r/min，乳化温度为 60 °C，乳化时间为 20 min。乳化完全后，将乳化油脂预冷至 40 °C，保持 10 min。然后将乳化油脂进行急冷捏合，捏合温度为-10 °C，搅拌速率为 300 r/min，捏合时间为 2 min。捏合完全后，在 25 °C 环境中进行熟化，熟化时间为 48 h^[11]。

表 5 速冻专用油脂的配方

Table 5 Formula used for quick-frozen special oils

编号	速冻专用油脂配方		
	油相/wt% ^a	水相/wt%	乳化剂/wt%
1	84 (80:0:20)	15	1
2	84 (84:3:13)	15	1
3	84 (94:3:3)	15	1
4	84 (84:13:3)	15	1
5	84 (80:20:0)	15	1

注：^a 括号内的比例为基料油中酯交换油、大豆油和棕榈硬脂之间的质量比 (wt%)。

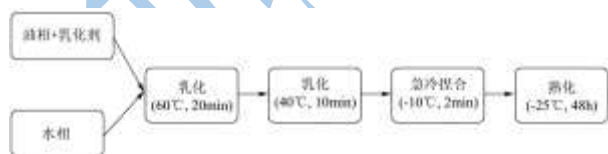


图 3 速冻专用油脂制备流程

Fig.3 Preparation of quick-frozen special oil

2.5 速冻专用油脂的应用

2.5.1 速冻汤圆的制作及冻裂率检测

按照 1.3.6 的方法制作黑芝麻速冻汤圆，其中采用的油脂为不同基料油配方制备的速冻专用油脂。表 6 中产品 A-E 所用的油脂为表 5 中对应编号 1-5 的速冻

专用油脂，F 为未添加速冻专用油脂所制作的汤圆，G 为以某市售速冻专用油脂制作的汤圆，H 和 I 分别是 C 和 D 的对照组，所采用的基料油为未酯交换的棕榈硬脂与大豆油，两者的质量比分别为 70:30 和 62:38。按照 1.3.7 的方法检测汤圆的冻裂率，结果如表 6 所示。由表可知，未添加速冻专用油脂的汤圆 F 冻裂率达到 50%，明显高于其他添加了速冻专用油脂的产品，说明未添加速冻专用油脂的汤圆抗冻性较差。添加了某市售速冻专用油脂所制作的汤圆 G 冻裂率为 30%，添加了未酯交换的速冻专用油脂制作的汤圆 H 和 I 的冻裂率为 20%~25%，而添加了酯交换的速冻专用油脂的汤圆 A~E 的冻裂率为 5%~22.5%，表明使用了速冻专用油脂的汤圆具有更好的抗冻性能。另外，H 和 I 的冻裂率分别为 25%和 20%，远高于对照组 C 和 D 的 10%和 5%的冻裂率，表明通过酶促酯交换反应可改善油脂的品质，制备出加工性能良好的速冻专用油脂。

表 6 速冻汤圆的冻裂实验结果

Table 6 Freeze cracking rates of quick-frozen glue puddings

产品编号	汤圆总数	汤圆冻裂个数	汤圆冻裂率/%
A	40	9	22.5
B	40	6	15
C	40	4	10
D	40	2	5
E	40	3	7.5
F	40	20	50
G	40	12	30
H	40	10	25
I	40	8	20

由图 4 我们可以直观地观察到冻裂与未冻裂汤圆的形貌区别，图 4 左为冻裂的汤圆，其表面较粗糙，且有明显的裂纹，而图 4 右中未冻裂的汤圆表面光滑，色泽光亮，无明显裂纹出现。造成速冻汤圆在冷藏过程中出现表皮开裂现象的原因一般有两种：一是由于汤圆内部的膨胀压力，二是由于汤圆的表皮水分散失所致。汤圆在冻结过程中，汤圆的表皮首先冷冻固化，形成一层坚硬的外壳。但此时汤圆馅料尚未冻结，随着汤圆内部的热量不断地向外传输，汤圆馅料温度不断降低，馅料中的水分开始冻结膨胀，不断向外挤压，由此造成汤圆表皮开裂。另外，在冷藏过程中，汤圆表皮的水分形成细小冰晶，然后在物理升华作用下，造成汤圆表皮水分的散失，使汤圆表皮形成许多细小的孔洞，从而导致汤圆表皮的开裂^[12]。当使用速冻专用油脂时，油脂会与汤圆表皮作用，此时，油脂被吸附在面皮内的蛋白质分子表面，形成一层不透性的薄膜，从而可以提高汤圆面皮的保水性，降低表皮水分

在速冻过程中的散失，避免由于表面水分流失所造成的干裂^[3]。其次，品质较好的专用油脂可以使水分以细小颗粒状态均匀分布在汤圆皮中，降低水分在冻结时对面皮的压力而减少冻裂率。



图4 冻裂速冻汤圆(左)与未冻裂速冻汤圆(右)的比较

Fig.4 Comparison between freeze-cracked (left) and intact quick-frozen (right)glue puddings

2.5.2 速冻汤圆的感官评价

为了进一步考察速冻专用油脂在汤圆中的应用效

果，我们采用感官评定方法对速冻汤圆的品质进行评价。挑选5位经过培训的人按表7内容对制作的汤圆进行打分，评价项目一共分为3个大类，10个项目，每个项目分值为10分，然后将各项分值进行汇总，计算平均值，所得结果如表8所示。由表可知，产品A和B由于所用的速冻专用油脂的固体脂肪含量均较高，所以黏弹性和耐煮性较好，但滋味和细腻度较差；产品C的细腻度较好，但外观方面较差；产品E由于所用的速冻专用油脂的塑性范围较宽，所以其外观、黏弹性、细腻度等均较好，但韧性较差；产品H、I与对照组C和D相比，韧性和耐煮度较差；产品D虽然在黏弹性方面欠佳，但综合来说，其外观饱满，裂纹较少，且色泽光亮，口感好，因此综合评分最高，为91分。产品D采用的基料油配方为酯交换油:大豆油:棕榈硬脂=84:13:3，汤圆的冻裂率及感官评定结果表明以此基料油制备的速冻专用油脂品质最优。

表7 速冻汤圆感官评定细则

Table 7 Guidelines used in sensory evaluation of quick-glu puddings

类别	评价项目	分值	评分标准
外观	速冻后	10	无裂纹，表面光滑(7~10)；一般(4~6)；裂纹明显，表面粗糙(0~3)
	煮熟后	10	颗粒饱满(7~10)；一般(4~6)；颗粒扁平(0~3)
	40 色泽	10	白色，乳白色，乳黄色(6~10)；黄色，灰色等其他颜色(0~5)
	光泽	10	光亮、透明(7~10)；一般(4~6)；暗淡(0~3)
口感	黏弹性	10	爽口，有弹性，不沾牙(7~10)；一般(4~6)；沾牙，无弹性(0~3)
	韧性	10	柔软，有咬劲(7~10)；一般(4~6)；僵硬或较烂(0~3)
	40 细腻度	10	细腻(7~10)；一般(4~6)；粗糙(0~3)
	馅料滋味	10	浓厚香味(7~10)；一般(4~6)；有异味(0~3)
浑汤	耐煮性	10	表面光洁，无破损(7~10)；表面略有破损(4~6)；开裂，崩塌(0~3)
	20 浑浊度	10	清晰，无沉淀物(7~10)；一般(4~6)；浑浊，沉淀物明显(0~3)

表8 速冻汤圆的感官评定结果

Table 8 Sensory evaluation results related to quick-frozen glue puddings

产品编号	速冻后外观	煮熟后外观	色泽	光泽	黏弹性	韧性	细腻度	滋味	耐煮性	浑浊度	评分100
A	7	8	9	9	9	7	6	7	9	7	78
B	8	8	9	9	8	7	7	7	9	9	81
C	8	7	8	9	7	8	9	9	9	9	83
D	10	10	9	9	8	9	9	9	9	9	91
E	9	9	9	8	9	7	9	9	9	9	87
F	6	7	9	9	9	9	9	8	8	7	81
G	8	8	9	8	8	9	9	8	8	8	83
H	8	8	7	8	9	7	8	8	7	7	77
I	8	9	8	8	8	7	9	8	8	8	81

3 结论

利用脂肪酶催化棕榈硬脂与大豆油的酯交换反

应可显著降低棕榈硬脂中高熔点甘三酯PPP的含量，减少油脂中大颗粒晶体的形成，改善油脂的口感和加工性能。当基料油中的油脂配比为酯交换油:大豆油:

棕榈硬脂=84:13:3时,所制备的速冻专用油脂具有最佳的抗冻性能,以之制作的速冻汤圆冻裂率最低,仅为5%,而应用市售速冻专用油脂、未酯交换油脂制备的速冻专用油脂和未添加速冻专用油脂制作的汤圆冻裂率分别为30%、20%和50%;此外,所得速冻汤圆表面细腻,光洁,有弹性,口感好,感官评分最高,表明通过酶促酯交换反应可以制备出品质优良的速冻专用油脂。

参考文献

- [1] 王韵.速冻汤圆品质改良的研究[D].江南大学,2009
WANG Yun. Study on the improvement in the quality of quick-frozen dumpling [D]. Jiangnan University, 2009
- [2] 马传国,王德志,潘林萍,等.焙烤冷冻面团专用油脂的制备[J].中国油脂,2009,34(2):10-14
MA Chuan-guo, WANG De-zhi, PAN Lin-pin, et al. Preparation of special oils for baking frozen dough [J]. China Oils and Fats, 2009, 10(2): 10-14
- [3] Ahmadi L. Trans fatty acids [Z]. Elsevier, 2010
- [4] Ospina-E J C, Sierra-C A, Ochoa O, et al. Substitution of saturated fat in processed meat products: a review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2012, 52(2): 113-122
- [5] Silva R C, Cotting L N, Poltronieri T P, et al. The effects of enzymatic interesterification on the physical-chemical properties of blends of lard and soybean oil [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(7): 1275-1282
- [6] Jennings B H, Akoh C C. Trans-free plastic shortenings prepared with palm stearin and rice bran oil structured lipid [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2010, 87(4): 411-417
- [7] Pacheco C, Palla C, Crapiste G H, et al. Optimization of reaction conditions in the enzymatic interesterification of soybean oil and fully hydrogenated soybean oil to produce plastic fats [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2013, 90(3): 391-400
- [8] Gibon V E R. Chemical and Enzymatic interesterification of a blend of palm stearin: soybean oil for low trans-margarine formulation [J]. Lipid Technology, 2009, 23(12): 681-697
- [9] Madsen J. Emulsifiers used in margarine, low calorie spread, shortening, bakery compound and filling [J]. Lipid/Fett, 1987, 89(4): 165-172
- [10] Andersen A J C. Margarine [M]. London: Pergamon Press Limited, 1954
- [11] Haighton A J. Blending, chilling, and tempering of margarines and shortenings [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1976, 53(6): 397-399
- [12] 王德志,马传国,王高林,等.速冻食品专用油脂制备及其在汤圆中的应用评价[J].中国粮油学报,2010,25(12):71-74
WANG De-zhi, MA Chuan-guo, WANG Gao-lin, et al. Preparation of special oil for quick-frozen food and its applied evaluation in glue pudding [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(12): 71-74
- [13] Inoue Y, Sapirstein H D, Bushuk W. Studies on frozen doughs. IV. Effect of shortening systems on baking and rheological properties [J]. Cereal Chemistry, 1995, 72(2): 221-226