نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 11، شماره 1، بهار 1394، ص. 40-31

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 1, Spring 2015, p. 31-40

تأثیر امواج فراصوت و امولسیفایر مونو دی گلیسرید بر کیفیت کیک فنجانی

سحر پاکباطن[1] - مهدی کریمی[2] - امیر حسین الهامی راد[3] - زهرا شیخ الاسلامی[4*]

تاریخ دریافت:1392/2/2
تاریخ پذیرش:1392/12/16

چکیده

تأثیر مدت زمان اعمال امواج فراصوت (در سه سطح 0، 2 و4 دقیقه) و امولسیفایر منو دی گلیسرید (در سه سطح 0، 0/3 و 0/6 درصد) بر بهبود کیفیت کیک فنجانی مورد مطالعه قرار گرفت. آنالیز رنگ (از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^*) برای نمونه‌های خمیر و حجم مخصوص، تخلخل، ماندگاری و آنالیز رنگ و بافت کیک صورت پذیرفت. نتایج به روشنی نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد، افزایش سطح این دو عامل با کاهش شاخص‌های رنگی a^* و b^* خمیر و پوسته و مغز کیک و افزایش تخلخل، حجم، ماندگاری و شاخص رنگی L^* خمیر و پوسته و مغز کیک همراه بود.طی استفاده همزمان از اعمال امواج فراصوت و E471 روند این تغییرات تشدید گردید بطوریکه در نمونه حاوی بالاترین سطح امولسیفایر که تحت تاثیر 4 دقیقه صوت قرار گرفته بود بیشترین کاهش در شاخص‌های رنگی a^* و b^* و بیشترین افزایش در تخلخل، حجم، ماندگاری و شاخص رنگی L^* مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: امولسیون، امواج فراصوت، امولسیفایر ،کیک فنجانی.

مقدمه

امولسیون‌ها، سامانه‌های کلوئیدی ناهمگنی هستند که از اختلاط دو مایع غیر قابل امتزاج تشکیل می‌شوند، این مخلوط‌ها از نظر ترودینامیکی نامتعادل هستند و ممکن است به تدریج پایداری خود را از دست بدهند. بسیاری از خصوصیات امولسیون‌ها از قبیل پایداری رئولوژی، ظاهر، رنگ و بافت به قطر متوسط و توزیع اندازه قطرات آن‌ها بستگی دارد از این‌رو واضح است که کنترل دقیق اندازه قطرات در امولسیون‌هایی تهیه شده برای کاربردهای مختلف اهمیت بسیار زیادی دارد. ساده‌ترین روش تشکیل امولسیون، مخلوط کردن آب و روغن است.

حقیقت ایجاد یک امولسیون اولیه معمولاً با استفاده از مخلوط‌کن صورت می‌گیرد جهت افزایش پایداری یک سیستم امولسیونی باید کشش سطحی که مابین دو مایع غیر قابل اختلاط وجود دارد را کاهش داد که در صنایع غذایی از یکسری عوامل فعال سطحی بنام امولسیفایر بدین منظور استفاده می‌شود. از آنجائی که اساساً خمیر کیک نوعی کف محسوب می‌شود، حضور چربی آن را ناپایدار می‌سازد و با توجه به اینکه هوا در میان ذرات چربی پخش شده است از این رو توزیع مناسب هوا در خمیر فقط هنگامی رخ می‌دهد که این ذرات چربی بخوبی در سراسر خمیر پخش شده باشند (Schuster & Adams, 1984). بنابراین نحوه هوادهی در خمیر از اهمیت زیادی در تولید کیک برخوردار است. توزیع مناسب ذرات هوا در خمیر کیک ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهد و به ایجاد حجم و بافت بهتر در محصول نهایی منجر می‌شود (Henry, 1995). امولسیفایرها با کاهش کشش سطحی فاز چربی قابلیت پخش شدن آن را در خمیر کیک بهبود می‌بخشند که در نتیجه حجم کیک و نرمی مغز آن بهبود می یابد (Bennion, 1990). در کیک‌های بدون چربی یا با چربی پایین از امولسیفایر ها در فرم ژل یا در فرم پودری کریستال آلفا2 به عنوان عوامل هوادهی کننده استفاده می‌شود (Schuster & Adams, 1984) و (Shepard & Yoell, 1976).

در حال حاضر در کشور امولسیفایرها یکی از پرکاربردترین ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون های مواد غذایی محسوب می‌شوند از جمله در تولید انواع مختلف کیک از امولسیفایرهای تجاری شناسه‌دار در سطح وسیعی استفاده می‌گردد (ترابی‌زاده، 1381) و (Baixauli *et al*., 2007). ولی مشکلی که در این رابطه مطرح است این است که بیشتر امولسیفایرهای مصرفی در مورد این محصول در نوع با کیفیت خود عمدتا وارداتی و گران قیمت می‌باشند

1و 3- به ترتیب کارشناس ارشد و عضو هیات علمی بخش مهندسی کشاورزی گرایش علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار
2 و4- استادیاران پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی
(* - نویسنده مسئول: Email: shivasheikholeslami@yahoo.com)

که در نتیجه تهیه آن‌ها هزینه‌بر است، ضمن اینکه برخی از آن‌ها تا حدودی ماهیت شیمیایی دارند که می تواند از نقطه نظر بهداشتی و سلامتی مسئله‌ساز باشد، بنابراین بکارگیری روش‌های نوین با عملکرد بالا می‌تواند در کاهش استفاده از این¬گونه افزودنی‌ها مؤثر باشد. از روش‌های جدید تهیه امولسیون، بکارگیری امواج مافوق صوت است. جهت بالا بردن کارایی و راحتی تشکیل امولسیون ابتدا دو فاز جدا از هم روغن و آب را با هم مخلوط می‌کنند و امولسیون با اندازه ذرات بزرگ ایجاد می‌نمایند. در مرحله دوم اندازه ذرات امولسیون را با روش استفاده از امواج فراصوت ریزتر می‌کنند، این امواج در درون ماده تنش شدید و گرادیانت فشار ایجاد می‌کنند و از طریق اثر کاویتاسیون و اغتشاش در مایع باعث شکسته شدن ذرات می‌شوند (Jafsri *et al*., 2007; Behrend *et al*., 2001). از آنجا که انرژی فراصوت تنها محدوده کوچکی از نمونه در نزدیکی نوک مبدل فراصوت را مورد پوشش قرار می‌دهد ضروری است تا نمونه موجود در ظرف را به خوبی به هم زد. به منظور تولید یک امولسیون پایدار، معمولاً لازم است تا نمونه را به مدت چند ثانیه تا چند دقیقه تحت اثر امواج فراصوت قرار داد. استفاده مداوم از اولتراسوند باعث بالا رفتن دمای نمونه می شود و بنابراین بهتر است از اولتراسوند به صورت منقطع و در دفعات متعدد استفاده نمود. لازم به ذکر است که استفاده طولانی مدت از امواج اولتراسوند با شدت بالا در مواد غذایی ممکن است باعث تجزیه، اکسید شدن چربی‌ها، دپلیمریزه شدن پلی‌ساکاریدها یا دناتوره شدن پروتئین شود.

شدت، مدت زمان و فرکانس امواج فراصوت، فاکتورهای اصلی جهت تعیین کارایی هموژنایزرهای اولتراسوند هستند. به طور کلی با استفاده از امواج فراصوت با فرکانس 5 مگا هرتز می‌توان امولسیون ایجاد نمود ولی با افزایش فرکانس، کارایی هموژنیزاسیون کاهش می‌یابد. به همین دلیل در اکثر موارد از امواج اولتراسوند با فراکانس‌های 20 کیلو هرتز و 50 کیلو هرتز استفاده می‌شود. با افزایش شدت امواج فراصوت یا طول دوره اعمال آن می‌توان اندازه ذرات را کاهش داد (Allais *et al*., 2006). کارایی اولتراسوند جهت تشکیل امولسیون به اجزای موجود وابسته است (P.K & Fogler,1975). بررسی اثر زمان اعمال صوت بر توزیع اندازه ذرات پراکنده در امولسیون نشان داد که با افزایش زمان اعمال صوت، منحنی توزیع به سمت چپ تغییر مکان داده که حاکی از وجود تعداد بالاتر ذرات با قطر کوچکتر در امولسیون بود (Behrend *et al*., 2001; Jambrak *et al*., 2008). هدف اصلی این تحقیق بکارگیری امواج فراصوت با شدت بالا، به تنهایی و همچنین در ترکیب با یک امولسیفایر تجاری پرکاربرد و با تعادل آبدوستی چربی دوستی (HLB) پائین بنام منو ودی گلیسرید (E471) به منظور دستیابی به نوعی امولسیون یکنواخت تر با اندازه قطرات کوچکتر و با پایداری بیشتر نسبت به روش‌های متداول شیمیایی و همچنین کاهش استفاده از امولسیفایرهای سنتزی و در نهایت، بهبود کیفیت نوعی کیک فنجانی (کیک یزدی) بود.

مواد و روش ها

مواد

جهت انجام تحقیق آرد گندم مورد نیاز در تهیه خمیر کیک روغنی با درجه استخراج 82 درصد بصورت یک جا از کارخانه آرد سفید کاشمر تهیه و در مکان مناسب نگهداری شد. سایر موارد شامل شکر، روغن نباتی مایع، بیکینگ پودر و وانیل از یک فروشگاه عرضه کننده مواد اولیه قنادی خریداری گردید. تخم‌مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید روزانه کیک‌ها تهیه و در یخچال نگهداری شد. شربت اینورت نیز مطابق با دستورالعمل موجود در استاندارد ملی ایران به شماره 8025 تدوین شده در سال 1383 تهیه گردید.

امولسیفایر مصرفی شامل مونو و دی گلیسرید (E471) با 2/8 تعادل آبدوستی چربی دوستی (HLB) و در فرم پودری از شرکت بلدم بلژیک تهیه شد. علت انتخاب این امولسیفایر به دلیل کاربرد گسترده آن در تولید انواع مختلف کیک در کشور می‌باشد.

روش ها

روش اجرای طرح

بطور کلی تحقیق شامل تهیه نوعی امولسیون بود که تحت تیمار امواج فراصوت قرار گرفت و در فرمولاسیون نمونه‌های خمیر کیک بکار گرفته شد.

آماده سازی امولسیون

مخلوط امولسیون روغن در آب با افزودن یک عدد زرده تخم‌مرغ (به‌عنوان یک امولسیفایر پروتئینی با اندازه مولکولی بزرگ) به میزان مصرفی در فرمولاسیون خمیرکیک تهیه و امولسیفایر مونو و دی-گلیسرید (امولسیفایری با تعادل آبدوستی چربی دوستی پائین) در حالی که نمونه با استفاده از یک همزن مکانیکی در حال همزدن بود افزوده شد.

امولسیون‌سازی با امواج فراصوت

مخلوط امولسیون تهیه شده با هدف هموژنیزه کردن ثانویه با استفاده از امواج مافوق صوت و توسط دستگاه اولتراسوند صورت پذیرفت. امواج فراصوت توسط دستگاه اولتراسوند (UPS400S HIELSCHER) ساخت کشور آلمان، اعمال شد (شکل2). در این سیستم امواج مافوق صوت به صورت مستقیم از نوک مبدل به درون مایع اطراف منتقل گردید. نوک سونوترود (دوسوم) در درون امولسیون قرار گرفت و دستگاه در دامنه حداکثر (100 درصد) و دور گردش1 بصورت مداوم روشن گردید. در طی هموژن کردن، زمان اعمال صوت از طریق دستگاه در دو زمان 2 و 4 دقیقه تنظیم شد. از آنجا که انرژی صوت بر حجم کمی از مایع که اطراف نوک مبدل قرار دارد اعمال

می‌گردد، باید نمونه را به آرامی تکان داد تا از کفایت عمل هموژن کردن اطمینان حاصل شود. دمای امولسیون در حین انجام عمل فراصوت افزایش یافت، بنابراین جهت خنک کردن نمونه از یک حمام آب یخ استفاده شد. امولسیون تهیه شده در فرمولاسیون نوعی خمیر کیک روغنی بکار گرفته شد(Abismail *et al.*, 1999 و Tan *et al.*, 2011).

روش تهیه خمیر

پس از اینکه مواد اولیه مصرفی مطابق با فرمولاسیون تعیین شده توزین شدند، در ابتدا تخم‌مرغ، پودر شکر و نیمی از امولسیون تهیه شده در ظرف مخصوص ریخته و هم‌زده شدند، که با بکارگیری امولسیون تهیه شده توسط امواج فراصوت مدت زمان همزدن در این مرحله از 6 دقیقه به 2 دقیقه کاهش یافت، تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس شربت اینورت و باقیمانده امولسیون تهیه شده به این کرم اضافه شدند و عمل هم‌زدن برای مدت 3 دقیقه دیگر ادامه یافت. بطور کلی عمل هم‌زدن کرم از 10دقیقه در حالت معمول به 5 دقیقه با حضور امواج فراصوت کاهش یافت. در این مرحله بکینگ پودر و وانیل به درون آرد اضافه شد و در ادامه آرد بصورت تدریجی با کرم مخلوط گردید. سپس با گذشت چند دقیقه خمیر حاصل برای انجام آزمایشات آماده گردید.

رنگ‌سنجی خمیر

آنالیز رنگ خمیرهای کیک از طریق تعیین شاخص‌های رنگی L^*، a^* و b^* با روش پردازش تصویر و به کمک نرم‌افزار Image J صورت پذیرفت. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا 100 (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از 120– (سبز خالص) تا 120+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از 120 – (آبی خالص) تا 120 + (زرد خالص) متغیر است (Fathi *et al.*, 2005).

اندازه‌گیری حجم مخصوص

حجم مخصوص طبق روش جایگزینی دانه (Sahin & Sumnu, 2006; Tan *et al.*, 2010) و یک ساعت پس از پخت اندازه‌گیری شد.

آزمون بافت‌سنجی

این آزمون با استفاده از یک دستگاه بافت‌سنج (CNS Farnell) ساخت کشور انگلیس متصل به یک کامپیوتر و به کمک نرم‌افزار Texturepro انجام شد. بدین منظور در مورد تمامی نمونه ابتدا قطعات مکعبی با ابعاد 20 × 40 × 40 میلی‌متر تهیه و سپس پوسته آن‌ها حذف گردید. در ادامه نمونه‌ها در زیر یک پروب استوانه ای از جنس آلومنیوم و با قطر 25 میلی متر تحت آزمون فشردگی قرار گرفتند. سرعت پروب در طی این آزمون 30 میلی‌متر در دقیقه و میزان (مسافت) فشرده شدن 30 میلی متر در نظر گرفته شد. حداکثر نیروی مورد نیاز جهت اعمال این میزان فشردگی به عنوان شاخصی از میزان سفتی نمونه بر حسب گرم ثبت گردید (Ronda *et al.*, 2005) همانند رطوبت این آزمون نیز پس از 1 ، 2 و 7 روز نگهداری نمونه‌ها انجام گرفت.

تخلخل

برای اندازه‌گیری این کمیت از قسمت مغز نمونه‌های کیک عکس‌برداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت و سپس با فعال کردن قسمت 8 bit این نرم‌افزار، اصطلاحاً تصاویر سطح خاکستری4 ایجاد و در ادامه تصاویر فوق با فعال کردن قسمت دودویی نرم افزار، اصطلاحاً تبدیل به تصاویر دودویی5 شدند. تصاویر دودویی از مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک تشکیل شده‌اند که محاسبه نسبت نقاط روشن به نقاط تیره به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد به این معنا است که میزان حفرات موجود در ساختار کیک و یا به عبارت دیگر میزان تخلخل آن بیشتر بوده است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم افزار، این نسبت محاسبه و در نتیجه درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است که این آزمون نیز 24 ساعت پس از پخت انجام گرفت (Turabi *et al.*,2010; Wilderjans *et al.*, 2008 ; Pardo *et al.*, 2008).

رنگ‌سنجی پوسته و مغز کیک

جهت آنالیز رنگ پوسته و مغز نمونه‌ها ابتدا توسط یک چاقوی اره‌ای ویژه که آسیبی به بافت و ساختار کیک وارد نمی‌کرد، به دقت برشی از قسمت میانی نمونه تهیه شد. سپس نمونه‌ها از قسمت پوسته و همچنین از قسمت مغز بر روی بستر مسطح دستگاه اسکنر قرار داده شدند و همانند روشی که در قسمت رنگ‌سنجی خمیر کیک شرح داده شد، تهیه تصویر انجام و شاخص‌های L*، a^* و b^* محاسبه گردید. لازم به ذکر است که این آزمون 24 ساعت پس از پخت انجام گرفت (Turabi *et al.*,2010; Wilderjans *et al.*, 2008; Fathi *et al.*, 2005).

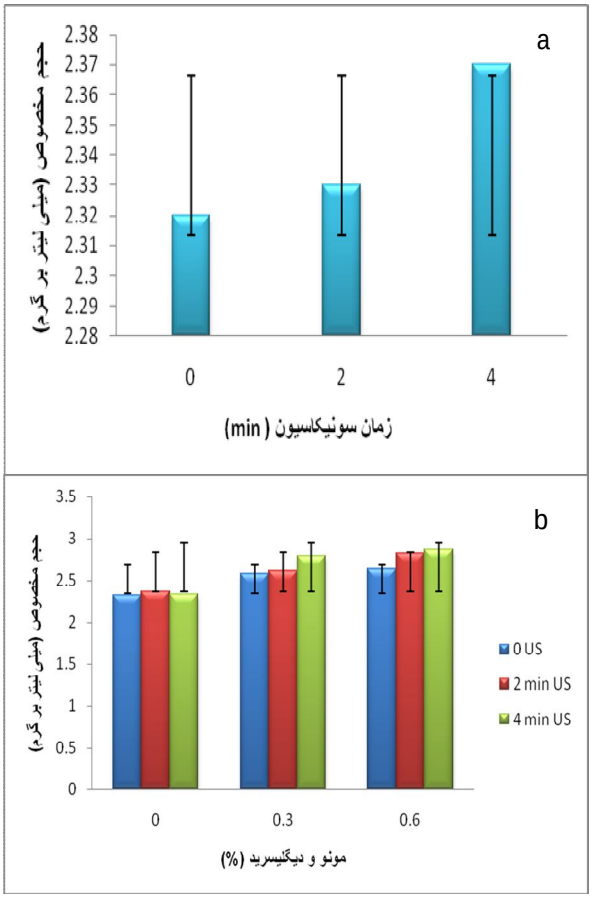
طرح آماری

طرح آماری مورد استفاده فاکتوریل دو عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار بود که فاکتور اول امولسیفایر E471 در 3 سطح (0، 0/3 و 0/6 درصد) و فاکتور دوم زمان سونیکاسیون در 3 سطح (0، 2 و 4 دقیقه) بود. در عمل از نرم‌افزار Mstat-C برای بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و از نرم‌افزار Excell 2007 جهت رسم شکل‌ها و منحنی‌های مختلف از میانگین داده‌ها، استفاده شد.

نتایج و بحث

حجم مخصوص

تأثیر مستقل میزان E471 بر این پارامتر در سطح 5 درصد، تاثیر مستقل زمان سونیکاسیون در سطح 1 درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1درصد معنی‌دار بود. نتایج حاکی از آن بود که اعمال سونیکاسیون و همچنین E471 سبب افزایش این پارامتر شد. البته در مورد اعمال سونیکاسیون بر خلاف E471 این افزایش قابل توجه و معنی‌دار بود. اگرچه با افزایش میزان E471 تا میزان 0/6 درصد دراین فاکتورافزایش مشاهده شد، اما با کاهش مصرف آن به میزان 0/3 درصد نیز تفاوت معنی‌داری در این پارامتر مشاهده نشد، که می‌توان این¬طور نتیجه گرفت با اعمال سونیکاسیون در کنار ایجاد ویژگی مثبت بر حجم می‌توان میزان E471 را کاهش داد. توجیه این یافته می‌توان گفت که بطورکلی امولسیفایر ها ترکیباتی هستند که قابلیت نگهداری و احتباس حباب‌های هوا را در خمیر کیک افزایش می‌دهند و بدین طریق یکی از اصلی‌ترین نقش‌های خود در تولید کیک یعنی بهبود فرآیند هوادهی را ایفا می‌نمایند و در نهایت باعث افزایش حجم مخصوص محصول نهایی می‌گردند (Kamel & Ponte, 1993; Whitehurst 2004). از طرف دیگر با اعمال صوت، تعداد بالاتر ذرات با قطر کوچکتر در امولسیون ایجاد می‌شود که از مزایای آن می‌توان به مصرف انرژی کمتر، استفاده از مقادیر کمتر امولسیفایر و تولید امولسیون یکنواخت تر با اندازه قطرات کوچکتر نسبت به روش‌های متداول اشاره کرد. شکل b1. تأثیر متقابل این دو ماده افزودنی را بر حجم مخصوص کیک نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که اعمال صوت در مقایسه با E471 از توانایی بیشتری جهت انجام این فرایند دارد و در نتیجه قادر است که بطور مشخص‌تری بر حجم مخصوص محصول نهایی اثرگذار باشد و سبب افزایش آن شود که دلیل این مسئله در بخش وزن مخصوص خمیر توضیح داده شد شکل a.1 نقش امواج اولتراسونیک را در افزایش حجم کیک آشکار می‌سازد. Tan و همکاران (2011) اثر اولتراسوند با شدت‌های 1/1، 2/5 و 5 KWو زمان‌های3، 6 و 9 دقیقه را بر روی اختلاط خمیر کیک اسفنجی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار با اولتراسوند باعث کاهش دانسیته و شاخص رفتار جریان و افزایش میزان هوای تثبیت شده در خمیر (overrun) و ویسکوزیته خمیر کیک شد که این‌ها در نهایت باعث بالا رفتن حجم کیک،کاهش سختی بافت و همچنین کیکی با قابلیت ارتجاعی و چسبندگی بالا حاصل شد. Sabir (2007)، Turabi و همکاران (2008)، Ashvini و همکاران (2009)، Bennion (1990)، Dell (1975)، Schuster و (1984) Adams) و Shepard و Yoell (1976)) نیز محققین دیگری بودند که به قابلیت امولسیفایرهای مختلف مانند لستین، گلیسرول مو نو استئارات، سدیم استئارویل2 لاکتیلات و سایر امولسیفایرها در افزایش حجم کیک‌های مختلف پی بردند.



شکل1- تأثیر مستقل زمان سونیکاسیون بر حجم مخصوص کیک (a) تأثیر متقابل زمان سونیکاسیون و E471 بر حجم مخصوص کیک (b)

تخلخل

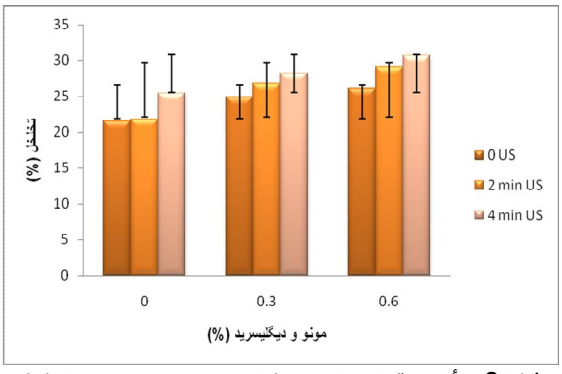
تأثیر مستقل اعمال صوت بر این پارامتر در سطح 1 درصد، تاثیر مستقل میزان E471 در سطح 5 درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد معنی‌دار شد.

فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب افزایش این پارامتر گردید با توجه به تأثیر مستقل میزان تخلخل، اعمال صوت نسبت به E471 بهتر عمل کرد و با افزودن آن مقادیر بالاتری برای این پارامتر ثبت شد (شکل2).

از جمله مزیت‌هایی که در پی انجام مناسب فرآیند هوادهی توسط امواج فراصوت در طی تولید امولسیون حاصل می شود ایجاد بافتی با حفرات ریز، متعدد و یکنواخت و به عبارت دیگر بافتی کاملاً متخلخل در محصول نهایی است. با بکارگیری امولسیفایرها حباب‌های هوا در

اندازه کوچک و بصورت یکنواخت در تمام قسمت‌های خمیر پخش می شوند و در طول زمان پخت خروج هوا از این حباب‌ها به شکل مناسبی رخ می‌دهد که با حضور امواج فراصوت این پدیده تشدید شده و در نتیجه کیک حاصل از تخلخل مناسبی برخوردار خواهد بود و حفراتی ریز و با اندازه یکسان در آن بوجود می‌آید (Sakiyan & Sumnu, 2004; Ashwini *et al.*, 2008).

نکته بسیار با اهمیت دیگر در این رابطه این است که استفاده از این دوفاکتور چه به تنهایی و چه در ترکیب با یکدیگر علاوه بر تمام مزیت‌های گفته شده موجب شد که از بروز پدیده تونلینگ که در نمونه شاهد به وضوح قابل روئیت بود، تا حد زیادی جلوگیری گردد (شکل 3)(Turabi *et al.*,2010).



شکل2- تأثیر متقابل زمان سونیکاسیون و E471 بر تخلخل کیک

شکل3- مقایسه یکنواختی بافت و تخلخل نمونه شاهد (الف) نمونه حاوی 0/3 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت (ب) نمونه حاوی 0/6 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت (ج)

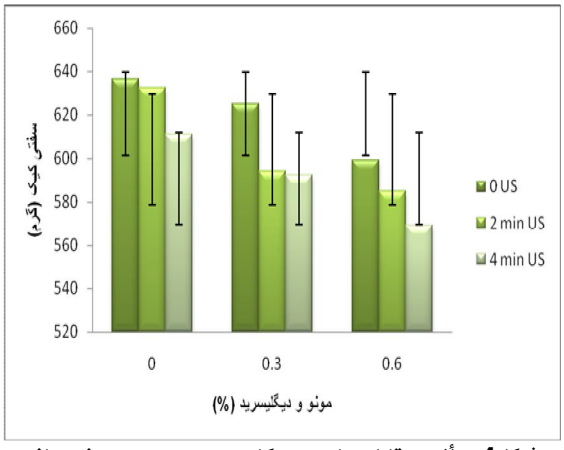
سفتی

پس از 1 روز نگهداری

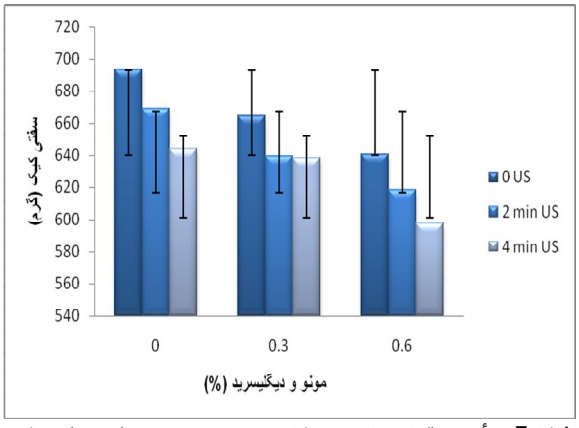
تأثیر مستقل زمان سونیکاسیون بر این پارامتر در سطح 1 درصد، تأثیر مستقل میزان E471 در سطح 1 درصد و اثر متقابل آن‌ها نیز در سطح 5 درصد معنی‌دار بود(شکل 4).

پس از 2 روز نگهداری

تاثیر مستقل زمان سونیکاسیون بر این پارامتر در سطح 5 درصد، تاثیر مستقل میزان E471 در سطح 1 درصد و اثر متقابل آن‌ها نیز در سطح 1 درصد معنی‌دار بود(شکل 5).



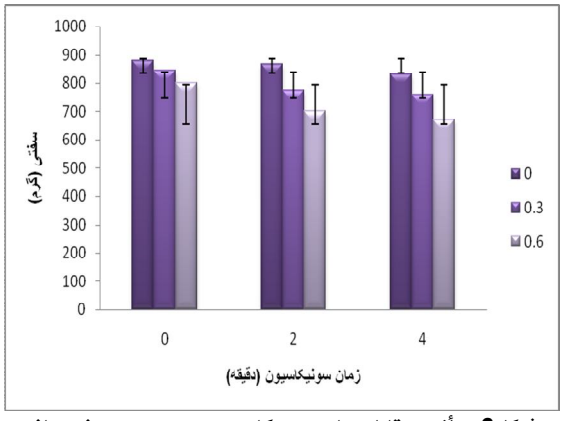
شکل4- تأثیر متقابل زمان سونیکاسیون و E471 بر سفتی بافت کیک پس از 1 روز



شکل5- تأثیر متقابل زمان سونیکاسیون و E471 بر سفتی بافت یک پس از 2 روز

پس از 7 روز نگهداری

تأثیر مستقل زمان سونیکاسیون بر این پارامتر در سطح 1 درصد، تأثیر مستقل میزان E471 در سطح 1 درصد و اثر متقابل آن‌ها نیز در



شکل6- تأثیر متقابل زمان سونیکاسیون و E471 بر سفتی بافت کیک پس از 7 روز

از مجموع نتایج بدست آمده در ارتباط با پارامتر سفتی پس از 1، 2 و7 روز نگهداری می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که با افـزایش مدت زمان نگهداری بر میزان سفتی تمامی نمونه‌ها افزوده شد ولی در مقایسه با نمونه شاهد هر دو اثر اعمال شده در کند کردن سرعت این افزایش پس از طی مدت زمان‌های مختلف نگهداری، مـؤثر بودنـد و نکته قابل توجه اینکه اعمال سونیکاسیون نسـبت بـهE471 در کنـد کردن این روند افزایش سفتی به مراتب نقش پررنگ‌تری داشت.ایـن برتری سونیکاسیون با طولانی‌تر شدن زمان نگهداری یعنی پس از 2 روز نگهداری و به‌ویـژه پـس از 7 روز نگهـداری بیشـتر آشـکار شـد بنابراین، کاملاً مشخص بود که اعمال صوت قادر است که به عنوان یک عامل ضدبیاتی مناسب در تولید کیک مطرح باشد. در توجیه این یافته می‌توان گفت که بطورکلی یکی از کلیدی‌تـرین اثـرات اعمـال صوت در امولسیون، تولید فشاری شدید و گرادیانت تنش (عمدتاً بـه دلیل اثـر کاویتاسـون) (Alzamora et al, 2011; Suslick, 1988) بوده که این عمل باعث شکسته شدن مایعات به ذرات ریز و مخلوط شدن آن‌ها با یکدیگر و دستیابی به نوعی امولسیون یکنواخـت‌تـر بـا اندازه قطرات کوچکتر و با پایداری بیشتر نسبت به روش‌های متداول شیمیایی شده که این ویژگی‌ها سبب انسجام بیشـتر بافـت، اتصـال قوی مولکول‌های آب با روغن و جلوگیری از فروپاشی بافت در طـی دوره نگهـداری شـود (McClements, 2005; Tadros *et al*., 2004). از اثرات امولسیفایرها نیز میتوان به قابلیت آن‌ها در واکنش با نشاسته و در نتیجه ممانعـت از بـروز پدیـده رتروگراداسـیون و در نهایـت سـفت و بیـات شـدن محصـول اشـاره کـرد (Bennion, 1990; Turabi *et al*., 2008, Arpita & Datta, 2008,) شکل‌های 4، 5 و 6 تأثیر متقابل این دو فاکتور را بر میـزان سفتی کیک بترتیب پس از 1، 2 و 7 روز نگهداری آن نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در تیمار شاهد وکمترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6 درصد E471 همراه با 4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شـود که با توجه به اینکه این تیمار با تیمار حاوی 0/3 درصد E471 همراه با 4 دقیقه امواج فراصوت تفاوت معنی‌داری نداشت لذا تیمار اخیر بـه عنوان تیمار بهینه برگزیده شد.

تأثیر اعمال صوت و E471 بر ویژگی‌های رنگ سـنجی خمیـر کیک

مؤلفه L^*

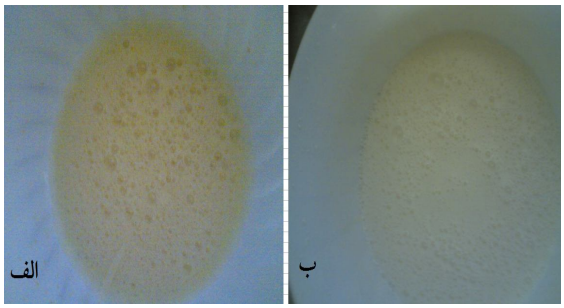
شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه مـی‌باشـد و دامنـه آن از صفر سیاه خالص) تا 100 (سفید خالص) متغیر است. تـأثیر مسـتقل میزان E471 بر این شاخص اختلاف معناداری در سطوح 1 و 5 درصد نشان نداد ولی تاثیر مستقل زمان سونیکاسیون در سطح 1 درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. نتایج حاکی از آن بود که اعمال صوت و همچنین E471 سبب افزایش این شاخص گردید کـه البته در مورد اعمال صوت این افزایش بـر خـلاف E471 معنـی دار بود. افزایش شاخص L^* خمیر در اثر اعمـال صـوت را مـی تـوان در ارتباط با قابلیت هموژنیزه کردن و ایجاد قطرات بسیار ریز امولسیون دانست که سبب سفید کنندگی خمیر شد (Kim & Walker, 1992) (شکل7).

مؤلفه a^*

شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از 120 – (سبز خـالص) تـا 120 + (قرمـز خالص) متغیر اسـت. تـأثیر مسـتقل زمـان سونیکاسـیون و E471 و همچنین تأثیر متقابل آن‌ها بر ایـن شـاخص اخـتلاف معنـی‌داری در سطوح 1 و5 درصد نشان نداد. نتایج حاکی از آن بود که اعمال صوت و همچنین E471 سبب کاهش این شاخص گردید که البته در مـورد هر دو این کاهش معنی‌دار نبود.

مؤلفه b^*

شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبـی و زرد را نشان می‌دهـد و دامنـه آن از 120 – (آبـی خـالص) تـا 120 + (زرد خالص) متغیر اسـت. تـاثیر مسـتقل زمـان سونیکاسـیون و E471 و همچنین تأثیر متقابل آن‌ها بر ایـن شـاخص اخـتلاف معنـی‌داری در سطوح 1 و5 درصد نشان نداد. نتایج حاکی از آن بود که اعمال صوت و همچنین E471 سبب کاهش این شاخص گردید که البته در مـورد هر دو این کاهش معنی‌دار نبود.



شکل 7- مقایسه رنگ خمیر نمونه شاهد (الف) با نمونه اعمال صوت شده (ب)

تأثیر اعمال صوت و E471 بر ویژگی‌های رنگ‌سنجی پوسته و مغز کیک

مؤلفه L^* پوسته

تاثیر مستقل اعمال صوت بر این شاخص در سطح 5 درصد معنی دار بود ولـی تـاثیر مسـتقل E471 و تـأثیر متقابـل آن‌هـا اخـتلاف معنی‌داری در سطوح 1 و 5 درصد نشان نداد.

فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب افزایش این شاخص گردید که البته تأثیر اولتراسونیک در افزایش این شاخص بـر خـلاف E471 معنی‌دار بود که دلیل این مسئله را می توان به خاصیت امواج

فراصوت در تهیه امولسیونی با قابلیت نگهدارندگی رطوبت بالا دانست که سبب ایجاد کیک با پوسته صاف و یکنواخت با انعکاس نور بیشتر شده و رنگ پوسته روشن‌تر شود.

جدول1 تاثیر متقابل این دو فاکتور را نیز بر شاخص L^* پوسته کیک نشان می دهد که کمترین مقدار در تیمار شاهد و بیشترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شود که البته اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت.

مؤلفه a^* پوسته

تأثیر مستقل اعمال صوت و E471 و همچنین تأثیر متقابل آن‌ها بر این شاخص اختلاف معنی داری در سطوح 1 و 5 درصد نشان نداد. جدول 1 تأثیر مستقل اعمال صوت و E471 را بر شاخص a^* پوسته کیک نشان می‌دهد. فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب کاهش این پارامتر گردید که البته در مورد هر دو این کاهش معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار در تیمار شاهد و کمترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شود که البته اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت.

مؤلفه b^* پوسته

تأثیر مستقل اعمال صوت و E471 و همچنین تاثیر متقابل آن‌ها بر این شاخص اختلاف معنی‌داری در سطوح 1 و 5 درصد نشان نداد. فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب کاهش این شاخص گردید که البته در مورد هر دو این کاهش معنی‌دار نبود. جدول 1 تأثیر متقابل این دو ماده افزودنی را بر شاخص b^* پوسته کیک نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در تیمار شاهد و کمترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شود که البته اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت.

جدول1- تأثیر متقابل زمان سونیکاسیون و E471 بر شاخص‌های رنگی پوسته کیک

زمان سونیکاسیون (دقیقه)	E471 (درصد)	مؤلفه‌های رنگی پوسته کیک		
		L^*	a^*	b^*
0	0	45/93	15/48	18/51
0	0/3	50/59	13/99	18/76
0	0/6	51/38	13/88	18/93
2	0	46/21	15/23	18/63
2	0/3	54/47	13/28	19/99
2	0/6	55/03	12/62	20/17
4	0	53/25	13/65	19/11
4	0/3	57/44	12/10	20/34
4	0/6	60/07	8/52	20/47

حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد.

مؤلفه L^* مغز

تأثیر مستقل میزان E471 بر این شاخص اختلاف معناداری در سطوح 1 و5 درصد نشان نداد ولی تأثیر مستقل اعمال صوت در سطح 1 درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح 5 درصد معنی‌دار بود.

فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب افزایش این شاخص گردید که البته تأثیر سونیکاسیون در افزایش این شاخص بر خلاف E471 کاملاً محسوس‌تر و معنی‌دار بود که دلیل این مسئله را همانطور که در مورد شاخص‌های L^* خمیر و L^* پوسته نیز اشاره شد می‌توان به اثر کف‌زایی و هموژنیزاسیون امواج فراصوت و در نتیجه ایجاد حفرات بیشتر، فشردگی کمتر بافت ورنگ مغز بهتر ربط داد. نتایج نشان داد که اعمال صوت می‌تواند بطور مؤثرتری بر رنگ مغز کیک اثر گذار باشد و سبب روشن تر شدن آن گردد در حالی‌که تاثیر آن بر روشن‌تر شدن رنگ پوسته کیک خفیف‌تر بود.

بررسی تأثیر متقابل این دو فاکتور بر شاخص L^* مغز کیک نشان می‌دهد که کمترین مقدار در تیمار شاهد و بیشترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6 درصد E471 با4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شود که با توجه به اینکه این تیمار با تیمار حاوی 0/3 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت تفاوت معنی‌داری نداشت لذا تیمار اخیر به عنوان تیمار بهینه برگزیده شد (Soria & Villamiel, 2010).

مؤلفه a^* مغز

تاثیر مستقل اعمال صوت و E471 و همچنین تأثیر متقابل آن‌ها بر این شاخص اختلاف معنی‌داری در سطوح 1 و 5 درصد نشان نداد. فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب کاهش این پارامتر گردید که البته در مورد هر دو این کاهش معنی‌دار نبود. تأثیر متقابل این دو فاکتور بر شاخص a^* مغز کیک نشان می دهد که بیشترین مقدار در تیمار شاهد و کمترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6 درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شود که البته اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت.

مؤلفه b^* مغز

تاثیر مستقل اعمال صوت و E471 و همچنین تاثیر متقابل آن‌ها بر این شاخص اختلاف معنی‌داری در سطوح 1 و 5 درصد نشان نداد. فرآیند سونیکاسیون و همچنین E471 سبب کاهش این شاخص گردید که البته در مورد هر دو این کاهش معنی‌دار نبود.

تاثیر متقابل این دو فاکتور بر شاخص b^* مغز کیک نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در تیمار شاهد و کمترین مقدار در مورد تیمار حاوی 0/6درصد E471 با 4 دقیقه امواج فراصوت مشاهده می‌شود که البته اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت.

نتیجه‌گیری

1.مهمترین نتیجه بدست آمده در این تحقیق کارایی بالای امواج فراصوت در امولسیون‌سازی در امولسیون روغن در آب (O/W) بود. یافته‌ها به روشنی نشان دادند که امولسیون‌سازی با امواج فراصوت در مقایسه با روش متداول استفاده از امولسیفایر E471 به تنهایی، دستیابی به امولسیونی با کیفیت بالا و در نتیجه با ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی و کف‌زایی مناسب، زمان اختلاط خمیر کیک را در حدود 8 مرتبه کاهش داد. این یافته می‌تواند تاییدی این فرضیه باشد که در طی امولسیون‌سازی با امواج فراصوت اختلاط خمیر سریع‌تر به وقوع می‌پیوندد و بر کیفیت خمیر و بافت کیک افزوده می‌شود.

2. نتایج بدست آمده از مقایسه ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی و کف‌زایی فوق العاده امولسیون تهیه شده با امواج فراصوت حاکی از برتری این فرآیند بر امولسیون‌های شیمیایی از نظر توانایی امولسیون‌کنندگی و کف‌زایی بود.

3. در ارتباط با افزوده شدن مخلوط امولسیفایری متشکل از تیمار اولتراسوند و E471 به کیک به منظور بهبود خصوصیت تخلخل، با بررسی دقیق تیمار های بهینه در مورد خصوصیت کیفی اندازه‌گیری شده در نهایت استفاده از 0/3 درصد E471 همراه با 4 دقیقه امواج فراصوت بهترین حالت ممکن تشخیص داده شد بطوری‌که با تیمار حاوی 0/6 درصد E471 همراه با 4 دقیقه امواج فراصوت تفاوت معناداری نداشت. بنابراین اینطور نتیجه‌گیری می‌شود که با حضور امواج فراصوت می‌توان از میزان مصرف E471 کاست. استفاده از 0/6 درصد E471 همانطور که در قسمت قبلی نیز عنوان شد، موجب می¬شد که هوادهی بخوبی صورت گیرد و در نتیجه پارامتر تخلخل بهبود یابد، بافت کیک تا حدی نرم تر شود و همچنین رنگ خمیر و رنگ پوسته و مغز کیک نیز روشن‌تر گردد. استفاده از 4 دقیقه تیمار با امواج فراصوت نیز نتایج فوق العاده مناسبی را به همراه داشت بطوری که تأثیر آن در افزایش تخلخل و همچنین ایجاد ظاهری با براقیت خاص کاملاً مشهود بود. استفاده همزمان از این دو سطح نیز باعث شد روند بهبود ویژگی‌های کیفی فوق تشدید شود. علاوه بر این از بوجود آمدن تونل‌های زیاد در بافت کیک که از مشکلات نمونه شاهد بود، جلوگیری به عمل آمد.

4. با مقایسه نتایج بدست آمده از افزوده شدن دو مخلوط امولسیفایری مورد استفاده در تولید کیک، مشخص شد که در مورد خصوصیات کیفی شاخص L* (خمیر ، پوسته و مغز)، استفاده از مخلوط امولسیفایری متشکل از تیمار اولتراسوند همراه با E471 نسبت به مخلوط امولسیفایری تنها متشکل از E471 نتایج بهتری بدنبال داشت و همانطور که پیشتر نیز اشاره شد این توانایی بیشتر به گونه ای بود که در حالت استفاده همزمان از بالاترین سطوح اعمال صوت وE471 نتایج به مراتب مطلوب‌تری حاصل شد.

منابع

Abismail, B., Canselier, J.P. Wilhelm., A.M. Delmas, H. and Gourdon, C. 1999. Emulsification by ultrasound: Drop size distribution and stability. Ultrason, Sonochem, 75–83.

Allais, I., Edoura-Gaena, R.B., Gros, J.B. and Trystram, G. 2006. Influence of egg type, pressure and mode of incorporation on density and bubble distribution of a ladyfinger batter. Journal of Food Engineering, 198–210.

Alzamora, S.M., Guerrero, S.N., Schenk, M., Raffellini, S., and López-Malo, A. 2011. Inactivation of microorganisms. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, 321–343.

Arpita, M., and Datta A.K. 2008. Bread baking - A review. Journal of Food Engineering. Vol. 86(4). P. 465-474.

Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Food Hydrocolloids, 23:700-707.

Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M. 2007. Influence of the dosing process on the rheological and microstructural properties of a bakery product. Journal of Food Engineering,413-640.

Behrend, O., and Schubert, H. 2001. Influence of hydrostatic pressure and gas content on continuous ultrasound emulsification. Ultrason, Sonochem, 271–276.

Bennion, M. 1990. Fats, Frying, and Emulsions. In: Introductory Foods. Macmillan Publishing Co., New York, Chapter13, pp. 219-249.

Del Vecchio, A.J. 1975. Emulsifiers and their use in soft wheat products. Baker's Digest, 49(4):28-.

Fathi, M., Mohebbi, M., and Razavi, S.M.A. 2005. Application of image analysis and artificial neural network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. Food and Bioprocess Technology, 947-009-0222.

Henry, C. 1995. Monoglycerides: the universal emulsifier. Cereal Foods World, 40(10):734-738.

Jafsri, S.M., and Bhandar, B. 2007. Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. Journal of Food Engineering, 478-488.

Jambrak, A.R., Mason,T.J., and lelas, V. 2008. Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. Journal of Food Engineering, 281-287.

Kamel, B.S., and Ponte, J.G. 1993. Emulsifiers in baking. In: Advances in Baking Technology, eds B.S. Kamel and C.E. Stauffer. Blackie Academic and Professional Bishopsbriggs, Glasgow, UK. pp. 179-222.

Kim, C.S., and Walker, C.E. 1992. Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. Cereal Chemistry, 212-217.

McClements, D. J. 2005. Food emulsions: Principles, practice, and techniques. Boca Raton, FL: CRC Press.

Pardo, M. E., Ortiz-Moreno, A., Mora-Escobedo, R., Chanona-Perez, J. J., and Necoechea-Mondragon, H. 2008. Comparison of crumb microstructure from pound cakes baked in a microwave or conventional oven. LWT-Food Science and Technology, 41:620-627.

P.K. Chendke., and H.S. Fogler. 1975. Macrosonics in industry. Chemical processing Ultrasonics, 31–37.

Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C.A. and Caballero, P.A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the uality of sugar-free sponge cakes. J. Food Chemistry, 90:549-555.

Sabir, D.A. 2007. Effect of Xanthan Gum Layer Cake Quality. Kurdistan Academicians Journal (KAJ), 5(1):109-114.

Sahin, S., and Sumnu, S.G. 2006. Physical Properties of Foods. Springer Science Business Media LLC, New York. pp. 19–21.

Sakiyan, O., Sumnu, G., and Sahin, S. 2004. Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter. European Food Research and Technology, 635–638.

Shepard, I.S., and Yoell, R.W. 1976. Chapter 5. Cake emulsions. In: Food Emulsions. Edited by (S.Friberg, ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. pp: 270-274.

Schuster, G. and Adams, W.F. 1984. Chapter 4. Emulsifiers as additives in bread and fine baked products. In: Advances in Cereal Science and Technology.Volume VI. American Association of Cereal Chemists, Inc. New York. pp: 139-268.

Soria, A.C., and villamiel, M. 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food Trends. Food Science & Technology, 21: 323-331.

Suslick, K. S. 1988. Homogeneous sonochemistry. In K. S. Suslick (Ed.), Ultrasound: Its chemical, physical, and biological effects (pp. 123-163). New York: VCH Publishers.

Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., and Solans, C. 2004. Formation and stability of nano-emulsions. Advances in Colloid and Interface Science, 108: 303-318.

Torabizade ,N.1991.Food emulsion and emulsifiers.Ketab Iran Pub(ayijh).Tehran.P: 230-416.

Tan, M.C., Chin, N.L., and Yusof, Y.A. 2011. Power ultrasound aided batter mixing for sponge cake batter. Journal of Food Engineering, 104: 430–437.

Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocolloids, 22:305-312.

Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums bake in different ovens. Food Hydrocolloids, 24:755-762.

B., Goesaert, H., Brijs, K., and Delcour, J. A. 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on luten–starch blends. Food Chemistry, 110:909-915

Whitehurst, R.J. 2004. Emulsifiers in food technology, Whitehurst, UK. 2004. R.J., Blackwell publishing, Northampton, 564-851.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 1, Spring 2015, p. 31-40

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 11، شماره 1، بهار 1394، ص. 40-31

Effect of sonication and emulsifier (E471) on emulsification and improvement of cup cake

S.Pakbaten[1], M. Karimi[2], A.Elhamirad[3], Z.Sheikholeslami[4*]

Received:22-04-2013
Accepted:07-03-2014

Abstract:

The effect of sonication time (in three levels 0,2,4 min) and mono- di glyceride (in three levels 0,0.3,0.6 %) on improving the quality of cupcake were studied. Color analyze (L*, a*,b*) for dough samples and specific volume, porosity shelf life, color analyze and texture of cake were done. Results showed that increasing the levels of each factors (sonication and emulsifier) made a decrease in a*, b* of dough, crust and crumb of cake and increased in porosity, volume and L* of dough, crust and crumb color of cake. While these two factors used together changes were more obviously. In sample contain 0.6 % emulsifier that sonicated for 4 minute the highest decrease in a*, b* and increase in porosity, volume, shelf life and L* were observed.

Key words: Emulsion, Ultrasound waves, Emulsifiers, Prosity, Clorimetric.

1 And 3. MSc Student And Assistant Professor Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Azad University, Sabzevar, Iran, Respectively.
2 And 4 . Assistant Professors, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Agricultural and Resource research Mashhad, Iran, Respectively.
(*- Corresponding Author Email: shivasheikholeslami@yahoo.com)