

## منبسط کنندگان کره کاکائو مقاوم به حرارت از چربی‌های *Mahua* (*Madhuca latifolia*) و (*Garcinia indica*) Kokum

### چکیده:

منبسط کنندگان کره کاکائو با ویژگی‌های مقاوم به حرارت با استفاده از چربی‌های <sup>1</sup> mahua و kokum تهیه شدند. جزء استارین <sup>2</sup> (بخش Fr) ۱، ۷۷-۸۰٪ (از محصول) که توسط تفکیک حلال از مخلوط ۵۰:۵۰ این چربی‌ها بدست آمد، حتی پس از مخلوط شدن با چربی در سطوح ۲۵ یا ۵۰٪، یک پروفایل ذوب شیب‌دار با درصد بالاتر چربی جامد (SFC) در ۳۲،۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به کره کاکائو نشان داد. ویژگی‌های انجماد نشان دادند که Fr.1 یک ویژگی فوق انجماد شبیه به کره کاکائو دارد، اما افزایش دمای بالاتری را با زمان تبلور کمتر در منحنی خنک کننده نشان داد که برای قالب ریزی شکلات سودمند است. Fr. 1 با کره کاکائو در همه ابعاد سازگار بود، به طوری که این سازگاری توسط منحنی‌های خنک کننده و نمودارهای سه بعدی هم دما آشکار شد. جزء استارین توسط تفکیک خشک از مخلوط mahua/kokum (Fr.2، ۷۷٪ از محصول) بدست آمد، با وجود آن، ویژگی‌های استحکام مشابهی دارد و SFC پایین‌تری در مقایسه با SFC Fr.1 دارد. Fr.1 و Fr.2 سطوح بالایی از ۲- اولئو-دی استارین تری اسیل گلیسرول (۴۶-۵۱٪) دارند که مسئول ویژگی مقاومت بهتر در دماهای بالا در مقایسه با کره کاکائو است. مناسب بودن ترکیب چربی‌های mahua/kokum و چربی‌های stearin/kokum همانند منبسط کنندگان کره کاکائو مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودارهای سه بعدی هم دما ترکیب کامل دو بخش چربی را نشان دادند. نتایج نشان دادند که مجموعه‌ای از منبسط کنندگان کره کاکائو با ویژگی‌های مختلف ذوب می‌توانند توسط تفکیک و ترکیب فیزیکی چربی‌های mahua و kokum در نسبت‌های منتخب آماده شوند.

<sup>1</sup> یک درخت هندی که گل‌های خوراکی و دانه‌های غنی از روغن دارد.

<sup>2</sup> ماده‌ای است بلورین، جامد و سفید با فرمول  $C_{15}H_{35}COO$  C3H5 که از چربی بدست می‌آید.

کلمات کلیدی: شکلات، منبسط کنندگان کره کاکائو، چربی شیرینی سازی، تفکیک، نمودارهای سه بعدی هم دما، چربی kokum، چربی mahua، خاصیت مقاومت در برابر دما.

#### مقدمه

کره کاکائو، هر چند یک چربی ایده آل برای استفاده در ساخت شکلات است اما برای استفاده در آب و هوای گرمسیری و یا گرمتر مناسب نیست. گزارش شده است که ترکیب چربی های گیاهی خاص و یا اجزا غنی از ۲- اولئو-دی استارین (StOst) تری گلیسرول به درون سیستم چربی کره کاکائو/شیر می تواند افزایشی را در مقدار چربی جامد (SFC) و معمولاً باعث اندکی کاهش در زمان ترکیب کردن ایجاد کند. Borneo tallow<sup>۳</sup> یا کره illipé<sup>۳</sup> و جزء shea گزارش شده است که این ویژگی های را بیان می کنند و همچنین می توانند برای تقویت کره کاکائو و محصولات شکلاتی مورد استفاده قرار گیرند. هند انواعی از چربی های غنی از اسید استئاریک نظیر Sal, kokum, dhupa, mango را تولید می کند. در مطالعه حاضر، چربی kokum به عنوان یک چربی غنی از اسید استئاریک انتخاب شد. Kokum (*Garcinia indicaindica*, fam. Gutiferae) یک درخت کوچک و همیشه سبز است که در بخش های مختلفی از هند یافت شده است. میوه ها کروی، به رنگ ارغوانی تیره هستند و مغز آن ها خوراکی است. میوه ها ۳-۸ دانه تخم مرغی شکل بزرگ و سیاه دارند و دانه های به شکل کلیه حدوداً ۴۰٪ چربی سخت و شکننده دارند (نقطه ذوب: ۳۹-۴۳ درجه سانتیگراد)، از این رو قبل از استفاده در ساخت شکلات و شیرینی پزی به تغییر نیاز است. چربی دیگر انتخاب شده برای مطالعه، Mahua بود. درخت های Mahua یا mowrah (*Madhuca latifolia*, fam) چیکوئیان) در بخش های مختلفی از هند یافت شدند. میوه های سبز رنگ در اندازه تخم مرغ حاوی دانه های مقعر (حدود ۷۵٪ از وزن میوه را تشکیل می دهد) هستند که شامل ۵۰٪ چربی زرد کم رنگ، نیمه جامد است. آماده سازی منبسط کنندگان کره کاکائو توسط ترکیب چربی kokum با جزئی از کره (*M. butyracea*) phulwara قبل از این گزارش شده بود. در مطالعه حاضر، منبسط کنندگان کره کاکائو/ تعویض کنندگان با ویژگی های مقاوم به دما توسط تفکیک و ترکیب چربی های mahua و kokum آماده شدند.

<sup>۳</sup>روغن گردو که از گونه های جنس Shorea استخراج می شود که این جنس بومی Sarawak, Borneo, Java و Malaya و Philippines است.

## مواد و روش‌ها

چربی Mahua از صنایع روغن M/s Sarvodaya (ناگپور هند) و چربی kokum از M/s Mahamango (Kudal, Maharashtra, هند) خریداری شد. چربی‌ها با استفاده از مواد قلیایی تصفیه شدند. کره کاکائو از کارخانه شکلات M/s Campco (Puttur, هند) خریداری شد. متانول BF3، متیل استرهای اسید چرب و تری گلیسرول‌ها از شرکت سیگما (St. Louis, MO) تهیه شدند. سایر مواد شیمیایی و حلال‌ها بوسیله درجه تحلیلی مورد استفاده قرار گرفتند.

## جزء به جزء کردن.

جزء به جزء کردن حلال. چربی Mahua (۲۰۰ گرم) در ۲۰۰ میلی لیتر حلال با حرارت دادن در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد حل شد. محلول به تدریج تا دمای ۱۳ درجه سانتی گراد خنک شد و با هم زدن گاه به گاه ۳ ساعت در این دما نگهداری گردید. توده متبلور به صورت جزئی جهت جداسازی استارین و اولئین فیلتر شد. حلال از بخش استارین تحت شرایط خلاء حذف شد و محصول به دست آمده ۳۵٪ بود.

چربی‌های Mahua و kokum در نسبت‌های ۱:۱ (w/w) ترکیب شدند و برای به دست آوردن یک مایع روشن تا ۵۰ درجه سانتی گراد گرم شدند. مخلوط (۲۰۰ گرم) در ۴۰۰ میلی لیتر استون حل شد. محلول به تدریج تا دمای ۱۸ درجه سانتی گراد سرد شد و ۳ ساعت با تکان دادن گاه به گاه نگهداری گردید و سپس فیلتر شد. حلال از استارین (۷۷-۸۰٪ از محصول، جزء ۱ (Fr.1)) تحت شرایط خلاء حذف گردید.

جزء به جزء کردن خشک. چربی‌های Mahua و kokum در نسبت‌های مساوی ترکیب شدند و برای بدست آوردن یک مایع روشن تا دمای ۵۵ درجه سانتی گراد گرم شدند. مخلوط (۲۰۰ گرم) به تدریج تا دمای ۲۷ درجه سانتی گراد خنک شد و به مدت ۲ ساعت با هم زدن گاه به گاه در این دما نگهداری گردید. استارین (۷۷٪ از محصول، Fr.2) توسط فیتراسیون تحت شرایط خلاء و فشار دادن مواد به طور دستی از بالا حذف شد.

کالریمتری روبشی افتراقی (DSC). یک سیستم حرارتی (Griefensee, سوئیس) TA-3000 DSC برای به دست آوردن یک پروفایل ذوب همراه با درصد مایعات در دماهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت. جریان گرما از دستگاه با

استفاده از ایندیم تنظیم شد. یک حسگر PT-100 با استفاده از ایندیم، روی و سرب تنظیم شد. برای اطمینان از یکنواختی و از بین بردن تمام ذرات بلور یخ، نمونه‌ها تا دمای ۶۰ درجه سانتیگراد گرم شدند. حدود ۱۵ میلی گرم از نمونه‌ها با دقت وزن شدند و در یک بوته آلومینیوم استاندارد قرار داده شدند و پوشش در محل ظرف فشرده شد. یک بوته آلومینیوم خالی با کلاهک سوراخ به عنوان یک مرجع مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها بر طبق روش آیوپاک در کفه تراوز تثبیت شدند که شامل نگه داشتن نمونه‌ها در دمای ۰ درجه سانتیگراد برای ۹۰ دقیقه، ۲۶ درجه سانتیگراد به مدت ۴۰ ساعت و ۰ درجه برای ۹۰ دقیقه قبل از وارد شدن نمونه‌ها به سلول DSC بود. دمانگاشت نمونه‌ها توسط حرارت دادن با نرخ ۲ درجه سانتیگراد/دقیقه از ۵- تا ۵۰ درجه سانتیگراد ثبت شدند. دماهای حداکثر، گرمای همجوشی ( $\Delta H$ ) و درصد مایعات در دماهای مختلف با استفاده از یک پردازنده داده TC-11A (حرارت) ثبت شدند. SFC توسط کاهش درصد مایعات از ۱۰۰ محاسبه شد و پروفایل‌های ذوب توسط رسم درصد جامدات در برابر درجه حرارت کشیده شدند.

DSC همچنین برای مطالعه ویژگی‌های انجماد نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. حدود ۱۵ میلی گرم از نمونه مذاب با دقت وزن شد و در ظروف آلومینیومی استاندارد قرار داده شد و پوشش روی ظرف فشرده شد. نمونه‌ها درون سلول DSC وارد شدند، به مدت ۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند تا تمام بلورهای یخ از بین بروند و بلافاصله در -۱۰ درجه سانتیگراد در ۵ درجه سانتیگراد/دقیقه خنک شدند. خنک سازی گرمازاها، دماهای تبلور و آنتالپی تبلور ثبت شدند.

نمودارهای سه بعدی هم دما. نمودارهای سه بعدی هم دما با رسم SFC در دماهای مختلف (۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۲،۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد) و توسط DSC در مقابل درصد مخلوط‌ها بدست آمدند. سازگاری یا امتزاج چربی mahua و یا استارین آن با چربی kokum، مخلوط چربی‌های mahua/kokum، چربی kokum/استارین mahua و Fr.1 با کره کاکائو توسط رسم نمودارهای سه بعدی هم دما تعیین شدند.

ترکیب اسیدهای چرب. ترکیب اسید چرب نمونه‌ها توسط آنالیز متیل استرهای اسید چرب بوسیله کروماتوگرافی گازی (GC) تعیین شد. متیل استرها با استفاده از متانول BF<sub>3</sub>/۱۴٪ تهیه شدند و با استفاده از Shimadzu GC-9A

(کیوتور، ژاپن) مجهز به یک آشکار ساز یونیزاسیون شعله که تحت شرایط زیر کار می‌کند، آنالیز شدند: ستون، ۲،۴ متر در ۰،۳ سانتی متر، فولاد ضد زنگ با دی اتیلن گلیسرول سوکسینات ۱۵٪ که با Chromosorb W (مشبک ۸۰/۶۰) پوشیده شده؛ دمای ستون، ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد؛ دمای انژکتور، ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد؛ حامل گاز نیتروژن، ۱۵ میلی‌لیتر/ دقیقه و هیدروژن، ۲۰ میلی‌لیتر/ دقیقه. حداکثرها توسط مقایسه زمان‌های نگهداری با استانداردهای معتبر مشخص شدند و درصد نسبی اسیدهای چرب منفرد گزارش شد.

ترکیب تری اسیل گلیسرول. ترکیب تری اسیل گلیسرول نمونه‌ها توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) و با استفاده از سیستم کنترل کننده مدل Shimadzu LC-10A و آشکار ساز ضریب شکست RID-10A تعیین شد. یک ستون C-18 (۳،۹ × ۳۰۰ میلی‌متر؛ اندازه ذره ۵ میکرومتری) که در دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. فاز متحرک مخلوطی از استون/استونیتریل (با حجم ۶۳،۵:۳۶،۵) با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه بود. نمونه‌ها با عبور از میان یک ستون ژله‌ای سیلیسی و شستشوی تری گلیسرول با هگزان خالص شدند. نمونه‌های خشک شده در کلروفرم حل شدند و ۱۰ میکرولیتر کلروفرم تزریق شد. حداکثرها توسط مقایسه زمان‌های نگهداری با استانداردهای معتبر مشخص شدند و درصد نسبی تری گلیسرول‌های منفرد در نمونه گزارش شد.

منحنی‌های خنک کننده. ویژگی‌های انجماد نمونه‌ها توسط منحنی‌های خنک کننده و با استفاده از یک فلاسک Shukoff با توجه به روشی که توسط Wilton و Wode شرح داده شده بود، تعیین شدند.

منحنی خنک کننده ارزش زیادی را در ارزیابی کیفیت سرد کردن و رفتار انجماد چربی‌های کره کاکائو مورد استفاده در محصولات شکلات دارد. ویژگی سرد کردن به این معنی است که چربی مایع، هنگامی که دست نخورده است، در حالت مایع درست در زیر نقطه ذوب خود باقی خواهد ماند. دمای حداقل به انتهای منحنی ظرفیت سرد کردن چربی می‌رسد؛ دمای بالاتر در نقطه حداقل به منظور کاهش ویژگی‌های سرد کردن چربی در نظر گرفته شده است. چربی‌هایی با کاهش خواص سرد کردن به دماهای سرد حساس‌تر خواهند بود و برای افزایش زمان در طول ساخت شکلات خنک کننده مورد نیاز خواهد بود.

## نتایج و بحث

Mahua یک چربی نرم شامل پالمیتیک، استئاریک و اسیدهای اولئیک است در حالی که چربی kokum بسیار سخت است (نقطه ذوب. ۴۰ درجه سانتی گراد) که شامل استئاریک و اسیدهای اولئیک در نسبت‌های مساوی می‌باشد (جدول ۱). Mahua به آرامی متبلور می‌شود، در حالی که kokum در دماهای بالا که توسط منحنی‌های خنک کننده نشان داده می‌شوند، به سرعت متبلور می‌گردد (شکل ۱). علاوه بر این، kokum حتی در دمای ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، SFC بالایی دارد (شکل ۲). ترکیب تری‌اسیل گلیسرول نشان می‌دهد که چربی kokum عمدتاً شامل تری‌اسیل گلیسرول StOSt است، در حالی که mahua غلظت‌های پایین‌تری از تری‌اسیل گلیسرول‌های اشباع نشده در مقایسه با کره کاکائو دارد (جدول ۱). از این رو، این چربی‌ها برای استفاده در شکلات به عنوان منبسط کنندگان کره کاکائو/تعویض کنندگان نیاز به تغییر دارند.

جزء به جزء کردن مخلوط چربی‌های mahua/kokum. استارین mahua که بعد از حذف بیش از ۶۵٪ از مایع بدست آمد، هیچ بهبودی را در ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خود به طوری که آن را برای استفاده به عنوان منبسط کننده کره کاکائو مناسب سازد، نشان نداد (شکل ۱ و ۲، جدول ۱). چربی‌های Mahua و kokum در نسبت‌های مساوی مخلوط و سپس تفکیک شدند. Fr.1 که در این روش از طریق تفکیک حلال به دست آمده بود ویژگی‌های انجماد و ذوب بهبود یافته‌ای را در مقایسه با چربی‌های منفرد منبع نشان داد. Fr.1 ظرفیت خنک کردن کمی کاهش یافته دارد اما تبلور سریع را نشان داد به طوری که به افزایش ناگهانی درجه حرارت با زمان تبلور کمتر در مقایسه با کره کاکائو اشاره می‌کرد (شکل ۱). گزارش شده بود که افزایش دما بالاتر از نقطه حداقل به میزان تبلور مربوط است که درجه انقباض را کنترل می‌کند و چربی‌هایی با افزایش دمای بالاتر برای قالب ریزی شکلات بهتر هستند.

جدول ۱ ترکیب اسید چرب و تری‌اسیل گلیسرول چربی‌های Mahua و Kokum و شکستن آن‌ها

نمونه	اسیدهای چرب (%) <sup>b</sup>				تری اسید گلیسرول (%) <sup>b</sup>					
	16:0	18:0	18:1	18:2	StOSt	POSt	POP	SOO	POO	OOO
Mahua چربی	23.5	20.0	39.0	16.7	10.6	22.2	18.9	6.7	12.6	2.2
Mahua استارین	28.8	27.2	33.9	7.0	12.9	27.2	17.1	7.0	11.8	2.3
kokum چربی	2.0	49.0	49.0	0	72.3	7.4	0.5	15.1	1.3	2.1
جزء ۱	11.7	40.0	44.0	4.2	50.9	14.7	8.4	9.2	6.5	0
جزء ۲	15.7	37.8	35.5	11.1	46.2	15.0	9.7	9.5	7.4	2.0
mahua چربی+kokum چربی	ND	ND	ND	ND	4.4	13.6	7.7	11.5	7.3	0
MS + kokum چربی (50:50)	ND	ND	ND	ND	47.5	15.6	8.1	11.6	7.0	0
کره کاکائو	31.5	30.5	34.8	3.2	30.0	43.6	19.4	4.1	1.4	0

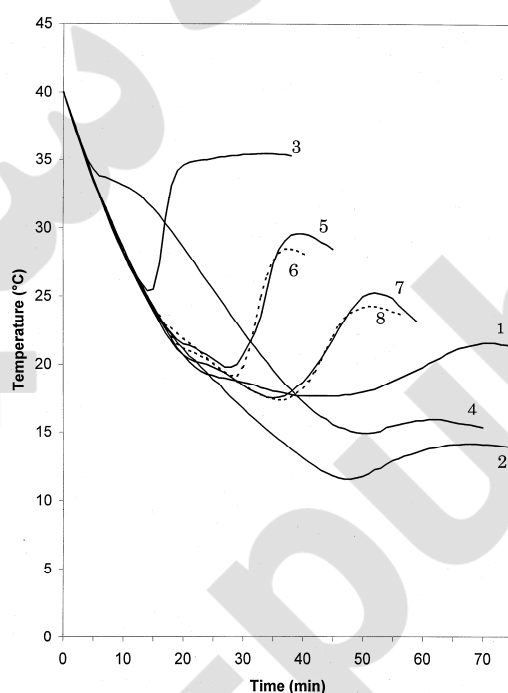
a

Fr.2 و ۱ (Fr.)

a جزء

، استارین (۷۷-۸۰٪) به ترتیب توسط حلال و تفکیک خشک به دست آمدند. MS، استارین mahua (۳۵٪).

P b، پالمیتیک اسید؛ St، استئاریک اسید؛ O، اولئیک اسید. ND، تعیین نشده است.



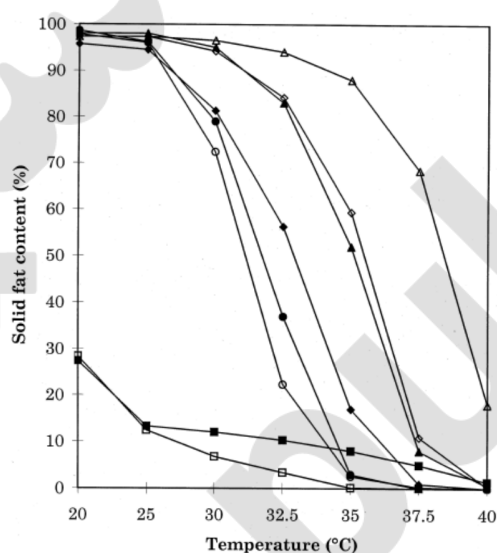
شکل ۱. منحنی های خنک کننده Shukoff برای (۱) کره کاکائو (CB)؛ (۲) چربی mahua؛ (۳) چربی kokum

؛ استارین mahua؛ (۴) جزء ۱ (Fr.1)؛ (۵) جزء ۲ (Fr.2)؛ (۶) Fr.2 + CB (۵۰:۵۰)؛ (۷) Fr.1 + CB (۵۰:۵۰)؛ (۸) Fr.2 + CB (۵۰:۵۰)

استارین های Fr.1 و Fr.2 (۷۷-۸۰٪) از چربی های mahua/kokum به ترتیب توسط حلال و تفکیک خشک به

دست می آید.

همچنین، گزارش شده است که انتقال سریع از  $\alpha$  و  $\beta_1$  در طول افزایش دما اتفاق می‌افتد. از این رو، Fr.1 فواید بالقوه‌ای را برای استفاده در ساخت شکلات دارد. آن یک پروفایل ذوب شیب دار با SFC بالاتر در ۳۲.۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به کره کاکائو دارد (شکل ۲)، که گویای خاصیت مقاومت بهتر در دماهای ذخیره‌سازی بالا در مقایسه با کره کاکائو است. آنتالپی ذوب Fr.1 کمی پایین‌تر از آنتالپی ذوب کره کاکائو بود (جدول ۲). ترسیم خنک کننده DSC یک منحنی تبلور منفرد را برای Fr.1 مشابه با منحنی تبلور کره کاکائو نشان داد، تبلور به آهستگی در دمای بالاتر صورت گرفت (شکل ۳) و حرارت تبلور به ترتیب مشابه با Fr.1 و کره کاکائو (۵۱ و ۵۸ ژول/گرم) بود. نمودارهای سه بعدی هم دما امتزاج کامل Fr.1 را با کره کاکائو نشان دادند و این نشان دهنده تنها اثر رقت است (شکل ۴).



کره کاکائو —◆—

سوخت kokum —▲—

CB + 1 (۵۰:۵۹) —●—

چربی Mahua —■—

Fr.1 (۱۰۰٪) —◇—

CB + 1 (۷۵:۲۵) —★—



استارین Mahua

+۱ CB (۷۵:۲۵)

جدول ۲. پروفایل‌های ذوب Fr.1 و مخلوط آن با CB. شکل ۱ را برای اختصارات ببینید.

جدول ۲ محتوای مواد جامد چربی‌های Mahua و Kokum و شکستن آن‌ها

نمونه	مواد جامد (%)							ذوب	
	20	25	30	32.5	35	37.5	40	دمای حداکثر (°C)	آنتالپی $\Delta H$ (J/g)
Fr. 1	97.3	97.3	94.2	84.2	59.4	11.0	0.3	37.0	111
Fr. 2	93.0	85.5	73.0	48.5	9.3	1.0	0	35.7	105
Mahua + kokum (50:50)	92.7	84.5	75.7	64.3	35.4	3.0	0	36.1	112
MS + kokum (50:50)	92.9	91.8	81.6	69.8	41.9	6.0	0	36.4	110
Mahua + kokum (40:60)	99.6	96.5	90.0	80.0	55.0	14.7	0	37.1	106
MS + kokum (40:60)	100	100	96.5	78.5	53.3	13.3	0	37.3	134
کره کاکائو	97.8	96.0	72.4	22.3	2.6	0	0	32.5	128

برای

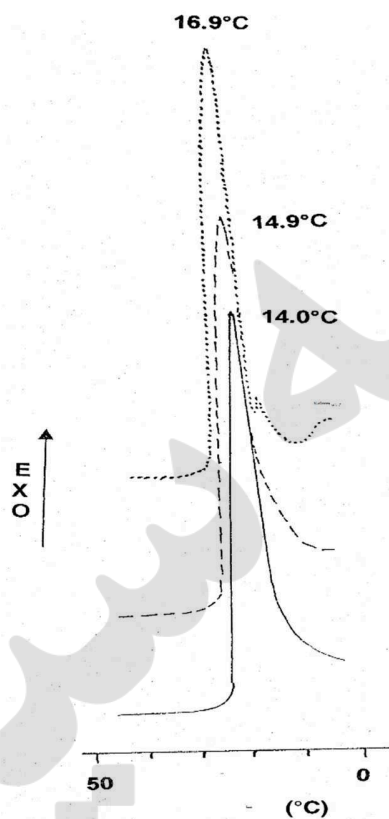
جدول ۱ را

اختصارات ببینید.

هیچ شواهدی از رفتار خوش‌گدازه مشاهده نشد، خطوط SFC در دمای ثابت خطی بودند و هیچ رکود و یا کاهشی در SFC در مقایسه با میانگین مقادیر نمونه‌های منحصر به فرد وجود ندارد. اثر نرم شدن کره کاکائو بر روی Fr.1 به طور مستقیم به مقدار کره کاکائو موجود در مخلوط مربوط بود (شکل ۲ و ۴). Fr.1، SFC بالاتری را در 32.5 درجه سانتیگراد حتی بعد از ترکیب با کره کاکائو در سطوح ۲۵ و ۵۰٪ نشان داد و هیچ ماده جامدی را در دمای بدن نشان نداد. علاوه بر این، این جزء تحمل بیشتری را به چربی شیر در مقایسه با کره کاکائو نشان داد (شکل ۵)، از این رو اجازه الحاق چربی شیر موجود در شیر شکلات را با اثر نرم شدن کمتر می‌دهد.

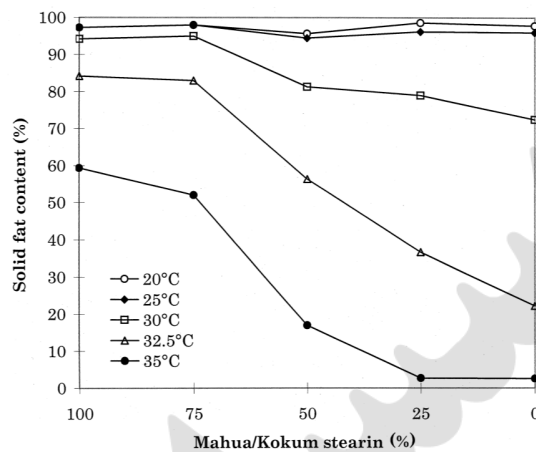
استارین که به وسیله تفکیک خشک (Fr.2) مخلوط mahua/kokum به دست آمده بود، ویژگی‌های انجام مشابه با Fr.1 را نشان داد (شکل ۱)، اما در مقایسه با جزء دوم نرم تر بود (جدول ۲). با این حال، Fr.2 همچنین SFC بالاتری را در ۳۲،۵ درجه سانتی‌گراد و 35 درجه سانتی‌گراد در مقایسه با کره کاکائو نشان داد. Fr.1 و Fr.2 شامل استئاریک اسید و تری‌اسیل‌گلیسرول StOst هستند که به طور عمده مسئول ارائه خواص مقاومت بهتر در دماهای ذخیره‌سازی بالا مشابه با آن چیزی است که برای استارین shea و یا Borneo tallow گزارش شده بود. بنابراین

این نتایج آشکار کردند که Fr.1 و Fr.2، با توجه به SFC بالاتر و مقدار بالاتر تری اسیل گلیسرول StOst نسبت به کره کاکائو، می‌توانند برای افزایش سختی کره کاکائو مورد استفاده قرار بگیرند.

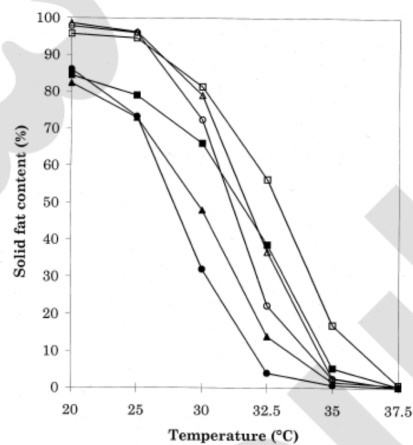


شکل ۳. آثار خنک کننده کالریمتری روبشی افتراقی (DSC). شرایط: به مدت ۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس در  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  تا  $-10^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد خنک شود.

ترکیب چربی‌های mahua و kokum. به منظور ارزیابی مناسب بودن مخلوط حاوی چربی mahua یا استتارین mahua و چربی kokum بدون تفکیک، مخلوط‌های مختلفی از این چربی‌ها و اجزاء آماده شد.



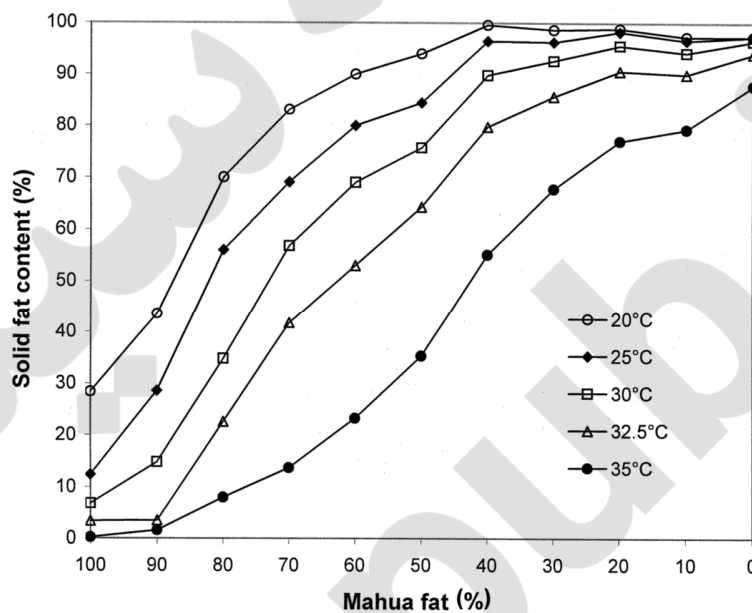
شکل ۴. نمودارهای سه بعدی هم دما برای مخلوط Fr.1 و CB. شکل ۱ را برای اختصارات ببینید.



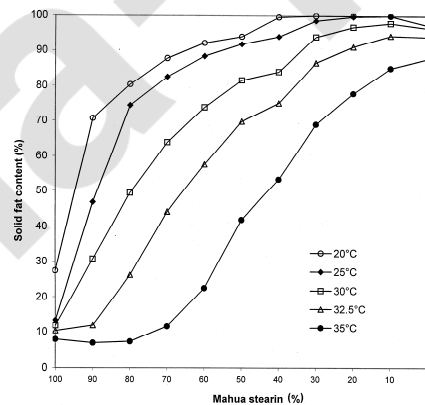
- CB
- MF+CB
- مخلوط ۱
- MF+مخلوط ۱
- مخلوط ۲
- MF+مخلوط ۲

شکل ۵. اثر چربی شیر (MF) بر روی پروفایل‌های ذوب Fr.1 و CB. مخلوطی به ترتیب از Fr.1، Fr.2 و Fr.1 + CB (۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵)؛ چربی شیر در سطح ۱۵٪ افزوده شد. شکل ۱ را برای اختصارات ببینید.

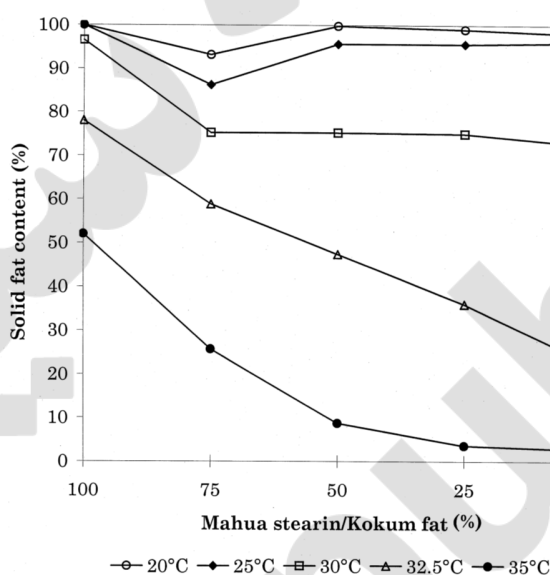
آماده سازی منبسط کنندگان کره کاکائو توسط مخلوط جزء استون از چربی‌های mahua و kokum با حداقل حلالیت، قبلاً گزارش شده بود. نمودارهای سه بعدی هم دما نشان دادند که چربی mahua و یا استئارین mahua به طور کامل با چربی kokum در یک طیف کاملی از ترکیبات، مخلوط می‌شوند (شکل ۶ و ۷). هیچ تغییر قابل توجهی در ماهیت فاز جامد یا محدوده ذوب آن به جز اثر رقیق شدگی و یا انحلال مشاهده نشد. مخلوط‌های حاوی ۱۰-۲۰٪ چربی kokum هیچ افزایشی را در SFC در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد نشان ندادند، با این وجود آن‌ها مقادیر بالاتری در سایر دماها نشان می‌دهند (شکل ۶ و ۷).



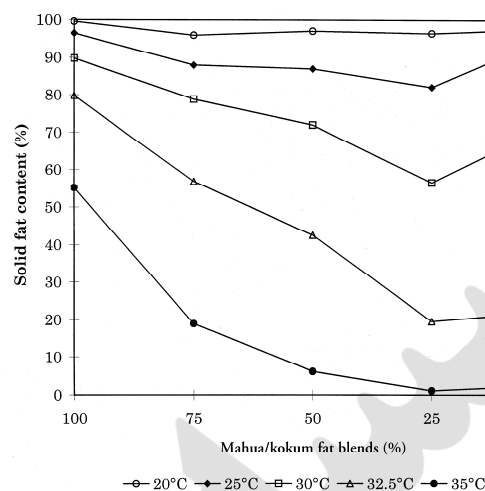
شکل ۶. نمودارهای سه بعدی هم دما باری مخلوطی از چربی mahua و kokum.



شکل ۷. نمودارهای سه بعدی هم دما برای مخلوطی از استئارین mahua و چربی kokum. با این حال، هیچ کاهشی در حداکثر دماهای ذوب یا کاهش در SFC در هر یک از مخلوطها در مقایسه با مقادیر میانگین هر یک از نمونهها مشاهده نشد. بر اساس نتایج، مخلوطهای حاوی ۴۰ و ۵۰٪ استئارین mahua و یا چربی kokum و ۶۰ و ۵۰٪ از چربی kokum برای تجزیه و تحلیل بیشتر انتخاب شدند. تنها یک تفاوت کمی در SFC در هر درجه حرارت بین چربی mahua / چربی kokum و مخلوط استئارین mahua / چربی kokum وجود دارد (جدول ۲). این بیشتر توسط ترکیب تری اسیل گلیسرول تایید شده بود که تنها تغییرات جزئی در غلظت تری گلیسرول SUS بین دو مخلوط را نشان می‌دهد (جدول ۱).



شکل ۸. نمودارهای سه بعدی هم دما برای مخلوطی از استئارین mahua / چربی kokum (۴۰:۶۰) در ترکیب با CB. شکل ۱ را برای اختصارات ببینید.



شکل ۹. نمودارهای سه بعدی هم دما برای مخلوطی از چربی mahua / چربی kokum (۴۰:۶۰) در ترکیب با CB. شکل ۱ را برای اختصارات ببینید.

مخلوط ۴۰:۶۰ چربی mahua یا استئارین mahua با چربی kokum ، SFC مشابهی را با SFC جزء ۱ (Fr.1) نشان داد (جدول ۲). با این حال، زمانی که با کره کاکائو مخلوط شد، این مخلوطها SFC پایین تری را در مقایسه با SFC مربوط به مخلوطهای Fr.1 / کره کاکائو نشان دادند و این به اثر نرم شدن بیشتر اشاره می کند (شکل ۴، ۸ و ۹). این مخلوطها به ویژه آنهایی که حاوی استئارین mahua هستند، به طور کامل با کره کاکائو بیش از یک طیف کامل از ترکیبات بدون هر گونه رفتار خوش گدازه مخلوط شدند (شکل ۸). با این حال، مخلوطهای حاوی چربی mahua / چربی kokum ، بر خلاف مخلوطهای استئارین kokum / mahua یا Fr.1 ، SFC پایین تری را در دمای ۲۵ ، ۳۰ ، و ۳۲٫۵ درجه سانتی گراد نشان دادند، زمانی که با کره کاکائو در سطح ۲۵٪ مخلوط شد. نتایج نشان دادند که مخلوطهای حاوی نسبت ۵۰:۵۰ چربی mahua یا استئارین mahua و چربی kokum همچنین به عنوان منبسط کنندگان کره کاکائو مناسب هستند، اگرچه آنها کمی نرم تر از مخلوطهای ۴۰:۶۰ یا Fr.1 هستند. این مخلوطها همچنین SFC بالاتری را در دمای ۳۰ و ۳۲٫۵ درجه سانتی گراد در مقایسه با SFC کره کاکائو نشان دادند (جدول ۲). بنابراین، یک مجموعه ای از منبسط کنندگان کره کاکائو با پروفایل های مختلف ذوب با استفاده از مخلوطی از چربی های mahua و kokum آماده شدند. به عنوان مثال، جزء استئارین (Fr.1 یا Fr.2) از مخلوطهای چربی های mahua و

kokum و مخلوط‌های ۴۰:۶۰ حاوی چربی mahua و یا استئارین آن با چربی kokum خاصیت مقاومت بهتری در دماهای بالاتری دارند، به طوری که آن‌ها SFC بالاتری در دمای ۳۰ و ۳۲,۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با کره کاکائو نشان دادند و به همین دلیل، آن‌ها می‌توانند برای افزایش سختی کره کاکائو مورد استفاده قرار گیرند. سختی یا SFC زمانی که نسبت چربی kokum از ۶۰ به ۵۰٪ در مخلوط کاهش یافت، کاهش یافته بود. بنابراین این نتایج آشکار می‌کنند که توسط ترکیب و یا تفکیک چربی‌های mahua و kokum، کیفیت این دو چربی افزایش می‌یابد و زمانی که منبسط‌کنندگان کره کاکائو با ویژگی تحمل دما آماده شدند، بر کیفیت چربی افزوده شد.