بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی

عنوان

اصلاح پروفیل اسید چربی کره با افزودن پودر مغز گردو و فندق و بررسی اثر آن بر برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی وحسی کره

اساتید راهنما

دکتر صدیف آزادمرد دمیرچی

دکتر جواد حصاری

اساتید مشاور

دکتر سیدهادی پیغمبردوست

دکتر یوسف رمضانی

پژوهشگر

شیوا امامی

نام خانوادگی: امامی نام: شیوا
عنوان پایان‌نامه: اصلاح پروفیل اسید چربی کره با افزودن پودر مغز گردو و فندق و بررسی اثر آن بر برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی وحسی کره
اساتید راهنما: دکتر صدیف آزادمرد دمیرچی- دکتر جواد حصاری
اساتید مشاور: دکتر سیدهادی پیغمبردوست- دکتر یوسف رمضانی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی علوم و صنایع غذایی گرایش: شیمی مواد غذایی دانشگاه: تبریز دانشکده: کشاورزی تاریخ فارغ‌التحصیلی 89/11/19 تعداد صفحات90
کلید واژه‌ها: کره، گردو، فندق، اسیدهای چرب، پایداری اکسیداسیونی، بافت
چکیده در سال‌های اخیر مصرف کنندگان بیشتر تمایل به مصرف فراورده‌هایی با چربی کمتر و از نوع سالم‌تر دارند. کره دارای پروفیل کاملا طبیعی و عطر و طعمی بسیار مطلوب است، ولی قابلیت مالش پذیری ضعیف آن بعد از خروج از یخچال، وجود اسیدهای چرب اشباع و کلسترول بالا از معایب عمده آن به شمار می‌رود. لذا با توجه به ویژگی‌های تغذیه‌ای و بافتی کره اصلاح معایب آن امری ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش اثر افزودن مغزهای گردو و فندق به عنوان منابع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی روی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، حسی و بافتی کره مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور مغزهای گردو و فندق بعد از آسیاب شدن به طور جداگانه در مقادیر 10، 20 و 30% به کره اضافه شد و نمونه‌های آماده شده بعد از بسته بندی به 2 شکل تحت خلا و معمولی به مدت 90 روز در یخچال نگهداری شد. ویژگی‌های ضریب شکست، محتوای رطوبت، عدد اسیدی و عدد پروکسید هر 30 روز 1 بار اندازه گیری شد. سفتی نمونه‌ها و مقدار توکوفرول در روز اول و روز 90 پس از تولید به ترتیب توسط دستگاه آنالیزگر بافتی و HPLC اندازه گیری شد. پروفیل اسید چربی توسط دستگاه GC، پایداری اکسیداسیونی توسط رنسیمت و ویژگی‌های حسی نمونه‌ها شامل ویژگی‌های عطر و طعمی، بافتی و ظاهری نیز در روز اول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمونه‌های حاوی مغزهای گردو و فندق در مقایسه با نمونه فاقد مغز ضریب شکست و عدد اسیدی بیشتر و محتوای رطوبتی، عدد پروکسید، سفتی و پایداری اکسیداسیونی کمتری داشتند. در طول نگهداری نیز ضریب شکست، عدد اسیدی و عدد پروکسید تمامی نمونه‌ها افزایش یافت که کره‌های حاوی مغز افزایش بیشتری را در این ارتباط نشان دادند. همچنین محتوای رطوبتی و سفتی نمونه ها با گذشت زمان کاهش یافت. شدت کاهش سفتی نمونه‌های حاوی گردو و فندق بیشتر از نمونه کنترل بود. علاوه براین نمونه‌های بسته بندی شده تحت خلا در مجموع در مقایسه با بسته بندی معمولی عدد اسیدی، عدد پروکسید و ضریب شکست کمتر و محتوای رطوبتی بیشتری را نشان دادند. همچنین مقدار اسیدهای چرب ضروری و تک

غیراشباعی و نیز توکوفرول در نمونه‌های حاوی مغز بیشتر از نمونه کنترل بود. مقدار توکوفرول نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش یافت و میزان این کاهش در بسته بندی تحت خلا نسبت به بسته بندی معمولی کمتر بود. بررسی ویژگی‌های حسی نیز نشان داد که تمامی نمونه‌های حاوی مغز از نظر طعم مغز اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد داشتند. همچنین با افزایش درصد مغزهای گردو و فندق مالش پذیری نمونه‌ها نیز به طور معنی‌داری بهبود یافت. این مطالعه برای اولین بار محصول جدید لبنی فراسودمند را معرفی می‌کند که می‌تواند گامی در جهت اصلاح معایب کره و افزایش اسیدهای چرب ضروری و آنتی-اکسیدان‌ها در رژیم غذایی بوده و ممکن است در سلامتی و کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی نیز مفید واقع شود.

فهرست مطالب شماره صفحه

مقدمه 1

فصل اول: کلیات

1-1- ترکیب کلی کره 4

1-2- تاریخچه 4

1-3- انواع کره 5

1-4- فرایند صنعتی تولید کره 6

1-5- ترکیب شیمیایی فاز چربی 8

1-5-1- ترکیب اسیدهای چرب 8

1-5-2- ترکیب استرول‌ها 11

1-5-3- کاروتنوئیدها 11

1-5-4- ویتامین A، D و E 11

1-5-5-ویژگی های بافتی 12

1-5-5-1- قوام 12

1-5-5-2- مالش پذیری 12

1-6- بررسی روش‌های مختلف اصلاح معایب کره 13

1-6-1- اصلاح به وسیله تغذیه دام 13

1-6-2- اصلاح به وسیله روش‌های فیزیکی و شیمیایی 13

1-6-2-1- روش‌های فیزیکی 13

1-6-2-1-1- جزءبه جزءسازی 13

1-6-2-1-2- مخلوط کردن 15

1-6-2-2- روش های شیمیایی 16

1-2-2-6-1- هیدروژناسیون 16
1-2-2-6-2- اینتراستریفیکاسیون شیمیایی 16
1-2-2-6-3- روش های آنزیمی 17
1-7- ترکیبات مغزها 18
1-7-1- ترکیب فندق 19
1-1-7-1- ترکیب اسیدهای چرب 19
1-2-1-7- ترکیب تری آسیل گلیسرول‌ها 20
1-3-1-7- ترکیب توکوفرول‌ها و توکوتری انول‌ها 20
1-4-1-7- ترکیب استرول‌ها 21
1-5-1-7- اسکوآلن 23
1-7-2- ترکیب گردو 24
1-2-7-1- ترکیب اسیدهای چرب 24
1-2-2-7-1- ترکیب توکوفرول‌ها و توکوتری‌انول‌ها 24
1-3-2-7-1- ترکیب استرول‌ها 24
1-4-2-7-1- پلی فنول‌ها و اسکوآلن 25
1-8- نتیجه گیری کلی 25
فصل دوم: بررسی منابع
فصل سوم: مواد و روش‌ها
3-1- مواد مورد استفاده 31
3-1-1- مواد اولیه 31
3-1-2- مواد شیمیایی مورد استفاده 31
3-1-3- نمونه های استاندارد 32
3-1-4- لوازم آزمایشگاهی 32

2-3- محل انجام پژوهش 33
3-3- مراحل انجام پژوهش 33
3-3-1- نمونه برداری 33
3-3-2- آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی 33
3-3-2-1- اندازه‌گیری عدد اسیدی 34
3-3-2-2- اندازه گیری عدد پروکسید 34
3-3-2-3- رطوبت کره 35
3-3-2-4- ضریب شکست 35
3-3-2-5- اندازه گیری اسیدهای چرب 35
3-3-2-5-1-آماده سازی متیل استر اسیدهای چرب 35
3-3-2-5-2- آنالیز متیل استر اسیدهای چرب با کروماتوگرافی گازی 35
3-3-2-6- پایداری در مقابل اکسیداسیون 36
3-3-2-7- اندازه‌گیری توکوفرول 36
3-3-2-7-1- آماده سازی 36
3-3-2-7-2- آنالیز توکوفرول ها با کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) 37
3-3-2-8- آنالیز بافتی 37
3-3-2-9- ارزیابی حسی 37
3-3-2-9-1- آنالیز توصیفی 37
3-3-2-9-2- تست هدونیک 39
3-3-3- تجزیه و تحلیل آماری 40
فصل چهارم: نتایج و بحث
4-1- اثر افزودن مغزهای گردو و فندق بر ویژگی های فیزیکی کره 41
4-1-1- ضریب شکست 41

4-1-2- رطوبت 47
4-1-3- سفتی 50
4-2- اثر افزودن مغزهای گردو و فندق بر ویژگی های شیمیایی کره 53
4-2-1- عدد اسیدی 54
4-2-2- عدد پروکسید 60
4-2-3- پایداری اکسیداسیونی 66
4-2-4- ترکیب اسیدهای چرب 67
4-2-5- توکوفرول‌ها 68
4-3- ارزیابی حسی 72
4-3-1- آنالیز توصیفی 72
4-3-1-1- ویژگی‌های عطر و طعمی 72
4-3-1-2- ویژگی‌های ظاهری 73
4-3-1-3- ویژگی‌های بافتی 73
4-3-2- تست هدونیک 74
نتیجه گیری 79
پیشنهادات 82
فصل پنجم: منابع

فهرست جداول

جدول 1-1- نحوه توزیع اسیدهای چرب در چربی کره..... 10
جدول 3-1- طرح بلوک ناقص.....38
جدول 3-2- فرم ارزشیابی حسی.....39
جدول 3-3 جدول ارزیابی هدونیک.....39
جدول 4-1- نتایج آنالیز واریانس صفات فیزیکی کره 41
جدول 4-2- مقایسه میانگین داده‌های ضریب شکست.....46
جدول 4-3 مقایسه میانگین داده‌های محتوای رطوبت.....46
جدول 4-4- مقایسه میانگین داده‌های سفتی.....52
جدول 4-5- نتایج آنالیز واریانس صفات شیمیایی کره 53
جدول 4-6- مقایسه میانگین داده‌های عدد اسیدی.....58
جدول 4-7- مقایسه میانگین داده‌های عدد پروکسید.....58
جدول 4-8- پروفیل اسیدهای چرب تیمارهای کره (%).....69
جدول 4-9- مقایسه میانگین مربوط به ترکیبات توکوفرولی.....69
جدول 4-10- نتایج آنالیز واریانس صفات حسی کره.....75
جدول 4-11- مقایسه حداقل میانگین مربعات ویژگی‌های حسی کره.....75
جدول 4-12- هم بستگی و سطح معنی داری ویژگی های حسی.....78

فهرست شکل‌ها

شکل 1-1- مسیر فرایند تولید کره.....7

شکل 4-1- تغییرات ضریب شکست تیمارهای مختلف کره.....42

شکل 4-2- تغییرات ضریب شکست طی روزهای مختلف نگهداری و برای انواع بسته بندی.....43

شکل 4-3- اثر متقابل تیمار، روز نگهداری و نوع بسته بندی بر ضریب شکست کره.....45

شکل 4-4- تغییرات رطوبت تیمارهای مختلف کره.....47

شکل 4-5- تغییرات رطوبت در طی روزهای مختلف نگهداری و برای انواع بسته بندی.....48

شکل 4-6- اثر متقابل تیمار، روز نگهداری و نوع بسته بندی بر محتوای رطوبتی کره.....49

شکل 4-7- تغییرات سفتی تیمارهای مختلف کره.....50

شکل 4-8- تغییرات سفتی در طی روزهای مختلف نگهداری.....51

شکل 4-9- تغییرات عدد اسیدی تیمارهای مختلف کره.....54

شکل 4-10- تغییرات عدد اسیدی در طی روزهای مختلف نگهداری و برای انواع بسته بندی.....56

شکل4-11- اثر متقابل نوع تیمار، روز نگهداری و نوع بسته بندی بر عدد اسیدی کره.....59

شکل 4-12- تغییرات عدد پروکسید تیمارهای مختلف کره.....61

شکل 4-13- تغییرات عدد پروکسید در طی روزهای مختلف نگهداری و برای انواع بسته بندی.....63

شکل 4-14- اثر متقابل نوع تیمار، روز نگهداری و نوع بسته بندی بر عدد پروکسید کره.....65

شکل 4-15- زمان پایداری تیمارهای مختلف کره.....66

شکل 4-16- ساختار مولکولی توکو فرول‌ها و توکوتری‌انول‌ها.....68

شکل 4-17- کروماتوگرام HPLC مربوط به ترکیبات توکوفرولی نمونه های روغن فندق و روغن گردو.....70

شکل 4-18- مقایسه ویژگی‌های حسی نمونه های کره محتوی مغز با نمونه کنترل.....76

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف کنندگان بیشتر تمایل به مصرف فراورده‌هایی با چربی کمتر و از نوع سالم‌تر دارند (رودریگز و همکاران، 2007). مصرف کره در دو دهه گذشته عمدتا به دنبال دلایل تغذیه‌ای و نیز برخی از ویژگی‌های فیزیکی ذاتی کره کاهش یافته است (مارانگونی و روسو، 1998). کره دارای پروفیل کاملا طبیعی و عطر و طعمی بسیار مطلوب است، ولی قیمت بالای آن در مقایسه با سایر اسپریدها، قابلیت مالش پذیری ضعیف بعد از خروج از یخچال، وجود اسیدهای چرب اشباع و کلسترول بالا از معایب عمده آن به شمار می‌رود (گونستون، b 2004). چون جذب و مصرف مقادیر بالای کلسترول در رژیم غذایی در کنار چربی کل و چربی اشباع بالا و مصرف کم مواد فیبری، از جمله عوامل تاثیرگذار روی افزایش مقادیر کلسترول در سرم می‌باشد و وجود کلسترول زیاد در سرم، خصوصا لیپوپروتئین‌های با دانسیته پایین (LDL[1]) از جمله فاکتورهای خطرزا در رابطه با تصلب شرایین است (هتینگا، 1996).

همچنین بافت کره از اهمیت بسیاری برخوردار است. مهمترین ایراد کره آن است که بر خلاف مارگارین که بلافاصله بعد از خروج از یخچال مالش پذیر است، کره در دمای یخچال مالش‌پذیر نیست. همچنین کره پایداری ساختاری ضعیفی در دماهای یخچال دارد و مهاجرت رطوبت و خروج روغن را نشان می‌دهد. با این حال علی رغم قیمت پایین‌تر چربی‌های گیاهی، عطر و طعم کره نمی‌تواند با استفاده از فراورده‌های گیاهی به دست بیاید و حتی افزودن طعم دهنده‌ها برای تقلید طعم کره‌ای، نامناسب بوده است (رودریگز و همکاران، 2007). با توجه به معایب مذکور و به دنبال آن بیماری‌هایی نظیر چاقی و سایر بیماری‌های مرتبط در این زمینه، اصلاح پروفیل اسید چربی کره و نیز کاهش مقادیر کلسترول در آن بدون ایجاد افت محسوس در ویژگی‌های حسی امری ضروری به نظر می‌رسد.

[1] Low density lipoprotein

علاوه بر این با تغییر در پروفیل اسید چربی ممکن است چند ویژگی فیزیکی و شیمیایی چربی شیر مثل سفتی، نقطه ذوب، میزان چربی جامد و مایع، ویسکوزیته، پایداری اکسیداتیو و عطر و طعم تحت تاثیر قرار بگیرد (گونزالس و همکاران، 2003). بدین منظور در دهه‌های گذشته فراورده‌هایی نظیر کره‌های کم کالری، جایگزین‌های چربی و نیز چربی‌های فاقد کالری تولید شده است. علاوه بر این تکنولوژی‌هایی نظیر مخلوط کردن، هیدروژناسیون، جزءبه‌جزءسازی و نیز استریفیکاسیون آنزیمی و شیمیایی به صورت موفقیت‌آمیزی برای اصلاح روغن‌ها و چربی‌ها استفاده شده است (رودریگز و جیوایلی، 2003). با این حال تولید برخی از اسیدهای چرب ترانس و از بین رفتن اسیدهای چرب ضروری در طول هیدروژناسیون (کایلگین و همکاران، 1993) و کاهش عطر و طعم در کره‌های حاصل از اینتراستریفیکاسیون (رایت و مارانگونی، 2006) استفاده از این روش‌ها را تا حدودی محدود کرده است. بین روش‌های ذکر شده مخلوط کردن ارزان‌ترین روش اصلاح ویژگی‌های روغن‌ها و چربی‌ها به شمار می‌رود (گریت و دیجکسترا، 2008).

همچنین مطالعه ترکیبات مغزهایی همچون گردو و فندق نشان می‌دهد که بیش از 75% کل اسیدهای چرب آن‌ها را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهند (ماگور و همکاران، 2004) که قادر به جلوگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی (CHD[2]) هستند (آمارال و همکاران، 2005). در این بین اسیدهای چرب تک‌غیراشباعی(MUFA[3])، اسیدهای چرب غالب هستند. البته به جز اسیدهای چرب غیراشباع، حضور ترکیبات دیگری در مغزها نظیر فیتواسترول‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها (مثل توکوفرول‌ها) و اسکوآلن نیز در این رابطه موثر است (ماگور و همکاران، 2004).

توکوفرول‌ها آنتی‌اکسیدان‌های قوی محلول در چربی هستند و علاوه بر حفاظت سلول‌های بدن از آسیب رادیکال‌های آزاد و تعویق در فرایند پیری سلول‌ها، در جلوگیری از بیماری‌های کرونری خاص (کورنستاینر و همکاران، 2006) سرطان و دیابت (فریزر، 2000) فشار خون و آلزایمر (جیانگ و همکاران، 2001) موثرند.

[2] Coronary heart disease
[3] Mono unsaturated fatty acid

فیتواسترول‌ها که دارای ساختاری مشابه با کلسترول هستند، کلسترول خون و نیز خطر انواع خاصی از سرطان را کاهش داده و نیز عملکرد سیستم ایمنی را افزایش می‌دهند (فیلیپس و همکاران، 2005). همچنین گردو حاوی مقدار زیادی از ترکیبات فنولیک است که به خاطر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از اکسیداسیون LDL تاثیرات مطلوبی روی سلامتی انسان دارند (لابوکاس و همکاران، 2008).

لذا با توجه به ویژگی‌های تغذیه‌ای و بافتی کره و نیز دلایل ذکر شده در رابطه با فواید مغزهای خوراکی و نیز کمبود منابع علمی در رابطه با بررسی اثر افزودن مغزها به کره، هدف از انجام این پروژه بررسی اثر افزودن مغزهای گردو و فندق به عنوان منابع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی روی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، حسی و بافتی کره، با هدف دست‌یابی به فراورده‌ای با ارزش تغذیه‌ای بالاتر و بافتی نرم‌تر و مالش‌پذیرتر بود.

فصل دوم

کیاک

1-1- ترکیب کلی کره

کره یک امولسیون آب در روغن است که محتوی 82-80% چربی و 20-18% فاز آبی که شامل نمک و مواد جامد غیرچربی شیر است، می‌باشد (گونستون، 2004 b). تری‌گلیسریدها (TAG[4]) ترکیب غالب فاز چربی بوده و حدود 98% آن را تشکیل می‌دهند. دیگر ترکیبات چربی کره عبارتند از: دی‌گلیسریدها، منوگلیسریدها، اسیدهای چرب آزاد، فسفولیپیدها، سربروزیدها، کلسترول، استرهای کلسترول، ویتامین‌های محلول در چربی (A، D، E)، آنتی‌اکسیدان‌ها (توکوفرول)، پیگمنت‌ها (کاروتن) و ترکیبات عطر و طعمی (لاکتون‌ها، آلدهیدها و کتون‌ها) (هتینگا، 1996).

1-2- تاریخچه

تهیه کره یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری جزء چربی شیر است (هتینگا، 1996). تولید کره به عنوان یکی از غذاهای بشر به زمان‌های بسیار گذشته قبل از عهد مسیحیت برمی‌گردد (رودریگز و همکاران، 2007). کره حاصل از چربی شیر گاو برای قرن‌های بسیاری به عنوان یک اسپرید و نیز برای پخت و سرخ کردن استفاده شده است. ولی با توسعه مارگارین‌هایی با کیفیت بالا و نیز دیگر اسپریدها، کره رواج کمتری یافته است. کشورهای عمده مصرف کننده در سال 2002 از مقدار کلی 6/3 میلیون تن، عبارت بود از: EU-15 (1/52 میلیون تن)، هند (1/57 میلیون تن)، شوروی سابق (600,000 تن)، آمریکا (520,000 تن)، پاکستان (490,000 تن) و اروپای مرکزی (200,000 تن). در بین EU-15 فرانسه با مصرف 430,000 تن و آلمان با 410,000 تن بیشترین مصرف کنندگان کره به شمار می‌روند. نیوزیلند نیز با صادرات بیش از 90% کره تولیدی خود، تقریبا 50% کره‌های صادراتی را تشکیل می‌دهد (گونستون، 2004a). اوج تولید کره در دهه 1960 (6/4-6 میلیون تن) بود که بعد در اواخر دهه 1990 به زیر 6 میلیون تن کاهش یافت. ولی میزان تولید آن

[4] Triacylglyserol

دوباره در حال افزایش است و پیش بینی می‌شود که در طی20 سال آینده به 7/8 میلیون تن برسد (گونستون، 2004b).

1-3- انواع کره

انواع مختلفی از کره نظیر کره‌های حاصل از خامه شیرین (نمکی یا بدون نمک)، کره کشت داده شده و نیز کره زده شده در بازار در دسترس است. کره حاصل از خامه شیرین pH بالا و در نتیجه ماندگاری کمتری دارد و کره زده شده نیز به دلیل دارا بودن گاز نیتروژن زده شده مالش پذیری بهتری دارد. کره حاصل از خامه کشت داده شده توسط باکتری‌های لاکتیکی کشت داده می‌شود و معمولا به واسطه طعم قوی دی استیل آن شناخته می‌شود (جینجاراک و همکاران، 2006). عطر و طعم کره کشت داده شده بسیار شدید و نظیر کره‌های خانگی بوده ولی عطرو طعم کره حاصل از خامه شیرین ملایم و خامه‌ای است. عطر و طعم کره‌های کشت داده از استارترکالچرهای باکتریایی شامل *lactococcus lactis* زیرگونه *lactis* و *cremoris*، *Lc. Lactis* زیرگونه *lactis* بیووار *diacetylactis* و *leuconostoc mesenteroides* زیرگونه *cremoris* حاصل می‌شود. این استارترها به خامه پاستوریزه اضافه می‌شوند و در رسیدگی بعدی خامه اجزای شیر پس چرخ را به گروهی از ترکیبات عطر و طعمی (مثل لاکتوز به اسید لاکتیک و سیترات به دی استیل) تبدیل می‌کنند (فرد، b 2002).

علاوه بر این انستیتو تحقیقات لبنی هلند (NIZO) نوع سومی از کره را تولید کرده است. این نوع کره از خامه شیرین تهیه می‌شود و در مرحله پایانی فرایند، کنسانتره استارتر کالچر خاصی در ترکیب با اسید لاکتیک و کنسانتره محتوی دی استیل و دیگر اجزای عطر و طعمی اضافه می‌شود و کره حاصل عطر و طعمی ما بین کره شیرین و کشت داده شده پیدا می‌کند. همچنین ممکن است به کره شیرین حدود 2-0/2% نمک زده شود. در کشورهای اسکاندیناوی به کره کشت داده شده (با pH حدود 5) نیز در حدود 0/8% نمک اضافه می‌شود. در مجموع ترش کردن کره دارای مزایایی نظیر فرایند آسان‌تر (ویسکوزیته کمتر خامه، تیمارهای دمایی انعطافپذیر خامه)، بهبود کیفیت فراورده (طعم بسیار همگن، فساد عطر و طعمی کمتر ناشی از اکسیداسیون و اسیدهای

چرب آزاد) و نیز صرفه اقتصادی (صرفه جویی در زمان، خروجی بهتر برای خامه شیرین در مقایسه با دوغ کره کشت داده شده) می‌باشد. ارجحیت مصرف کره شیرین یا کشت داده شده در بین کشورها و نواحی مختلف متفاوت است، برای مثال در آمریکا، کانادا و انگلستان کره شیرین و در کشورهای اسکاندیناوی، فرانسه یا آلمان کره کشت داده شده رواج دارد (فرد، b 2002). در اروپا کره‌های محتوی مقادیر متفاوت چربی و میزان کالری کمتر، تنها زمانی که دارای 90-80% چربی باشند به عنوان کره شناخته می‌شوند، کره سه چهارم چربی[5] دارای 62-60% چربی، کره نیم چرب[6] دارای 41-39% چربی و اسپریدهای با چربی لبنی، دیگر مقادیر چربی را دارا هستند. در ایالات متحده امریکا کره سبک[7] بایستی کمتر از نصف میزان معمول چربی را داشته باشد و کره با چربی کاهش یافته[8] دارای چربی کمتر از یک چهارم میزان معمول باشد (گونستون، b 2004).

1-4- فرایند صنعتی تولید کره

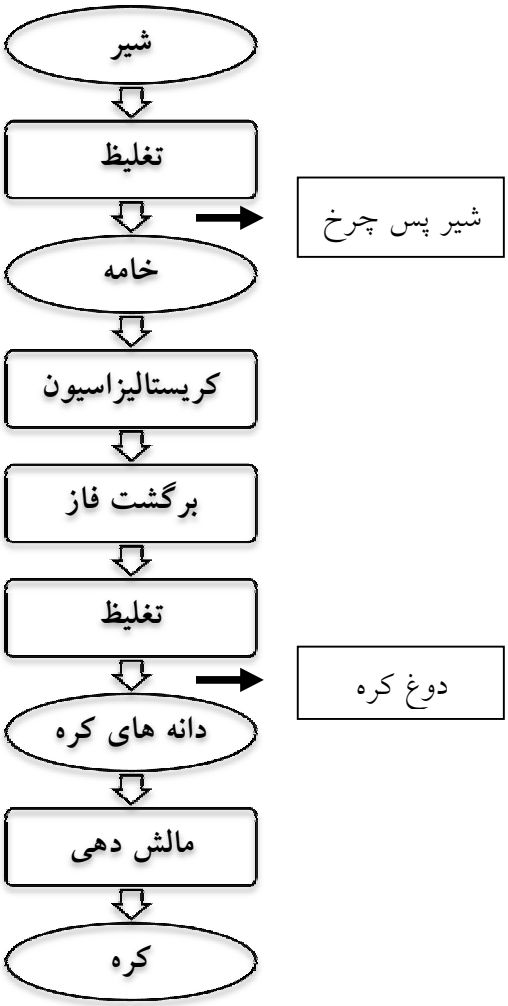
مسیر فرایند تولید کره در شکل 1-1 نشان داده شده است. روش‌های اولیه تولید کره‌های خانگی نیز مطابق این شکل می‌باشد. این روش‌ها به شکل مداومی بزرگتر شده و به شکل کره‌زن‌های چرخشی بچ توسعه یافتند که استفاده از آن‌ها تا دهه 1990 ادامه داشت و دارای بازده حداکثر 6 تن کره در هر بچ بود. امروزه فرایند بچ توسط فرایند تولید مداوم کره که در دهه 1950 توسط Fritz و Eisenreich معرفی شد جایگزین شده است که دارای خروجی تا میزان 10 تن در ساعت می‌باشد. مراحل فرایند Fritz به صورت متوالی مشابه ترتیب فرایند بچ انجام می‌گیرد، لذا ویژگی‌های کره حاصل مشابه کره تولید شده به روش بچ است (فرد، b 2002).

در مجموع تولید کره می‌تواند به 5 مرحله تقسیم شود:

1. تغلیظ فاز چربی شیر توسط جداسازی مکانیکی
2. کریستالیزاسیون فاز چربی کره توسط سرد کردن

[5] Tree quarter fat
[6] Half fat
[7] light butter
[8] Reduced butter

3. برگشت فاز امولسیون روغن در آب خامه توسط نیروهای برشی
4. جداسازی دوغ کره توسط آبکشی
5. تشکیل امولسیون ویسکوالاستیک آب در روغن توسط مالش دهی



شکل 1-1- مسیر فرایند تولید کره

میزان چربی خامه به طور معمول برای سیستم‌های کره زنی بچ 55-30% و برای سیستم های مداوم بین 38 تا 42% است. خامه در 110-85 درجه سانتیگراد برای مدت 30-10 ثانیه پاستوریزه می‌شود. در این مرحله

خامه در اثر فعال شدن گروه‌های سولفیدریل آزاد در پروتئین‌های آب پنیر در دمای بالای تیمار صورت گرفته، طعم پختگی خوب و نیز برخی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی را به دست می‌آورد. همچنین برخی از حباب‌های گاز و همه بوهای فرار حاضر نیز در این مرحله حذف می‌شوند. سپس ممکن است خامه پاستوریزه با استفاده از کشتی از *lactococcus lactis* زیرگونه *Lc. Lactis ،lactis* زیرگونه *cremoris* یا یک سویه سیترات مثبت *lactococcus lactis* به منظور کاهش pH تا 5-4/5 توسط تولید اسید لاکتیک تخمیر شود. *leuconostoc mesenteroides* زیرگونه *cremoris* یا *Ln. mesenteroides* زیرگونه سیتروورووم همزمان تولید ترکیبات عطر و طعمی مطلوب دیگر و عمدتا دی استیل ($\frac{mg}{kg}$ 3-1) را می‌کنند (کوگ، 2006). سپس خامه تا 5-2 درجه سانتیگراد برای حداقل 4 ساعت (به صورت ایده آل 24 ساعت) خنک می‌شود تا کریستالیزاسیون رخ دهد و به دنبال آن کره زنی انجام می‌گیرد. کره‌زنی شامل وارد آوردن نیروهای برشی در دمای پایین است که به طور نسبی امولسیون روغن درآب خامه را می‌شکند و بعد از خارج شدن دوغ کره چربی را تا 82-80% تغلیظ می‌کند. دمای کره زنی برای سیستم نوع بچ 5-4 درجه سانتیگراد و برای نوع مداوم 9-8 درجه سانتیگراد است. بعد از خارج شدن بخش اعظم دوغ کره نیروی برشی بیشتری به چربی وارد می‌شود (مالش دهی) تا یک امولسیون آب در روغن ویسکوالاستیک تولید شود. هدف این مرحله کاهش فاز آبی تا 16% است که این فاز محتوی 2% ماده جامد غیرچربی است. همچنین ممکن است در این مرحله نمک تا 2% و یا کنسانتره اسید/ ماده عطر و طعمی به صورت اختیاری اضافه شود (کوگ، 2006).

1-5- ترکیب شیمیایی فاز چربی

1-5-1- ترکیب اسیدهای چرب

اسیدهای چرب اشباع در حدود 70-65% و اسیدهای چرب غیر اشباع 34-29% از کل چربی کره را تشکیل می‌دهند. بین اسیدهای چرب اشباع اسید پالمیتیک(40-25%) و بین اسیدهای چرب غیراشباع اسید اولئیک (34-18%) بیشترین میزان را به خود اختصاص می‌دهد. ترکیب اسیدهای چرب تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی

نظیر تغییرات فصلی، نژاد، سن حیوان و طول دوره‌ی شیردهی قرار می‌گیرد، به طوری که عدد یدی چربی شیر در فصل تابستان چند واحد بیشتر از فصل زمستان است که این امر به تفاوت غذای مورد استفاده دام در این فصول و در نتیجه تغییر نسبت اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع برمی‌گردد و به نظر می‌رسد که این تفاوت در آب و هوای سردتر به میزان جزئی بیشتر باشد. در جدول 1-1 توزیع 82 اسید چرب در چربی کره نشان داده شده است (هتینگا، 1996).

اسید لینولئیک کنژوگه (CLA ، Δ11 trans Δ9 cis ،2 :C18) که یک ترکیب فعال زیستی است، صرفا در چربی‌های نشخوار کنندگان نظیر چربی کره وجود دارد. اسید واکنیک (1،11 trans :C18) نیز که ایزومر ترانس غالب در کره است، ممکن است توسط Δ9 دسچوراز به CLA تبدیل شود (فرد، a 2002). دریافت CLA توسط انسان تقریبا 150mg در روز است. اگر جذب روزانه چربی لبنی 20g در روز تخمین زده شود و فراورده‌های لبنی با پروفیل اسید چربی اصلاح شده (چربی شیر با لینولئیک بالا) مصرف شود، جذب روزانه CLA تا تقریبا 200mg در روز افزایش می‌یابد. گرچه این میزان محاسبه شده CLA قادر به فراهم کردن میزان بهینه مورد نیاز برای ویژگی‌های ضدسرطانزایی (به ترتیب 620 و 441mg در روز برای مردان و زنان) نیست (گونزالس و همکاران، 2003).

از دیگر ویژگی‌های منحصر به فرد چربی کره میزان بالای اسیدهای چرب کوتاه زنجیر از اسید بوتیریک تا اسید کاپریک در آن است. این اسیدهای چرب به دلیل مسیر متابولیکی اختصاصی آن‌ها (از طریق سیاهرگ پورتال مستقیما به کبد می‌روند) و چندین ویژگی نظیر لیپولیز سریع‌تر و جذب مجدد، مواد مغذی با ارزشی به حساب می‌آیند. به طور متوسط این اسیدهای چرب بالغ بر حدود 25-20% مولی هستند و تقریبا 50% TAG های چربی کره محتوی یک باقی مانده اسیدچرب زنجیر کوتاه در موقعیت sn-3 که از نظر تغذیه‌ای مهم است، می‌باشند (فرد، a 2002).