文章编号:1673-2383(2018)03-0038-09
网络出版网址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20180620.0922.014.html
网络出版时间:2018-6-20 9:22:54

6 种市售西藏酥油理化指标及物理特性分析

李婕妤[1],马传国[1,2*],王英丹[1],季　敏[3],李　胜[1]
(1.河南工业大学 粮油食品学院,河南 郑州 450001;2.国家粮食局粮油食品工程技术研究中心,河南 郑州 450001;3. 大马棕榈油技术研发(上海)有限公司,上海 201108)

摘要:西藏酥油是从牦牛牛奶中提取的油脂产品,在西藏地区作为藏民主要的食物来源,同时还是宗教活动中制作酥油花和酥油灯必不可少的原料,其制作工艺复杂繁琐且不易储存。以西藏地区的 6 种市售西藏酥油产品为研究对象,测定了其主要成分及理化指标,使用气相色谱仪、脉冲核磁共振仪、流变仪、差示扫描量热仪和 X-射线衍射仪分别测定了酥油的脂肪酸组成、固体脂肪含量、流变学性质、热力学性质以及晶型。结果表明,西藏酥油产品主要含有棕榈酸(28%~34%)、油酸(21%~37%)和硬脂酸(9%~19%),高含量的饱和脂肪酸是西藏酥油呈现固体状态的原因,且它们都含有少量的反式脂肪酸。6 种酥油的固体脂肪含量和热力学性质表明其熔化温度的范围较大,因此具有很好的可塑性,可用于制作酥油花。酥油的流变学性质表明其弹性模量(G')均大于黏性模量(G''),呈现类固体性质,均属于剪切变稀流体。XRD 结果表明,6 种酥油产品均以 β' 晶型为主,呈现出柔软的质地,因此,西藏酥油具有起酥、搅打、可塑性等功能,可以作为食品和酥油花的原料。

关键词:西藏酥油;脂肪酸组成;热力学性质;流变学行为;晶型
中图分类号:TS225　　**文献标志码**:B

0　引言

西藏酥油是从高原地区的牦牛牛奶中提炼出来的油脂产品,其提炼工艺是先将新鲜牦牛牛奶加热煮熟,加入少量盐,然后倒入木桶中用力上下搅打数百次,直到油水分层,这个过程也叫“打酥油”,经搅打后,油水分离后的牛奶表面浮起一层淡黄色的脂肪,冷却之后便是酥油[1]。酥油用途广泛,可以制成酥油茶、糕点等,深受藏民同胞的喜爱;同时在宗教活动中,酥油也是制作酥油灯和酥油花的重要原料。

西藏酥油主要含有脂肪和水分,还有少量的蛋白质,其中水分含量高达 15%左右,这是酥油即使在寒冷干燥的高原地区也只能保存大约 3 个月的原因。西藏酥油极易氧化腐败,石燕等[2]利用微胶囊技术将酥油包埋,从而解决了西藏酥油不易加工储藏的问题,延长了产品的保质期,同时也改善了酥油的风味与口感。酥油的脂肪酸组成主要是棕榈酸、油酸和硬脂酸,相比于其他牛乳脂肪含有较高含量的功能性脂肪酸如 EPA 和 DHA [1],因此西藏酥油具有很高的食用价值。目前,国内外对西藏酥油研究相对较少,石燕等[3]研究了微波消解-原子吸收法测定西藏酥油中 7 种元素,同时初步分析了西藏酥油中的香气成分[4]和风味物质[5];熊华等[6]研究了西藏酥油茶粉的生产技术。他们主要研究了西藏酥油作为藏民的食物来源的成分和性质,未对西藏酥油制作酥油花进行研究,而酥油花在西藏地区具有十分重要的宗教意义。酥油是藏民日常生活中不可或缺的食品,然而酥油灯和酥油花的制作需要大量天然酥油,而且制作过程复杂繁琐。因此仿制一种廉价的植物酥油来替代天然酥油用于制作酥油灯和酥油花是有必要的。作者对西藏酥油的基本性质进行了进一步的研究,且通过对西藏酥油固体脂肪含量、流变学性质和晶型等的研究分析了西藏酥油之所以能够制作

收稿日期:2017-09-12
基金项目:马来西亚棕榈油总署(MPOB)合作项目(PORTSIM045-2016)
作者简介:李婕妤(1992—),女,河南巩义人,硕士研究生,研究方向为油脂化学与工艺学。
*通信作者:马传国,教授,E-mail:mcg@haut.edu.cn

酥油花的原因,该研究将有助于替代品的开发,为以后工业化生产酥油及替代品提供理论基础。

1　材料与方法

1.1　原料

6 种西藏酥油产品购于西藏拉萨不同地区的农贸市场,用编号 1~6 表示。

1.2　仪器与设备

Agilent7890A 气相色谱仪:美国 Agilent 公司;MQC-23 脉冲核磁共振仪:英国 Oxford 公司;TAQ20 差示扫描量热仪:美国 TA 公司;D8 Advance X-射线衍射仪:德国 Bruker 公司;Rheostress60 型哈克流变仪:美国赛默飞世尔科技有限公司;标准数字系列制冷/加热型循环水浴:美国 Polyscience 公司。

1.3　方法

1.3.1　主要成分及理化指标测定

水分及挥发物测定参照 GB 5009. 236 —2016;酸值测定参照 GB 5009.229—2016;粗脂肪测定参照 GB/T 5512—2008;过氧化值测定参照 GB 5009.227—2016;粗蛋白测定参照 GB 5009—2016;碘值测定参照 GB/T 5532—2008;熔点测定参照 AOCS Cc 3—25。

1.3.2　脂肪酸组成测定

油脂提取:称取样品 20 g,用 $V_{氯仿}$:$V_{甲醇}$:$V_{水}$=20:40:16 的混合溶液为溶剂,从样品中提取粗脂肪,涡旋混匀 2 min 后,再加入 40 mL 氯仿混匀 30 s,用分液漏斗将下层分离、抽滤、旋蒸、最后用氮气吹去残留氯仿[7]。

采用气相色谱法测定脂肪酸组成,样品用三氟化硼甲酯化方法处理后进行 GC 分析。GC 条件如下,柱箱程序升温:140 ℃保持 5 min,然后 4 ℃/min 升温至 240 ℃保持 15 min;进样量:1 μL;色谱柱:HP-88 毛细管柱(100 m×250 μm×0.25 μm);氢离子火焰检测器温度:260 ℃,进样口温度:260 ℃,分流比:50:1;氢气流量:45 mL/min;空气流量:400 mL/min。根据标样保留时间定性,面积归一化法定量。

1.3.3　固体脂肪含量测定

将西藏酥油样品放入脉冲核磁共振仪专用玻璃管中,在 80 ℃下熔化 0.5 h 以消除结晶记忆,然后转移至恒温器中,在 0 ℃下保留 60 min,测定其固体脂肪含量,然后升温至 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50 ℃各保留 30 min,测定各个温度下的 SFC。

1.3.4　流变特性测定

采用哈克流变仪测定酥油产品的流变学性质。将样品添加至载物台上,探头与载物台之间间隙保留 1 mm,进行应变、频率扫描、流动曲线以及触变性测定,从而评估样品的流变学参数。

应变扫描程序:采用振荡模式,频率固定为 1 Hz,应变变化范围 0.01%~100%,确定样品的线性黏弹区(LVR),判断临界应变。

频率扫描程序:采用振荡模式,在应变扫描的基础上确定线性黏弹区并选定一个恒定应变(0.02%),扫描频率 0.1~10 Hz,测定样品的储藏模量(G')和损耗模量(G''),判断样品状态。

流动曲线:采用旋转连续扫描,剪切速率:0.1~200 s^{-1},测定样品的黏度值。判断流体状态。

触变性:采用旋转模式,扫描程序为:0.1~100 s^{-1},100 s^{-1},100~0.1 s^{-1},计算触变环黏度。

1.3.5　热力学性质

精确称取 6~9 mg 样品于铝盒中,在 DSC 中程序升温,以 5 ℃/min 的速率将样品从室温加热至 80 ℃,并保持 10 min 以消除结晶记忆,再以 5 ℃/min 的速率降至-30 ℃,并保持 10 min 使其充分结晶,再以 5 ℃/min 的速率升温至 80 ℃。氮气流速为 40 mL/min。

1.3.6　X-射线衍射分析

将保存在恒温箱(25 ℃)里的样品取出,平铺于玻璃片上的圆孔内,用 X-射线衍射仪测定酥油的晶型。测定条件为 Cu 靶,工作电压 40 kV,电流 40 mA,发射及防反射狭缝为 1.0 mm,接受狭缝 0.1 mm。在室温 25 ℃左右条件下,扫描角度为 5°<2θ<40°,扫描速度为 4°/min ,步长为 0.02°。使用 JADE 6.0 软件对扫描谱图进行分析。

2　结果与讨论

2.1　酥油的主要成分及理化指标

6 种酥油产品的主要成分及理化指标见表 1,酥油的水分及挥发物含量为 13%~16%,洪蕾等[9]测定了西藏 3 个不同地方酥油的水分含量为 11%~18%,与本文结果基本一致,因为西藏酥油水分含量相对较高,这就导致了西藏酥油即使在寒冷干燥缺氧的环境下也容易水解变质。喻峰等[1]指出酥油水分含量高与其生产方式有关,因此酥油的生产方式有待改善,尽量减少水分含量来延长保质期。6 种酥油产品粗脂肪含量为 77%~86%,粗蛋白的含量为 0.2%~0.6%,喻峰等[1]测定出西藏酥油的脂肪含量约为 83%,蛋白含量为 1.4%,脂肪含量

与本研究测定结果差异不大，但是蛋白含量有所差异，这与牦牛的品种、牧草的种类及牦牛的生长环境、气候等有关[8]。1、2、5、6 号酥油产品的酸值范围为 0.4~3.1 mg/g，3、4 号酥油产品的酸值相对较高，可能是由于这两种产品存放时间过长，并且在高水分存在的情况下发生了酸败现象。6 种酥油产品的过氧化值范围为 0.01~0.03 g/100 g，说明酥油产品的抗氧化能力相对较好，这与酥油产品中饱和脂肪酸含量高相关。6 种酥油产品熔点范围为 29.5~34.5 ℃，这就保证了酥油在常温下是半固体或者是固体状态，也是酥油能够制作酥油花的重要原因，同时说明酥油具有较好的口熔性。

表1 6种酥油的主要成分及理化指标

Table 1 The main components and physicochemical indexes of six kinds of Tibet butters

编号	水分及挥发物/%	粗脂肪/%	粗蛋白/%	酸值/(mg·g^{-1})	过氧化值/(g·(100 g)$^{-1}$)	碘值/(g·(100 g)$^{-1}$)	熔点/℃
1	14.55	85.15	0.27	0.48	0.019	31.28	34.5
2	15.78	77.45	0.50	1.79	0.025	39.21	31.8
3	15.95	83.43	0.60	8.89	0.023	31.72	32.2
4	15.99	81.45	0.49	5.21	0.020	29.74	33.9
5	14.17	83.65	0.51	3.03	0.013	29.47	29.6
6	13.81	82.65	0.35	1.74	0.029	36.64	29.9

注：粗脂肪、粗蛋白的测定选用原料湿基。

表 2 6 种酥油样品脂肪酸组成

Table 2 Fatty acid compositions of six kinds of Tibet butters %

脂肪酸	1	2	3	4	5	6
C4:0	0.86	0.71	–	–	0.92	0.96
C6:0	1.10	1.02	1.30	1.23	1.05	1.05
C8:0	0.67	0.77	0.94	0.93	0.87	0.80
C10:0	1.44	1.93	2.32	2.36	2.36	1.98
C12:0	1.16	2.40	2.80	2.84	3.08	2.51
C14:0	6.67	8.09	9.63	9.88	10.61	9.34
C14:1(c)	0.83	0.60	0.47	0.69	1.08	–
C15:0	1.60	0.92	1.02	1.07	–	0.91
C16:0	28.59	33.26	31.28	32.71	32.02	30.00
C16:1(c)	1.27	1.19	1.52	1.57	1.47	1.30
C17:0	1.06	0.57	0.47	0.68	–	–
C17:1(c)	–	–	0.64	–	–	–
C18:0	18.42	11.54	13.30	14.07	13.09	13.40
C18:1(t)	6.69	2.04	2.76	2.67	2.25	2.82
C18:1(c)	21.10	26.27	24.20	24.94	24.84	24.67
C18:2(c)	–	0.72	0.42	–	–	0.34
C18:2(c)	1.03	7.21	2.83	2.60	2.76	5.41
C20:0	1.08	–	–	–	–	–
C20:1(c)	0.95	0.78	0.47	0.72	–	0.77
C18:3(c)	1.68	–	0.56	–	–	0.69

注：c 表示顺式结构，t 表示反式结构，–表示含量很少或未检出。

2.2 西藏酥油脂肪酸组成分析

6 种酥油产品脂肪酸组成如表 2 所示。从表 2 可以看出，酥油主要含有棕榈酸（C16:0）、油酸（C18:1）和硬脂酸（C18:0），其含量分别为 28%~34%、21%~37%、9%~19%，喻峰等[1]分析了西藏酥油的脂肪酸组成：棕榈酸约 28%、油酸约 23%、硬脂酸约 17%，和本研究结果基本一致。首先，西藏酥油含有较高含量的不饱和脂肪酸，这也是其容易变质的原因。其次，西藏酥油都含有少量反式油酸，这和洪蕾等[9]的报道一致，酥油中反式油酸主要是在瘤胃微生物的生物氢化过程中产生[10]。综上，可以考虑用棕榈酸含量高的植物油脂来制作酥油替代品。

2.3 固体脂肪含量

对西藏酥油而言，固体脂肪含量是衡量其物理性质的一个重要指标，固体脂肪含量（SFC）曲线能够很直观地反映出产品 SFC 随着温度变化的情况。由于 6 种酥油产品的水分含量较高，在使用低脉冲核磁共振仪测定时对 SFC 有一定的影响，因此分别对 6 种酥油和脱水后酥油的固体脂肪含量（SFC）进行测定，结果如图 1 所示。

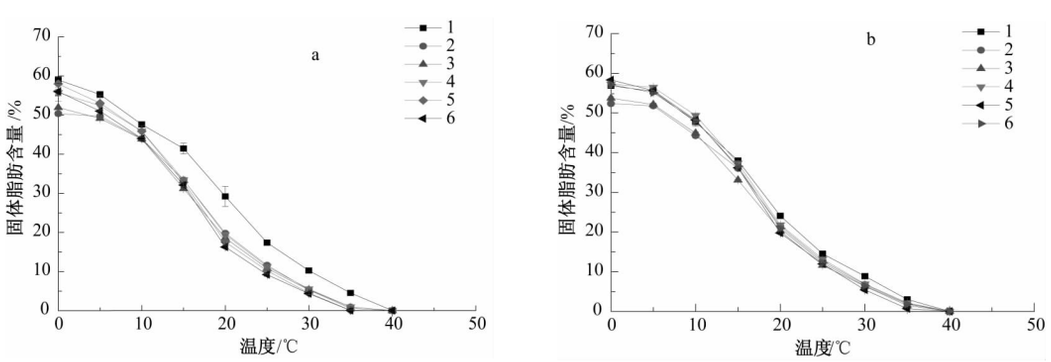


图 1 6 种酥油产品(a)和脱水后的酥油(b)的 SFC 曲线

Fig.1 SFC curve of six kinds of Tibet butters(a)and dehydrated Tibet butters(b)

固体脂肪含量能够用来预测不同温度下产品的耐热性以及形态变化。由图 1 可知,随着温度的升高,酥油产品(a)和脱水后酥油(b)的固体脂肪含量随之降低。脱水后酥油的固体脂肪含量高于未脱水的酥油产品，说明在使用低脉冲核磁共振仪测定油脂 SFC 时，较高的水分含量降低其固体脂肪含量,6 种酥油产品和脱水后酥油的 SFC 值下降趋势基本相同。酥油中水分对固体脂肪含量的影响，在今后对西藏酥油性质的进一步探究中将重点研究。在 0 ℃时酥油和脱水后酥油的固体脂肪含量均为 50%~60%，酥油产品的固体脂肪含量均随着温度的增加而减少，在 5 ℃以后 6 种酥油产品和脱水酥油的固体脂肪含量都开始随着温度的升高而降低，且固体脂肪含量都在 35~40 ℃时减小为 0,说明在此温度范围内,酥油和脱水酥油中的脂肪完全变为液态。酥油的融化温度范围较大,因此,具有很好的可塑性,这也是西藏酥油产品不但可以作为藏民族传统食品，而且还能够作为酥油花原料的主要原因。

2.4　流变特性

油脂的流变学性质可以用来表征油脂的一些特性,如外观、结构、硬度等。本研究主要通过应变扫描、频率扫描、流动曲线和触变性分析了 6 种酥油的流变学行为。

图 2 是酥油的应变扫描曲线图,可以看出 6 种酥油产品线性黏弹区(LVR)范围是 0.01%~0.1%,临界应变（线性黏弹区切线和非线性黏弹区切线交点)约为 1%。

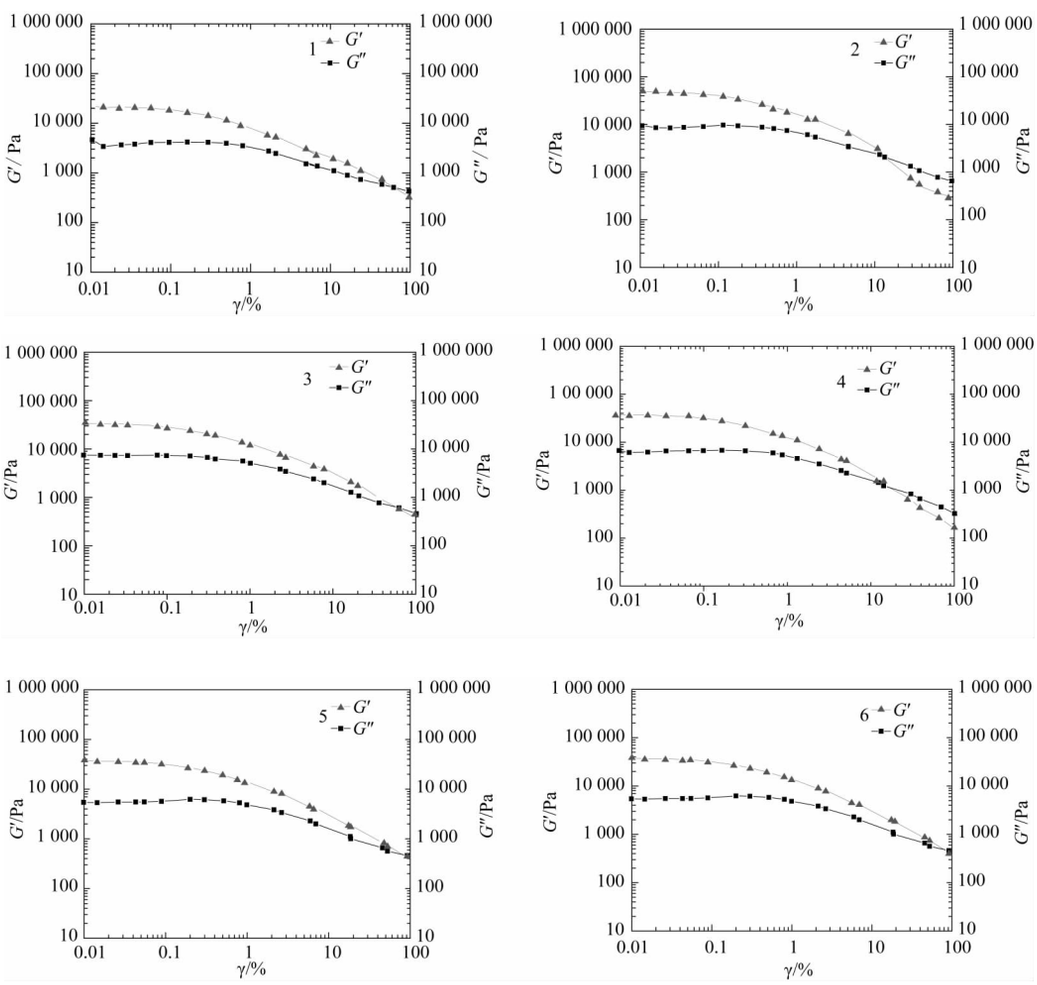


图 2　6 种酥油的应变扫描曲线

Fig.2　Strain scan curve of six kinds of Tibet butters

油脂的流变学强度可以通过弹性模量(G')和黏性模量(G'')的变化来判定,从图 3 酥油的频率扫描曲线可以看出，其弹性模量均大于黏性模量(即 G'均大于 G'')，表明样品呈现出类固体性质,酥油主要发生弹性形变。频率扫描曲线中样品的黏弹性模量随频率变化越显著则表示样品的结构越不牢固。由图 3 可知,6 种酥油的黏弹性模量随频率变化均不显著，说明西藏酥油的结构稳定性较好,适合制造塑性食品和制品。

通过流动曲线进一步分析酥油黏度特性的差

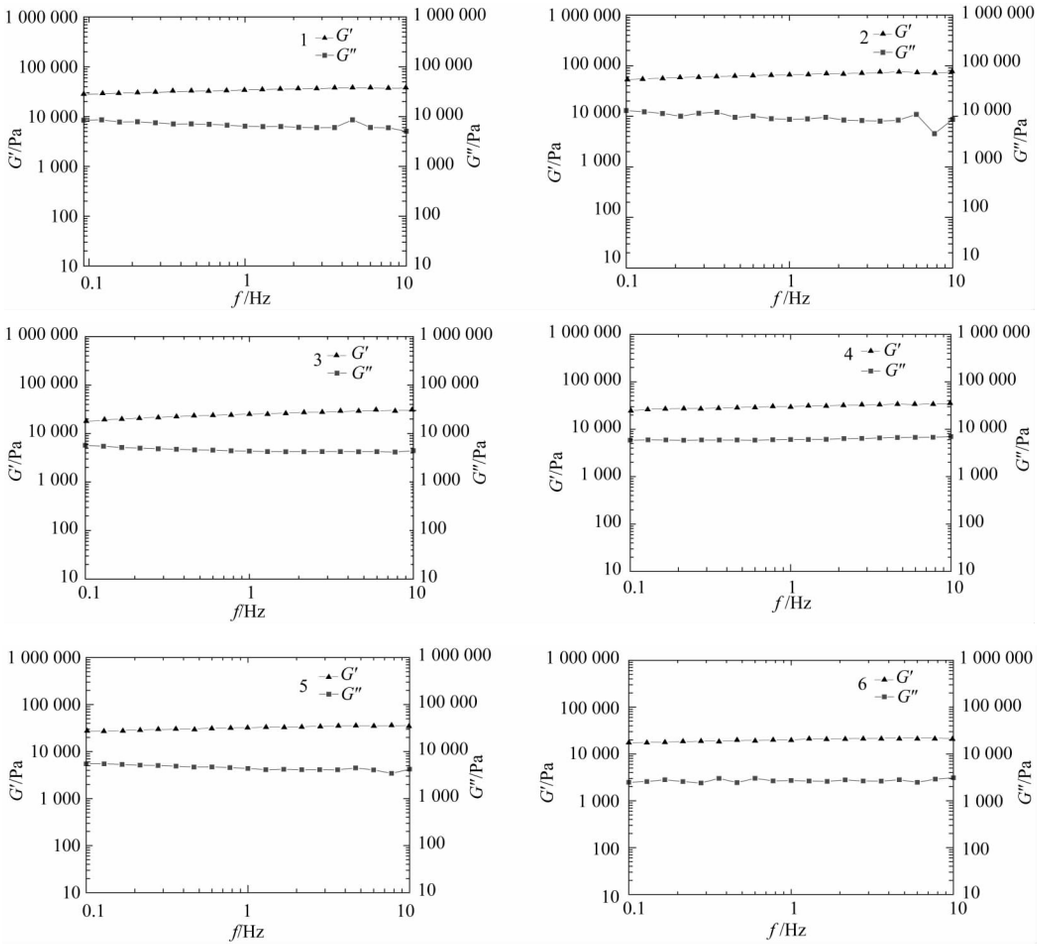
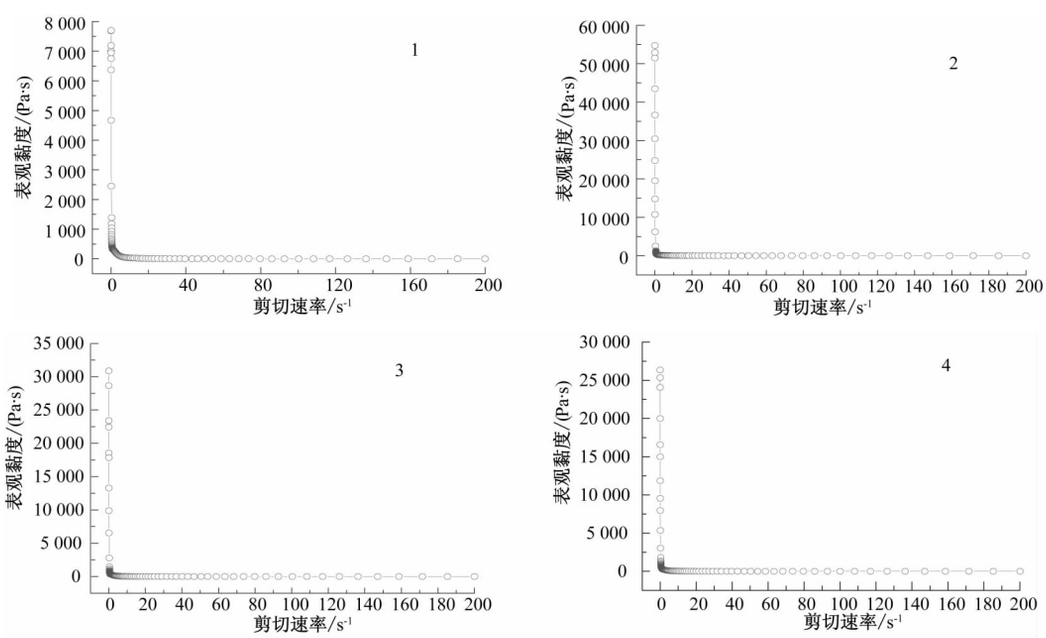


图 3 6 种酥油的频率扫描曲线

Fig.3 Frequency sweep curve of six kinds of Tibet butters

异，从图 4 可以看出，6 种酥油的表观黏度值都随着剪切速率的增加而逐渐降低，酥油在剪切速率范围内都表现出了明显的剪切稀化现象，说明 6 种酥油产品都属于非牛顿流体中的假塑性流体，即剪切变稀流体。



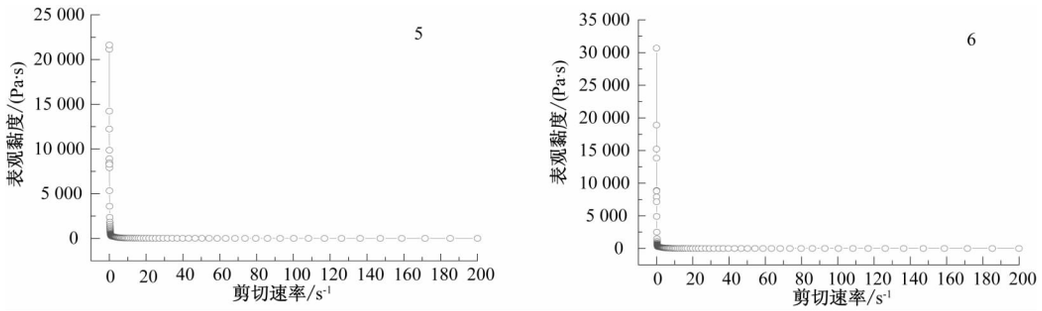


图 4　6 种酥油的流动曲线

Fig.4　Flow curve of six kinds of Tibet butters

触变环的面积表征触变性黏度的大小。若触变环的面积大,则表示此体系经外力作用后,其黏度变化大,外力撤出后,此体系恢复到未经外力作用的体系状态所需的时间长。从表 3 可以看出,6 种酥油产品的触变性黏度范围为 8 900~14 000 Pa·s,说明西藏酥油在受到外力作用后要恢复原形所需较长的时间,这也是酥油可以制造形状多姿各异酥油花的原因。

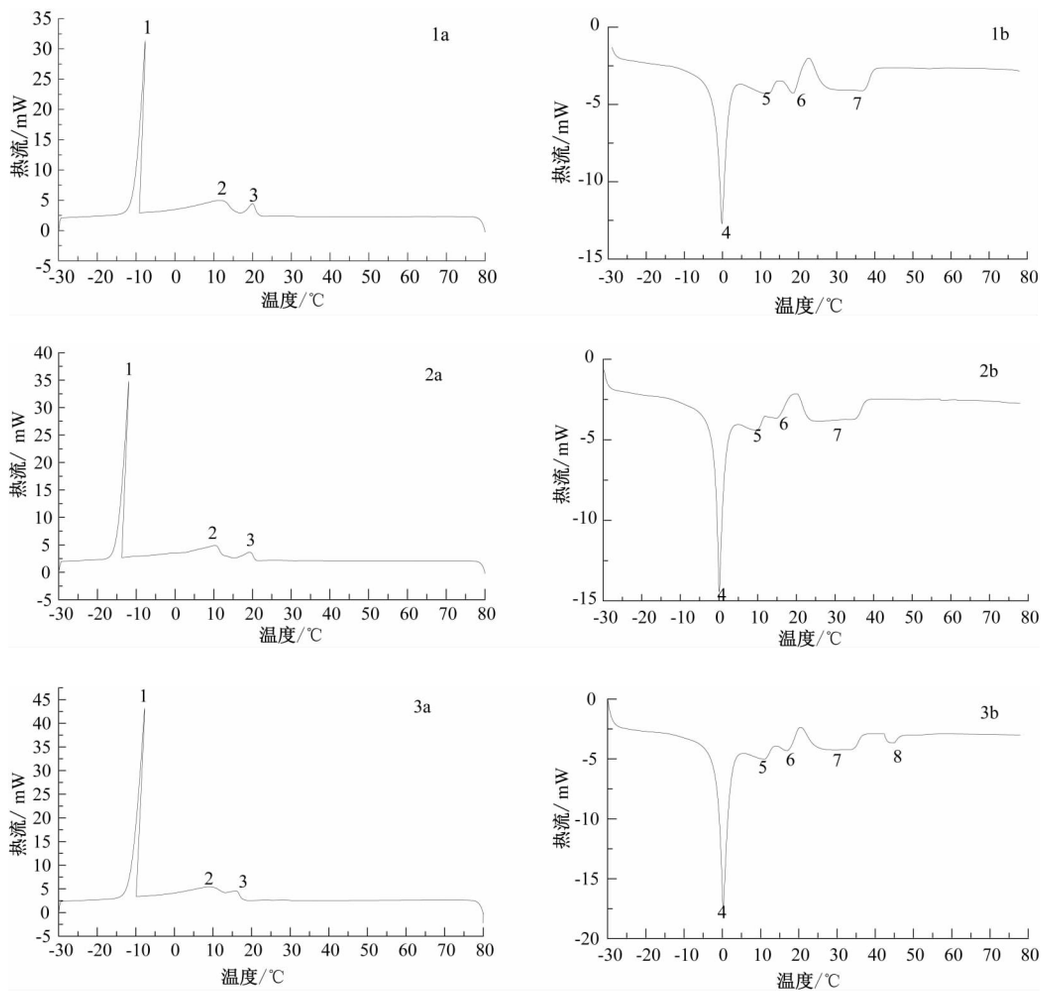
表 3　酥油的触变性黏度

Table 3　Thixotropic loop area of six kinds of Tibet butters　　Pa·s

样品	1	2	3	4	5	6
触变性黏度	9 730	11 960	8 920	13 980	10 540	13 010

2.5　热力学性质

差式量热法(DSC)可以用来记录样品随温度的变化而发生的诸如熔化、结晶、晶型转变等因相变所引起的热力学性质变化[11]。6 种酥油的热力学性质研究结果如图 5 所示。



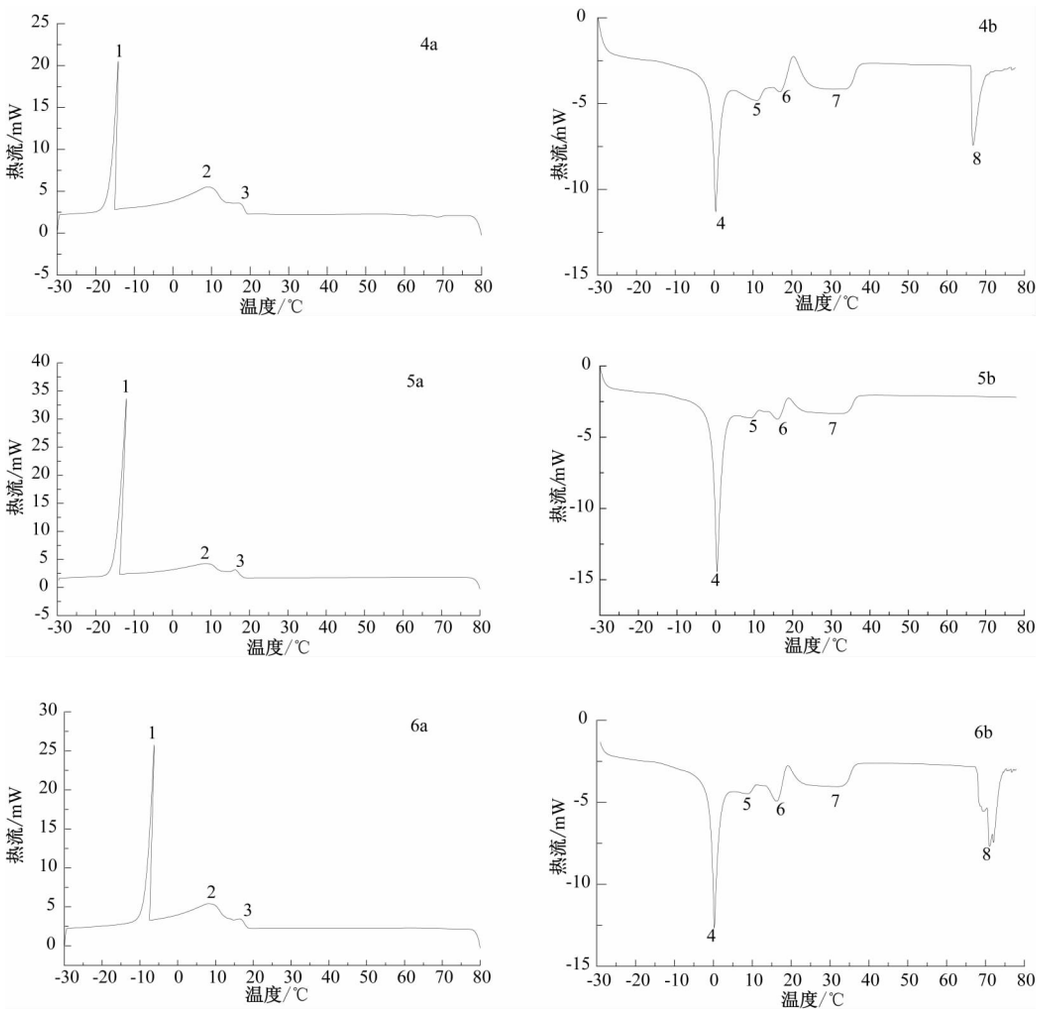


图 5 6 种酥油的结晶(a)和熔化(b)曲线

Fig.5 The crystallization(a) curve and melting(b) curve of six kinds of Tibet butters

图 5 显示了在同一升/降温速率下,6 种酥油产品的结晶熔化曲线。在图 5(a)酥油的冷却结晶曲线中可以看出,6 种酥油分别有 3 个相似的结晶放热峰,而且各个峰对应的结晶温度范围基本保持一致。6 种酥油产品结晶峰 1、2、3 分别对应的温度范围为-20~-10、0~15、10~20 ℃。从图 5(b)酥油的熔化曲线可以看出,6 种酥油分别有相似的 4、5、6、7 熔化峰,而且各个峰对应的熔化温度范围基本保持一致,6 种酥油产品熔化峰 4、5、6、7 分别对应的温度范围为-10~5、5~15、15~20、2~40 ℃,这和固体脂肪含量测定结果基本一致。但是 4 号和 6 号酥油产品分别在 70 ℃左右各有一个熔化峰,推测可能是由于酥油中含有少量酪蛋白等成分所致。

2.6 X-射线衍射分析

用 X-射线衍射仪对酥油的晶型进行分析,结果如图 6 所示。

在固体脂肪中存在同质多晶体现象,晶体的 X-射线衍射图中,α 型晶体短间距在 0.410 nm 左右,β' 型在 0.420 nm 和 0.380 nm 左右,而 β 型晶体的短间距在 0.460 nm 附近[12]。此外,在体系还存在一些中间状态的晶型,Kalnin 等[13]指出短间距值在 0.440 nm 附近的是类 β' 型,Braipson-Danthine 等[14]指出有些 β 型晶体的短间距值在 0.370 nm 与 0.385 nm 附近。Neil 等[15]指出短间距值 0.403~0.440 nm 附近为 β' 型晶体。从图 6 可以看出,编号是 1、2、3、4 的 4 种酥油产品均在短间距 0.380 nm 附近有尖的衍射峰,说明含有 β' 型晶体,而 5 号和 6 号产品在此处的衍射峰很不明显,说明含有极少量的 β' 型晶体,这种差异性的原因可能和牦牛的品种、生长环境及牧草的种类等有关。6 种酥油产品均在 0.450 nm 附近有尖的衍射峰,说明 6 种酥油产品有中间状态的晶型,可能是类 β' 型晶型和 β' 型晶体。β' 晶体的结晶颗粒较小,形成的结晶网络结构精细,产品具有柔软的质地,这是酥油产品具有柔软质地的主要原因。Tanaka 等[16]指出 β' 型晶体的两倍链长结构的长间距在 4.20 nm 和 1.40

nm。长间距值反映的是甘油三酯分子中脂肪酸的层间排列结构之间的距离，如双倍链长或三倍链长排列形式[17]。6 种酥油产品在 1.370、1.350、1.330 nm 附近均有一个长间距尖的衍射峰，说明 6 种酥油产品可能存在着其他不同的甘油三酯分子的排列方式,需要后期做进一步的探究。

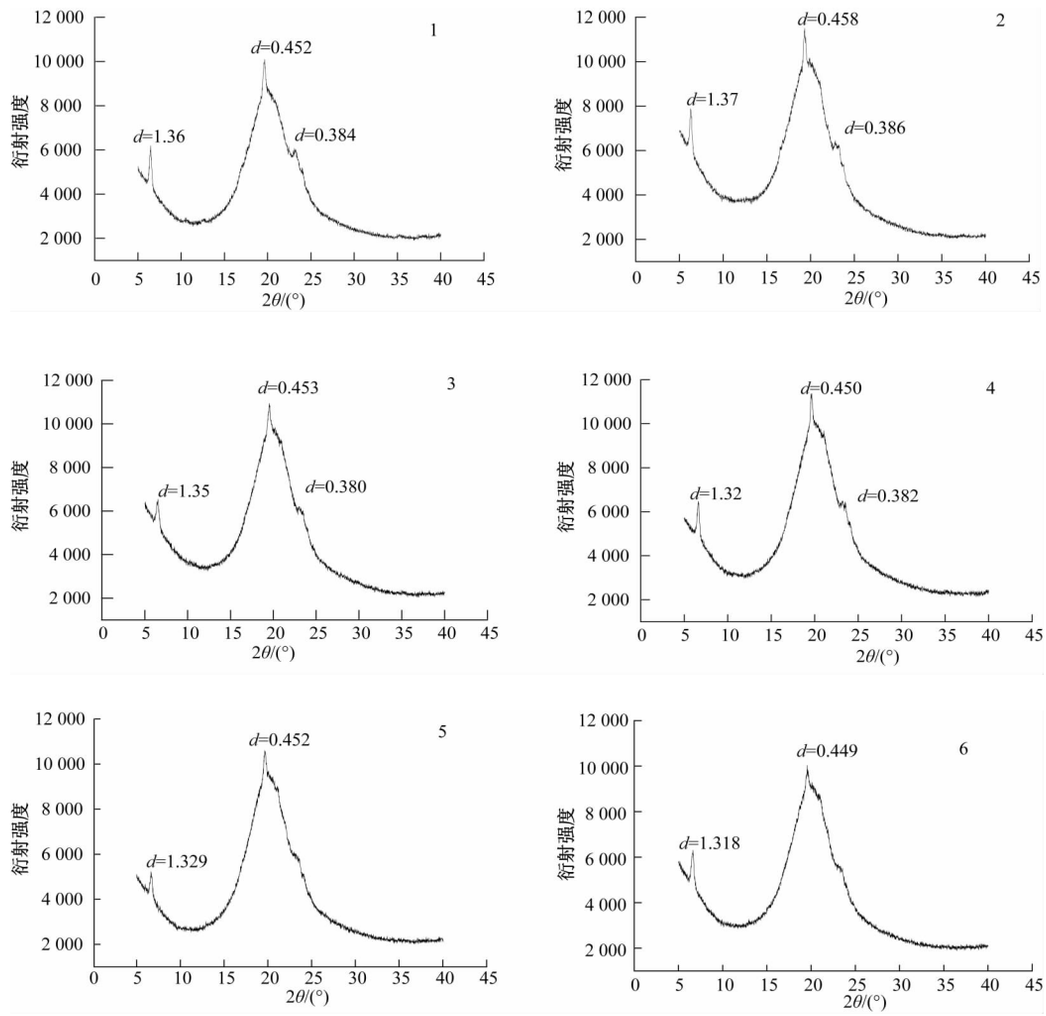


图 6　6 种酥油产品的 XRD 谱图

Fig.6　XRD spectrogram of six kinds of Tibet butters

3　结论

本研究对 6 种酥油产品的主要成分及理化指标、脂肪酸组成、固体脂肪含量、热力学性质、流变学性质、晶型进行测定,确定了 6 种酥油产品基本物化性质的数据范围。酥油产品主要由饱和脂肪酸组成,均含有少量的反式脂肪酸,因此,减少酥油反式脂肪酸的含量是制作酥油产品需要考虑的问题。酥油产品的固体脂肪含量随温度增加而降低,固体脂肪含量(SFC)和 DSC 熔化曲线说明酥油体系中熔化温度范围较大，在 40 ℃基本完全熔化,这也是酥油能够制作酥油花的一个重要原因。酥油的流变学性质表明,酥油呈现类固体性质,结构较为稳定，且属于剪切变稀流体。XRD 结果表明,酥油体系内部含有一小部分的晶体结构,其中以 β' 型晶体为主，这是酥油产品质地柔软的主要原因。这些基本理化性质的数据可为进一步研究西藏酥油的性质提供理论基础，也为发展西藏酥油替代品和工业化生产酥油提供数据支持。

参考文献:

[1]　喻峰,熊华,吕培蕾,等. 西藏牦牛酥油脂肪酸成分分析及功能特性评价[J]. 中国油脂,2006,31(11):35-38.

[2]　石燕. 微胶囊化西藏酥油的制备、微结构及其性质研究[D]. 南昌:南昌大学,2008.

[3]　石燕,刘凡,郑为完,等. 微波消解-原子吸收

法测定西藏酥油中 7 种元素 [J]. 南昌大学学报(工科版),2012,34(1):19-21.
[4] 石燕,郑为完,熊华,等. 西藏酥油香气成分的初步分析 [J]. 食品与发酵工业,2006,32(2):90-92.
[5] 石燕,郑为完,熊华,等. 用 GC/MS 联用技术测定西藏酥油中的风味物质 [J]. 南昌大学学报(理科版),2008,32(2):155-156.
[6] 熊华, 郑为完. 西藏酥油茶粉生产技术研究 [J]. 中国油脂,2003,28(4):33-34.
[7] 陈林林. 气相色谱-质谱法测定人造奶油中的脂肪酸 [J]. 食品研究与开发,2010,31(1):106-107.
[8] HE S H,MA Y,WANG J Q,et al. Milk fat chemi-cal composition of yak breeds in China [J]. Journal of Food Composition and Analysis,2011,24(2):223-230.
[9] 洪蕾,霍贵成,田辉. 西藏两种来源酥油的脂肪酸和卫生品质分析 [J]. 中国乳品工业,2012,40(11):29-32.
[10] COLLOMB M,SCHMID A,SIEBER R,et al. Conjugated linoleic acids in milk fat:Variation and physiological effects[J]. International Dairy Journal,2006,16(11):1347-1361.
[11] ROGERS M A,WRIGHT A J,MARANGONI A G. Corrigendum to "Nanostructuring fiber morphology and solvent inclusions in 12-hydroxystearic acid/canola oil organogels" [J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science,2009,14(3):223.
[12] 毕艳兰. 油脂化学[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
[13] KALNIN D,LESIEUR P,ARTZNER F,et al. Systematic investigation of lard polymorphism using combined DSC and time-resolved synchrotron X-ray diffraction[J]. European Journal of Lipid Science and Technology,2005,107(9):594-606.
[14] BRAIPSON-DANTHINE S,GIBON V. Comparative analysis of triacylglycerol composition, melting properties and polymorphic behavior of palm oil and fractions [J]. European Journal of Lipid Science and Technology,2007,109(4):359-372.
[15] HAMILTON R. Physical properties of fats,oils and emulsifiers[M]. Champaign:American Oil Chemists' Society Press,2000.
[16] TANAKA L,TANAKA K,YAMATO S,et al. Microbeam X-ray diffraction study of granular crystals formed in water-in-oil emulsion [J]. Food Biophysics,2009,4(4):331-339.
[17] D'SOUZA V,DEMAN J M,DEMAN L. Short spacings and polymorphic forms of natural and commercial solid fats:A review[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society,1990,67(11):835-843.

PHYSICOCHEMICAL INDEXES AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SIX KINDS OF MARKET TIBET BUTTERS

LI Jieyu[1], MA Chuanguo[1,2], WANG Yingdan[1], JI Min[3], LI Sheng[1]

(1.*School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou* 450001, *China*; 2.*Grain and Oil Food Engineering Technology Research Center, State Administration of Grain, Zhengzhou* 450001, *China*; 3. *Palm Oil Research and Technical Service Institute of MPOB (Shanghai), Shanghai* 201108, *China*)

Abstract: Tibet butter which is extracted from yak milk grease products, is not only the major food source in the Tibet region, but also is an essential raw material for making butter sculpture and butter lamps in religious activities. The production process of Tibet butter is complicated and the butter products are not easy to store. Therefore, the main components, physical and chemical indexes of six kinds of commercial Tibet butters products were determined in the present study. The fatty acid compositions, solid fat contents, rheological properties,

(下转第 57 页)

STUDY ON THE EFFECT OF COMPOUND MODIFIER ON QUALITY OF GREEN WHEAT KERNEL NOODLE

WEI Azhi[1,2], ZHANG Guozhi[1], ZHANG Kangyi[2], YANG Fan[2]

(1. *School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou* 450001, *China*;
2. *Institute of Agricultural and Sideline Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou* 450002, *China*)

Abstract: The green wheat kernel contains a variety of nutrients including carbohydrates, protein, unsaturated fatty acids, potassium, calcium, magnesium, and vitamins. Making bread and biscuit of green wheat kernel provides the feasibility for making of the green wheat noodle. Adding green wheat kernel increased the nutritional value of noodles but reduced the cooking quality and taste of noodle. Therefore, three additives including sodium carboxymethyl cellulose (CMC), xanthan gum and phospholipid were selected to improve noodle quality in this study. The effects of different proportion and amount of these additives on green wheat kernel noodle quality were investigated. The indicators including dry matter water absorption rate, cooking loss rate and sensory score were evaluated. The single factor experiments indicated that three amendments could improve green wheat kernel noodle quality, and the optimal adding amount of CMC was 0.8%-1.6%, xanthan gum was 0.4%-1.2%, and phospholipid amount was 0.8%-1.6%. T response surface methodology analysis demonstrated that the influence of the three additives was CMC> xanthan gum > phospholipid and xanthan gum phospholipid interaction >CMC phospholipid interaction >CMC xanthan gum interaction. The experimental verification of reliability optimization showed that the composite modifier formula was CMC1.2%, xanthan gum 0.8%, phospholipid 1.2%.

Key words: green wheat kernels; noodles; Improvers; response surface methodology

---

(上接第 46 页)

thermodynamic properties and crystal type were analyzed using GC, NMR, rheological, DSC and XRD methods, respectively. The results showed that the mainly fatty acid compositions of Tibet butters were palmitic acid(28%-34%), oleic acid (21%-37%) and stearic acid (9%-19%). The higher content of saturated fatty acids was the reason that Tibet butter existed in solid status. Moreover, the six kinds of Tibet butters all contained a small amount of trans-oleic acid. The results of solid fat contents and thermodynamic properties showed that the melting temperature ranges of six Tibet butter products were large, indicating their strong plasticity. The analysis of rheological properties indicated that the elastic modulus (G') of six kinds of Tibet butter products was greater than the viscous modulus (G''), implying they all belonged to the shear thinning fluid and showed solid-like properties. The results of XRD showed that all the 6 kinds of products had soft texture and mainly contained β'-crystal. In conclusion, the Tibet butter has the function of crisp, beating and plasticity, which can be used as the raw material of food and butter sculpture.

Key words: Tibet butter; fatty acid composition; thermodynamic property; rheological behaviors; crystal type