نشریه آموزشی- پژوهشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی
شماره ۲۷، تابستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۳~۱۴

اثر تغییرات درجه حرارت بر پروتئولیز پنیر لیقوان در طول دوره‌ی رسیدن

• **راحله نژاد رزمجوی اخگر** (نویسنده مسئول)
بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت : شهریور ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : آذر ۱۳۹۶
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۴۵۷۵۵۰
Email: razmjooi@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/aasrj.2017.115405.1127

چکیده:

اثر تغییرات درجه حرارت بر روی ترکیبات شیمیایی، pH، ازت محلول در pH = ٤/٦ به عنوان شاخص رسیدن و ویژگی‌های حسی پنیر لیقوان در طول ۱۲۰ روز ذخیره‌سازی در ٤ دمای ۹°C، ۱۳°C، ۱۵°C و ۱۹°C مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر pH همه‌ی نمونه های پنیر تا روز ٦۰ ام روندی کاهشی داشت. از روز ٦۰ ام به بعد pH نمونه های پنیر نگهداری شده در دماهای ۱۵ و ۱۹°C افزایش پیدا کرد. درصد ماده ی خشک در همه تیمارهای دمایی در طول رسیدن افزایش یافت و در نمونه های پنیر نگهداری شده در دمای ۱۹°Cدر تمام طول رسیدن به طور معنی‌داری بالاتر بود. درصد نمک در همه تیمارها در طول رسید ن افزایش یافت و از نظر درصد نمک اختلاف معنی‌داری بین تیمارها دیده نشد. از نظر درصد پروتئین بین نمونه های پنیر اختلاف معنی داری در طول رسیدن وجود نداشت. مقدار ازت محلول در pH = ٤/٦ در نمونه های پنیر نگهداری شده در دمای ۱۹°C به طور معنی‌داری بالاتر بود. در طی دوره ی رسیدن بیشترین و کمترین مقدار ازت محلول به ترتیب متعلق به پنیرهای نگهداری شده در دماهای ۱۹ و ۹°C بود. نتایج ارزیابی حسی در پایان دوره رسیدن اختلاف معنی‌داری را بین نمونه‌های پنیر نشان داد. بیشترین و کمترین امتیازات داده شده توسط داوران برای ویژگی های حسی به ترتیب به نمونه های پنیر نگهداری شده در دماهای ۱۵ و ۱۹°C تعلق گرفت.

واژه‌های کلیدی: پنیر لیقوان، پروتئولیز، دوره‌ی رسیدن، درجه حرارت

Applied Animal Science Research Journal No 27 pp: 3-14

Effect of Temperature Changes on Proteolysis of Lighvan Cheese During Ripening

By:Rahele Nezhad Razmjoui Akhgar
Department of Animal Science Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO),Urmia, Iran.

Effect of temperature changes on chemical composition, pH, soluble nitrogen in pH=4.6 as ripening indicator and sensory properties of Lighnan cheese during storage at 4 temperatures of 9°C, 13°C, 15°C and 19°C was investigated. Values of pH had decreasing trend in all cheese samples until 60 days. From the 60th day, the pH of cheese samples stored at 15°C and 19°C increased. Percentage of dry matter increased in all treatments during ripening and was significantly higher in cheese samples stored at 19°C during whole ripening period. The percentage of salt in all treatments increased during ripening and no significant difference was observed. There was no significant difference in protein content between cheese samples during ripening. Soluble nitrogen in pH=4.6 values was significantly higher in cheese samples stored at 19ºC. During ripening period the highest and lowest values of soluble nitrogen belonged to cheeses stored at 9°C and 19°C respectively. The result of sensory evaluation at the end of the ripening period showed significant difference between cheese samples. The highest and lowest scores given to cheeses by panelists belonged to cheeses stored at 15°C and 19°C respectively.

Key words: Lighvan cheese, proteolysis, ripening period, temperature

مقدمه

رسیدن پنیر عبارت است از نگهداری آن به مدت معین حداقل ۳ تا ۶ ماه و یا بیشتر در درجه ی حرارت پایین (۱۶ ـ ۰ ^{o}C)، که در این شرایط خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و باکتریولوژیکی پنیر تغییر پیدا کرده و باعث ایجاد طعم، مزه و بافت مشخص می‌گردد. مهمترین تغییرات بیوشیمیایی که در حین رسیدن اتفاق می‌افتد، شامل گلیکولیز، لیپولیز و پروتئولیز می‌باشد که تغییرات مزبور با تعدادی از تغییرات کاتابولیک ثانوی شامل دزآمیناسیون، دکربوکسیلاسیون، دسولفوراسیون و بعضی تغییرات سنتتیکی نظیر استریفیکاسیون همراه است. پروتئولیز اصلی‌ترین و پیچیده‌ترین رویداد بیوشیمیایی است که در طول رسیدن انواع پنیر اتفاق افتاده (McSweenney, 2004) و بر روی خواص حسی پنیر رسیده بسیار تأثیر گذار است (Grappin,1985). هیدرولیز اولیه ی کازئین به وسیله ی کیموزین و با درجه ی کمتر به وسیله‌ی پلاسمین انجام می‌گیرد که منجر به تشکیل پپتیدهای با اندازه‌ی بزرگ و متوسط می‌گردد (McSweenney, 2004). این پپتیدها نیز به وسیله‌ی ماده‌ی منعقد کننده باقی‌مانده در دلمه و آنزیم‌های باکتری های آغازگر و غیر آغازگر به پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه آزاد تبدیل می‌شوند. این واکنش‌ها منجر به تولید ترکیباتی از قبیل آمونیاک، آمین‌ها، آلدئیدها، فنول‌ها، اندول ها و الکل ها می گردند (Sihufe *et al*., 2006). در اثر پروتئولیز، بافت لاستیکی پنیر تازه به بافتی صاف در پنیر رسیده، تبدیل می‌شود. رسیدن فرایندی کند و تدریجی بوده و بخش مهمی از هزینه های تولید را در بر می گیرد. روش های اصلی که جهت تسریع رسیدن پنیر مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: بالا بردن درجه حرارت نگهداری، توسعه کشت‌های آغازگر، استفاده از کشت‌های الحاقی، افزودن دوغاب یا اسیدهای آمینه، استفاده از آنزیم‌های خارجی و فراوری با فشار بالا (*et al*., Fox 1996). افزایش درجه حرارت نگهداری طی دوره‌ی

رسیدن، هیچ گونه افزایش هزینه ای در بر ندارد، در نتیجه این روش، ارزانترین شیوه برای تسریع رسیدن پنیر و کوتاه کردن این دوره می‌باشد (McSweenney, 2004).

پنیر لیقوان یکی از معروفترین پنیرهای آب نمکی سنتی است که به علت خواص حسی مطلوب آن، از بازارپسندی بالایی در سراسر ایران برخوردار است. این پنیر از انواع پنیر نیمه سخت بوده و از شیر خام گوسفند یا مخلوط شیر گوسفندی و بزی و بدون افزودن مایه کشت آغازگر تولید می‌شود. طول مدت رسیدن در پنیر لیقوان طولانی و حدود ۶-۳ ماه می باشد و طعم ویژه‌ی آن قبل از ۱۲۰ روز رسیدن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تسریع رسیدن در مورد این پنیر می‌تواند مفید باشد. چندین مطالعه در مورد استفاده از افزایش درجه حرارت جهت تسریع رسیدن انواع پنیر صورت گرفته است. Pachlova و همکاران (۲۰۱۱) اثر افزایش درجه حرارت (۱۶°C) را بر روی رسیدن پنیر هلندی مورد بررسی قرار دادند. افزایش درجه حرارت طی دوره‌ی رسیدن، فعالیت پروتئولیتیک میکرو فلور پنیر را حدود دو برابر افزایش داد و محتویات اسیدهای آمینه‌ی آزاد در پنیرهای آزمایشی دو برابر بیشتر از پنیرهای کنترل بود. نتیجه گیری شد که ۶°C افزایش دما می تواند زمان رسیدن را در محل نگهداری پنیر یا سرداب به حدود نصف کاهش دهد. Gaya و همکاران (۱۹۹۰) اثرات بالا بردن درجه حرارت حین زمان رسیدن را بر روی خصوصیات شیمیایی، رئولوژیکی و حسی پنیر Manchego تهیه شده از شیر خام و پاستوریزه مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از هیدرولیز شدیدتر α_{s1} و β – کازئین در پنیر تولیدی از شیر پاستوریزه بود. Hannon و همکاران (۲۰۰۵) اثرات بالا بردن درجه حرارت در طی دوره‌ی رسیدن و طول مدت رسیدن را در طول مراحل اولیه ی رسیدن پنیر چدار ارزیابی کردند. استفاده از درجه حرارت های بالاتر (۱۲، ۲۰ و ۳۰°C) طول مدت رسیدن را حدود دو ماه تسریع کرد. طعم مطلوب در پنیرهای رسیده در دماهای ۲۰°C و ۱۲°C به ترتیب در مدت ۱ و ۶ هفته به دست آمد. تغییرات فیزیکو شیمیایی، پروتئولیز، ریز ساختار، بافت و خصوصیات حسی پنیر لیقوان در طول رسیدن توسط میرزایی و علیقلی نژاد (۱۳۹۰)، Aminifar و همکاران (۲۰۱۴ و ۲۰۱۰) و Shahab Lavasani و همکاران (۲۰۱۱) مورد مطالعه قرار گرفته است. اما در مورد اثر تغییرات درجه حرارت بر روی رسیدن و پروتئولیز پنیر لیقوان مطالعه‌ای انجام نگرفته است. هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی اثر دماهای بالاتر نگهداری، بر روی ترکیب شیمیایی، پروتئولیز و خواص حسی پنیر لیقوان در طول دوره رسیدن ۱۲۰روزه بود.

مواد و روش ها

مواد مورد استفاده جهت تهیه نمونه های پنیر

شیر خام گوسفندی با ویژگی های ذکر شده در جدول۱، از دامداری‌های منطقه لیقوان تبریز، مایه پنیر قارچی مشتق از *Mucor pusillus* از شرکت میتو ژاپن و مواد شیمیایی (با درجه آنالیزی) از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

جدول ۱- خصوصیات شیر مورد استفاده

pH	۶/۶
اسیدیته	٪۰/۱۶
ماده خشک	٪۸/۵
چربی	٪۲/۹
دانسیته	۱/۰۳۱ g/cm^3
نقطه انجماد	۰/۰۵۴°C
تست الکل	منفی

روش تهیه پنیر لیقوان

این تحقیق در یکی از کارگاه‌های پنیرسازی دهکده‌ی کوهستانی لیقوان اجرا گردید. شیر خام گوسفندی از گوسفندداران دهکده‌ی لیقوان خریداری شد. شیر دریافتی پس از عبور از صافی وارد بیدون‌های استیل شده و دمای آن با قرار دادن در داخل بشکه‌های آب سرد تا ۲۸°C کاهش داده شد. سپس طبق عرف محل، مایه پنیر قارچی (۱ گرم به ازای هر ۸۰ لیتر شیر) اضافه شد. ۲ ساعت پس از افزودن مایه پنیر، عمل انعقاد تکمیل شد. دلمه‌ی حاصله بر روی پارچه ی کرباسی که در داخل کانالی پهن شده بود، ریخته و پس از یک ساعت با چاقو برش داده شد. آب پنیر از طریق کانال ها به فاضلاب هدایت شد. دلمه دو بار دیگر با فواصل نیم ساعتی برش داده شد. پس از برش دلمه، کناره‌های کرباس روی سطح بالایی دلمه جمع شده و به مدت ۲ ساعت وزنه‌هایی روی دلمه قرار گرفت (۵ کیلوگرم وزنه به ازای هر ۱۵ کیلوگرم دلمه). دلمه‌ها به وسیله‌ی تخته‌ی برش به شکل مکعب‌هایی با ابعاد ۸/۵ × ۸/۵ × ۵/۸ سانتی متر برش داده شدند. سپس قالب‌های پنیر به مدت ۸ ساعت وارد حوضچه‌ی محتوی آب‌نمک اشباع (۲۲٪) شده و پس از خروج از آب نمک به مدت ۳ روز در تشتک های فلزی قرار داده شدند. جهت تسریع آبگیری به قسمت زیرین و روی پنیرها نمک دانه درشت پاشیده شد. هر ۱۲ ساعت یکبار قالب های پنیر برگردانده و عملیات نمک پاشی تکرار می‌شد. مقدار نمک مصرفی ۲۰۰ گرم به ازای هر ۳۰ کیلوگرم قالب پنیر بود. قالب های پنیر با وزن تقریبی ۳۰۰ گرم در ظروف پلی‌اتیلنی حاوی آب نمک ۱۲٪ پاستوریزه قرار داده شده و درب‌بندی شدند. نمونه های پنیر به ۴ تیمار تقسیم شده و تیمارها دوره‌ی ۱۲۰ روزه‌ی رسیدن را در دماهای ۹، ۱۳ ± ۱°C، ۱۵ ± ۱°C و ۱۹ ± ۱°C سپری کردند. آزمون‌های مربوطه در روزهای ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دوره‌ی نگهداری بر روی تیمارها انجام گرفت.

آزمون های فیزیکوشیمیایی

pH نمونه‌های پنیر طبق روش استاندارد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۶۶)، از طریق فروبردن مستقیم الکترود دستگاه pH متر کالیبره‌ی دیجیتال به داخل بافت پنیر تعیین گردید. رطوبت به وسیله‌ی آون از طریق خشک کردن نمونه‌های پنیر در دمای ۱۰۲ ± ۲° C تا رسیدن به دمای ثابت (IDF,1982)، نمک به روش ولهارد (Marshal,2005) و پروتئین کل به روش کجلدال (IDF, 1993) اندازه‌گیری شدند. ارزیابی پروتئولیز در نمونه های پنیر با اندازه گیری ازت محلول در pH = ۴/۶ با استفاده از روش Kuchroo و Fox (۱۹۸۲)، اصلاح شده توسط Sousa و McSweeney (۲۰۰۱) انجام گرفت.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه های پنیر لیقوان رسیده در دماهای ۹، ۱۳، ۱۵ و ۱۹° C شامل طعم، بو، بافت و پذیرش کلی، بر اساس آزمون هدونیک ۵ نقطه ای، در روز ۱۲۰ ام دوره رسیدن انجام گرفت. برای این منظور تعداد ۲۰ نفر ارزیاب متشکل از ۱۰ زن و ۱۰ مرد با میانگین سنی ۲۳ تا ۴۵ سال بر اساس میزان علاقه مندی و دقت و همچنین آشنایی نسبت به ویژگی های پنیر لیقوان از بین کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورز ی و منابع طبیعی آذربایجان غربی انتخاب شدند. نمونه های پنیر به شکل مکعب‌های ۲۰ گرمی آماده شده و در داخل ظروف پلاستیکی که با کدهای ۳ رقمی کدگذاری شده بودند، قرار گرفته و در دمای ۲۰°C- ۱۸ به همراه آب و بیسکوییت بدون نمک، به ارزیابان عرضه گردیدند. همچنین توضیح حاتی در زمینه نحوه امتیازدهی به ویژگی های نمونه های پنیر به ارزیابان داده شد. نمونه های پنیر از ۰ تا ۵ برای خواص طعم، بو، بافت و پذیرش کلی امتیاز دهی شدند. الگوی امتیازدهی برای طعم (۰= نارس، ۵ = رسیده)، بو (۰= نارس، ۵ = رسیده)، بافت (۰= بسیار بد، ۵= بس یار خوب) و پذیرش کلی (۰= بسیار بد، ۵= بسیار خوب) در نظر گرفته شده بود (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۸).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS- ۱۸ بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد آزمون آماری قرار گرفت. برای تحلیل نتایج داده ها از آنالیز واریانس و جهت مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن و برای ترسیم نمودارها از اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی و pH

جدول ۲، درصد ترکیبات شیمیایی و pH نمونه‌های پنیر لیقوان را در روز اول (قبل از نمک‌زنی) نشان می‌دهد.

جدول ۲- درصد ترکیبات شیمیایی نمونه‌های پنیر لیقوان در روز اول (قبل از نمک‌زنی)

ماده خشک (٪)	رطوبت (٪)	نمک (٪)	PH	چربی (٪)	پروتئین (٪)
۳۶/۸	۶۳/۲	۳/۳۰	۵/۲	۱۲/۹	۱۲/۸۳

میانگین مقادیر pH، ماده خشک، نمک و پروتئین نمونه‌های پنیر نگهداری شده در ۴ دمای مختلف طی ۱۲۰ روز دوره‌ی رسیدن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ - ترکیب شیمیایی نمونه‌های پنیر لیقوان نگهداری شده در ٤ دمای مختلف در طول ۱۲۰ روز دوره‌ی رسیدن

	زمان رسیدن (روز)	درجه حرارت ذخیره‌سازی (C^o) ۹±۱ºC	۱۳±۱ºC	۱۵±۱ºC	۱۹±۱ºC
pH	۳۰	۴/۷۰±۰/۰۴^a	۴/۷۲±۰/۰۸^a	۴/۶۵±۰/۰۷^a	۴/۶۰±۰/۰۴^a
	۶۰	۴/۵۵±۰/۰۶^a	۴/۶۰±۰/۰۸^a	۴/۶۰±۰/۰۸^a	۴/۵۵±۰/۰۴^a
	۹۰	۴/۵۳±۰/۰۴^b	۴/۵۳±۰/۰۲^b	۴/۹۰±۰/۰۷^a	۴/۸۵±۰/۰۸^a
	۱۲۰	۴/۵۰±۰/۰۰^b	۴/۵۰±۰/۰۰^b	۴/۹۴±۰/۰۳^a	۴/۹۶±۰/۱۸^a
ماده خشک	۳۰	۳۶/۹۲±۰/۱۰^b	۳۶/۹۸±۰/۲۳^b	۳۷/۲۵±۰/۰۶^b	۴۲/۶۰±۰/۳۳^a
	۶۰	۳۶/۹۸±۰/۲۱^b	۳۷/۲۲±۰/۳۲^b	۳۷/۸۰±۰/۰۴^b	۴۲/۸۰±۰/۳۲^a
	۹۰	۳۷/۲۵±۰/۱۲^b	۳۷/۴۵±۰/۰۳^b	۳۸/۵۶±۰/۳۴^b	۴۳/۷۲±۰/۱۵^a
	۱۲۰	۳۷/۵۵±۰/۱۶^b	۳۸/۹۰±۰/۳۳^b	۴۱/۲۶±۰/۶۸^b	۵۵/۶۰±۰/۱۲^a
نمک	۳۰	۳/۵۰±۰/۳۵^a	۳/۴۵±۰/۴۰^a	۳/۴۸±۰/۵۰^a	۳/۵۲±۰/۴۴^a
	۶۰	۳/۸۱±۰/۲۲^a	۳/۷۸±۰/۲۸^a	۳/۸۰±۰/۳۴^a	۳/۸۲±۰/۳۰^a
	۹۰	۴/۸۰±۰/۴۲^a	۴/۳۰±۰/۴۰^a	۴/۲۸±۰/۳۵^a	۴/۳۲±۰/۳۸^a
	۱۲۰	۴/۸۰±۰/۳۰^a	۴/۷۸±۰/۳۴^a	۴/۸۰±۰/۴۵^a	۴/۸۱±۰/۳۸^a
پروتئین	۳۰	۱۳/۲۳±۰/۱۶^a	۱۳/۳۳±۰/۲۱^a	۱۳/۱۰±۰/۱۹^a	۱۳/۴۰±۰/۱۰^a
	۶۰	۱۳/۲۷±۰/۲۸^a	۱۳/۳۱±۰/۳۱^a	۱۳/۲۰±۰/۳۵^a	۱۳/۲۵±۰/۱۸^a
	۹۰	۱۳/۱۷±۰/۲۲^a	۱۳/۱۲±۰/۳۶^a	۱۳/۳۰±۰/۱۹^a	۱۳/۱۶±۰/۲۷^a
	۱۲۰	۱۳/۳۳±۰/۳۴^a	۱۳/۲۹±۰/۲۵^a	۱۳/۲۰±۰/۲۹^a	۱۳/۱۵±۰/۳۷^a

حروف غیر مشابه در هر ردیف (مربوط به یک ویژگی شیمیایی) و مربوط به یک روز رسیدن بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می باشد (**P<۰/۰۵**).

pH نمونه‌های پنیر نگهداری شده در هر چهار دما، تا روز ۶۰ ام روند کاهشی داشت و تا روز ۶۰ ام رسیدن اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید. روند کاهشی pH در نمونه‌های پنیر نگهداری شده در دو دمای ۹ و ^{o}C ۱۳ تا روز ۱۲۰ ام ادامه داشت، ولی از روز ۶۰ ام به بعد pH در نمونه های پنیر نگهداری شده در دو دمای ۱۵ و ^{o}C۱۹ افزایش پیدا کرد. در روزهای ۹۰ و ۱۲۰ ام pH نمونه های پنیر نگهداری شده در این دو دما به طور معنی داری ($P<۰/۰۵$) بالاتر از نمونه‌های دیگر بود.

در پایان دوره ی رسیدن بیشترین و کمترین pH به ترتیب مربوط به تیمارهای ذخیره شده در دماهای ۱۹ و ^{o}C۹ بود. کاهش pH یا افزایش اسیدیته‌ی نمونه‌های پنیر درطی ماه‌های اول دوره‌ی رسیدن، ناشی از تکمیل نسبی تخمیر لاکتوز، تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب می باشد. تولید اسیدهای آمینه‌ی آزاد در ماه اول با شدت زیادی ادامه می‌یابد و تولید اسیدهای چرب حتی تا ۹۰ روزگی ادامه پیدا می‌کند. اما با این حال نقش غالب در کاهش pH یا افزایش اسیدیته، مربوط به تولید اسید لاکتیک می‌باشد (Guinee and Fox, 2004.).

میرزایی و علیقلی نژاد (۱۳۹۰) نیز ضمن مطالعه تغییرات ویژگی‌های شیمیایی پنیر لیقوان در طول مراحل تولید و رسیدن، کاهش pH را در طول ۹۰ روز دوره رسیدن پنیر لیقوان گزارش کردند. Psoni و همکاران (۲۰۰۳) نیز خصوصیات میکروبی پنیر سنتی باتزس[1] تولید شده از شیر خام بز را بررسی کرده و کاهش pH را در طول ۱۸۰ روز دوره‌ی ذخیره سازی گزارش کردند.

روند افزایشی pH در پنیرهای رسیده در دماهای ۱۵ و ^{o}C۱۹ را می توان به پروتئولیز شدیدتر در این دماها نسبت داد. تشکیل ترکیبات قلیایی مانند آمونیاک در اثر پروتئولیز شدیدتر، بیشتر بوده که این ترکیبات باعث افزایش pH می گردند (Guinee and Fox, 1993).

Nuñez و همکاران (۱۹۸۵) نیز علت روند صعودی pH در پنیرهای Manchego رسیده در دماهای ۱۵ و ^{o}C۲۰ را به پروتئولیز بالاتر نسبت به نمونه پنیرهای رسیده در دماهای ۵ و ^{o}C ۱۰ نسبت دادند. با گذشت دوره‌ی رسیدن درصد ماده خشک در همه تیمارهای دمایی افزایش یافت. ماده‌ی خشک در نمونه‌های پنیر نگهداری شده در دمای ^{o}C ۱۹در تمام طول رسیدن به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بالاتر از نمونه‌های پنیر نگهداری شده در ۳ دمای دیگر بود. در مورد پنیرهای رسیده در دمای $^{\circ}C$ ۱۹ به علت بالا بودن دمای رسیدن، از دست دادن رطوبت، از ۳ تیمار دیگر بیشتر بوده و از این رو افزایش ماده ی خشک در اثر از دست دادن رطوبت در این دما از شدت بیشتری برخوردار بوده است. در مورد ۳ تیمار دمایی ۹، ۱۳ و ^{o}C۱۵ به علت پایین تر بودن دما در طول دوره ی رسیدن، از دست دادن رطوبت کمتر بوده و روند افزایش درصد ماده ی خشک ملایم تر از تیمار دمایی $^{\circ}C$ ۱۹ بوده است. یکی از عوامل مؤثر در تغییرات ماده ی خشک پنیر در طی دوره‌ی رسیدن، تغییرات رطوبتی می باشد. تغییرات رطوبتی در اثر انتقال رطوبت از مرکز قالب پنیر به سطح و سپس به داخل آب نمک می باشد. پس از اینکه قالب های پنیر در داخل آب نمک قرار گرفتند، یک فرایند انتشار متقابل دینامیکی آغاز می شود. NaCl فشار اسمزی بالایی ایجاد می‌کند به طوری که نمک از محیط به داخل بافت پنیر حرکت می‌نماید، در حالی که آب به بیرون از ماتریکس کازئینی و به داخل آب انتشار پیدا می‌کند Guinee and Fox, 2004). نتایج به دست آمده در این تحقیق در ارتباط با افزایش ماده‌ی خشک با گذشت دوره ی رسیدن، با نتایج تحقیق میرزایی و علیقلی نژاد (۱۳۹۰) که تغییرات ویژگی های شیمیایی پنیر لیقوان را در طول ۹۰ روز رسیدن بررسی کردند، مطابقت دارد. Aminifar و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی پروتئولیز و تشکیل ترکیبات فرار پنیر لیقوان نگهداری شده در دمای ^{o}C۱۰ به مدت ۹۰ روز گزارش کردند که ماده خشک پنیر تا روز ۹۰ ام افزایش پیدا کرده است.

تاثیر دما بر مقدار جذب نمک معنی دار نبود و از نظر درصد نمک در نمونه‌های نگهداری شده در ۴ دمای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. درصد نمک در همه‌ی تیمارها در طول رسیدن افزایش یافت و در انتهای دوره رسیدن در همه‌ی تیمارها نسبت به روزهای ابتدایی به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)

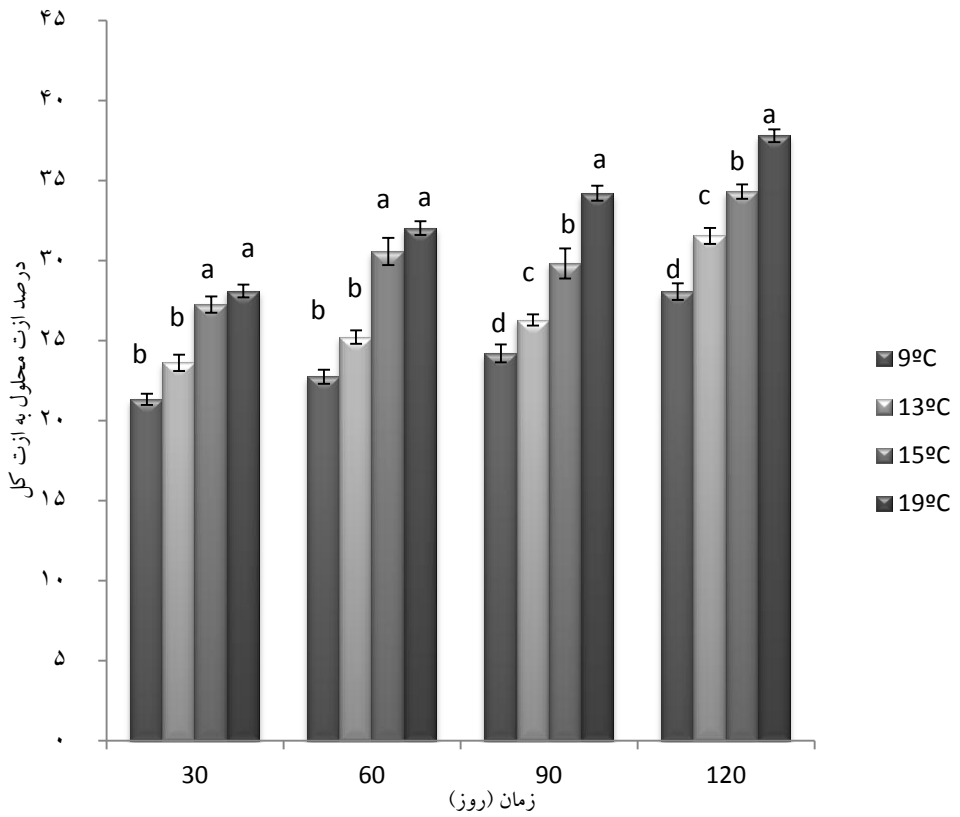
1-Batzos

افزایش پیدا کرد. وقتی پنیر در آب نمک قرار می‌گیرد، به دلیل اختلاف فشار اسمزی بین رطوبت پنیر و آب نمک، مولکول‌های Nacl به صورت یون‌های Cl^- و Na^+ وارد بافت پنیر شده و در نتیجه میزان نمک تا پایان دوره رسیدن افزایش می‌یابد. میرزایی و علیقلی نژاد (۱۳۹۰)، Aminifar و همکاران (۲۰۱۴)، Shahab Lavasani و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش در صد نمک را با گذشت زمان در طول ۹۰ روز دوره رسیدن پنیر لیقوان گزارش کردند.

تأثیر دما بر مقدار پروتئین معنی‌دار نبود و نمونه‌های پنیر نگهداری شده در ۴ دمای ۹، ۱۳، ۱۵ و ۱۹°C اختلاف معنی‌داری را از نظر درصد پروتئین در طول ۱۲۰ روز دوره‌ی رسیدن نشان ندادند.

تغییرات ازت محلول در طی دوره‌ی رسیدن

سطوح ازت محلول در pH = ۴/۶ به صورت درصدی از ازت کل در طول ۱۲۰ روز دوره ی رسیدن در شکل ۱ نشان داده شده است. درصد ازت محلول در pH = ۴/۶ به ازت کل یکی از شاخص‌های رسیدن پنیر است و عمدتاً توسط رنت و پلاسمین تولید می‌گردد (Molina *et al*., 1999).



شکل ۱ - درصد تغییرات ازت محلول به ازت کل در تیمارهای مختلف در طول ۱۲۰ روز رسیدن

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می گردد، نسبت ازت محلول به ازت کل (شاخص پروتئولیز و فاکتور رسیدن) در همه‌ی نمونه‌های پنیر نگهداری شده در دماهای مختلف در طول ۱۲۰ روز دوره‌ی رسیدن افزایش یافت، ولی سرعت افزایش آن در نمونه‌های پنیر نگهداری شده در دمای C ° ۱۹ بیشتر از ۳ تیمار دیگر بود. در تمام طول دوره‌ی رسیدن، مقادیر ازت محلول در pH = ۴/۶ در نمونه‌های پنیر نگهداری شده در دماهای C ° ۱۹ و C ° ۹ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در روزهای ۳۰ و ۶۰ ام دوره ی رسیدن مقدار این شاخص در تیمارهای دمایی ۱۵ و C ° ۱۹ به طور معنی داری (P<۰/۰۵) بالاتر از دو تیمار دیگر بود. در روزهای ۶۰ و۱۲۰ ام دوره‌ی رسیدن، بین هر ۴ تیمار از نظر این شاخص اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده گردید و نمونه‌های پنیر ذخیره شده در دمای C ° ۱۹ به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) دارای ازت محلول بیشتری نسبت به ۳ تیمار دیگر بودند.

عواملی که باعث رسیدن پنیرمی شوند عبارتند از: مایه پنیر باقی مانده در پنیر، آنزیم های مایه کشت میکروبی، میکروفلورثانوی و آنزیم های طبیعی شیر به ویژه پروتئازها و لیپازها. با توجه به اینکه فعالیت آنزیمی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها با بالا رفتن دما، افزایش می یابد، لذا شدت پروتئولیز نیز با افزایش دمای رسیدن، سرعت بیشتری می یابد. بنابراین در تمام طول رسیدن، شدت پروتئولیز در تیمارهای رسیده در دو دمای ۱۵ و C ° ۱۹ نسبت به دماهای ۹ و C ° ۱۳ بیشتر بود. Aminifar و همکارن (۲۰۱۰) و Shahab Lavasani و همکاران (۲۰۱۲) طی مطالعه‌ی تغییرات فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی پنیر لیقوان، افزایش درصد ازت محلول در pH = ۴/۶ را در طول ۹۰ روز رسیدن گزارش کردند. Tarakci و Kucukoner (۲۰۰۶) در بررسی پروتئولیز پنیر ترکی Kashar افزایش این شاخص را در طول ۹۰ روز رسیدن گزارش کردند. نتایج به دست آمده از اندازه گیری ازت محلول در pH = ۴/۶ در تحقیق حاضر، با گزارش Gaya و همکاران (۱۹۹۰) و Folkertsma و همکاران (۱۹۹۶) مطابقت دارد. Gaya و همکاران (۱۹۹۰) گزارش نمودند که مقادیر ازت محلول در pH = ۴/۶ در پنیرهای Manchego تولید شده از شیر خام، پس از ۴ ماه رسیدن در دمای C ° ۱۶، به طور معنی داری (P<۰/۰۵) بیشتر از مقدار این شاخص در نمونه پنیر کنترل نگهداری شده در دمای C ° ۸ بود. Folkertsma و همکاران (۱۹۹۶) نیز ضمن بررسی تسریع رسیدن پنیر چدار در درجه حرارت های بالاتر، نتیجه گیری کردند که ازت محلول در pH = ۴/۶ با افزایش درجه حرارت رسیدن به ۱۲ یا C ° ۱۶ نسبت به نمونه‌های رسیده در دمای C °۸ به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد.

ارزیابی حسی نمونه های پنیر

نتایج ارزیابی حسی شامل طعم، عطر، بافت و پذیرش کلی تیمارهای پنیر لیقوان در روز ۱۲۰ ام رسیدن در جدول ۲ نشان داده شده است. نمودار مربوطه نیز در شکل ۲ قابل رؤیت است. اثر دما بر خواص حسی نمونه‌های پنیر معنی دار بود و بین تیمارهای مختلف پنیر از نظر ویژگی‌های حسی تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده گردید. از نظر طعم، بو، بافت و پذیرش کلی، نمونه های پنیر نگهداری شده در دمای C°۱۵ اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) با سایر نمونه‌های پنیر داشتند و بیشترین امتیازات ویژگی های حسی را به خود اختصاص دادند. از نظر ویژگی بافت بین تیمارهای نگهداری شده در دماهای ۱۳ و C °۱۵ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در نمونه‌های پنیر نگهداری شده در دمای C °۱۹ به علت ایجاد طعم تلخ ناشی از تولید پپتیدهای تلخ و بافتی نرم در اثر پروتئولیز بالا، امتیازات مربوط به طعم، عطر، بافت و پذیرش کلی به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) پایین‌تر از سایر تیمارهای دمایی بود. امتیازات پذیرش کلی در نمونه‌های نگهداری شده در دماهای ۹، ۱۳، ۱۵ و C°۱۹ به ترتیب ۳/۱۰، ۳/۶۰، ۴/۸۰ و ۲/۵۰ بودند. بعد از تیمار دمایی C°۱۵، بیشترین امتیازات ویژگی های حسی به تیمار C °۱۳ تعلق گرفت و بین این تیمار و تیمارهای دیگر از نظر امتیازات حسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). پنیرهای رسیده در دمای C°۹ به علت پروتئولیز پایین‌تر دارای شدت عطر و طعم پایین‌تر بودند.

جدول ٤- ویژگی‌های حسی تیمارهای مختلف پنیر لیقوان در روز ۱۲۰ ام دوره رسیدن

	ویژگی های حسی			
دمای نگهداری(C^o)	طعم	بو	بافت	پذیرش کلی
۹	۳/۱۰±۰/۵۷^{c}	۳/۳۳±۰/۵۷^{c}	۳/۸۰±۰/۵۷^{b}	۳/۱۰±۰/۵۷^{c}
۱۳	۳/۸۰±۰/۵۷^{b}	۳/۹۰±۰/۵۷^{b}	۴/۳۰±۰/۵۰^{a}	۳/۶۰±۰/۵۷^{b}
۱۵	۴/۶۰ ±۰/۵۰^{a}	۴/۵۰±۰/۵۷^{a}	۴/۷۵±۰/۵۷^{a}	۴/۸۰±۰/۵۷^{a}
۱۹	۳/۰۰ ±۰/۵۷^{c}	۳/۲۵±۰/۵۷^{c}	۳/۰۰±۰/۵۰^{c}	۲/۵۰±۰/۵۰^{d}

حروف غیر مشابه در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار ($P<$ ۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف می باشد.

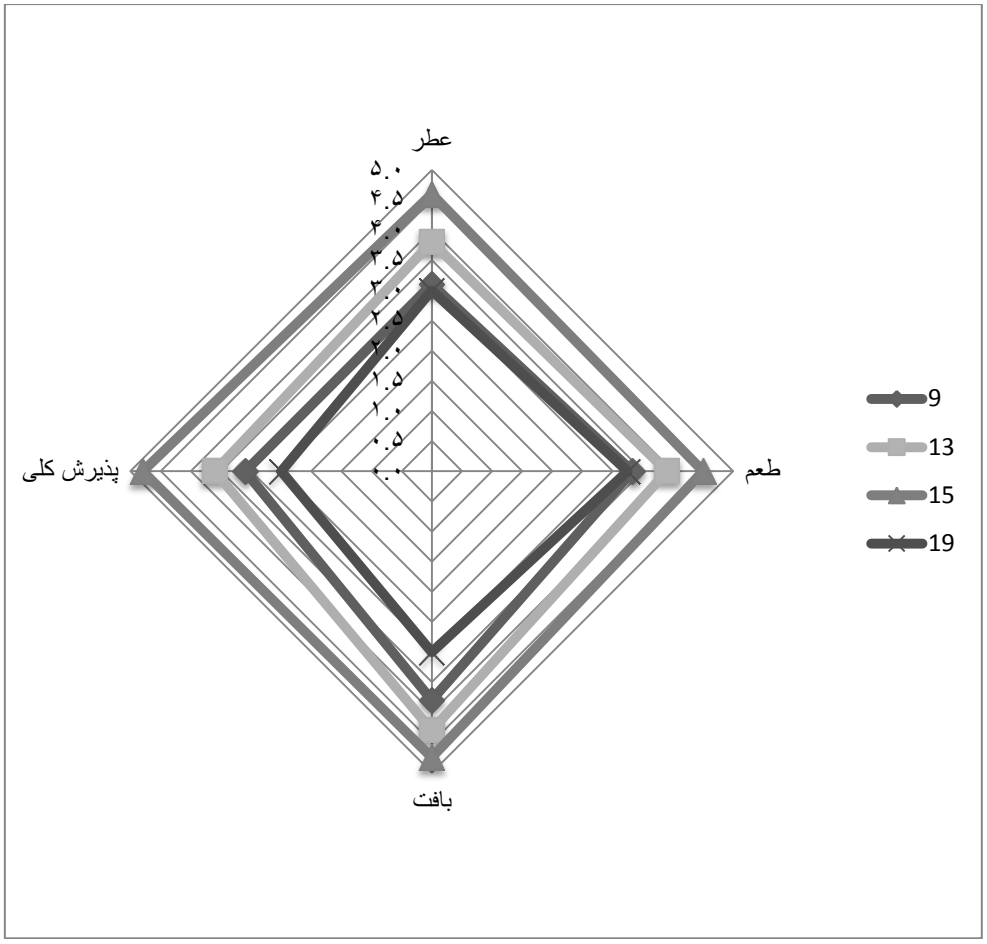
با پیشرفت پروتئولیز، ترکیباتی با وزن مولکولی پایین شامل پپتید ها و اسید های آمینه آزاد ایجاد می گردند، که این ترکیبات نقش مهمی را در بو و مزه ی پنیر ایفا می کنند (Sihufe et al., 2006). در دماهای پایین‌تر، شدت پروتئولیز و در نتیجه تولید ترکیبات مولد بو و مزه، کمتر می باشد. بنابراین طبیعی است که در پنیرهای رسیده در دماهای $9C^o$، تولید مواد مولد بو و مزه که باعث طعم مخصوص پنیر می گردد، کمتر بوده و امتیاز کمتری را کسب کردند. از طرفی در تیمار $19C^o$ به علت شدت پروتئولیز بالاتر، تولید پپتیدهای تلخ و نرم شدن بافت بیش از حد بود و بنابراین کمترین امتیازات ویژگی‌های حسی به این تیمار تعلق گرفت.

توصیه ی ترویجی

افزایش درجه ی حرارت رسیدن، روش مناسبی جهت کاهش طول مدت رسیدن و کاهش هزینه های تولید و انبارداری پنیر می‌باشد. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق دمای مناسب جهت تسریع در رسیدن بدون ایجاد معایب بافتی و حسی و کاهش راندمان، استفاده از درجه حرارت 15 ± 1^oC می باشد. استفاده از دماهای بالاتر به علت ایجاد معایب بافتی و حسی در تسریع رسیدن این پنیر توصیه نمی‌شود.

سپاسگزاری

از مؤسسه‌ی تحقیقات علوم دامی کشور به جهت تأمین بودجه اجرای این طرح پژوهشی تشکر و قدردانی می شود.



شکل ۲ - ارزیابی حسی در تیمارهای مختلف پنیر لیقوان در روز ۱۲۰ ام دوره‌ی رسیدن

منابع

میرزایی، ح.و علیقلی نژاد، ع. (۱۳۹۰). مطالعه تغییرات ویژگی های شیمیایی پنیر لیقوان در طول مراحل تولید و دوره رسیدن. مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، دوره ۲، شماره ۵، پیاپی ۱۸. صفحات ۱۱۶۸- ۱۱۶۱.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۶۶). روش تعیین اسیدیته کل و pH در پنیر، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۵۲ .

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۷۸). روش ارزیابی حسی پنیر، استاندارد ملی ایران، شماره ۴۹۳۸.

Aminifar, M., Hamedi, M., Emam-Djomeh, Z. and Mehdinia, A. (2014). Investigation on proteolysis and formation of volatile compounds of Lighvan cheese during ripening. Jornal of Food Science and Technology, 51(10):2454–2462.

Aminifar, M., Hamedi, M., Emam-Djomeh, , Z. and Mehdinia, A. (2010). Microstructural, Compositional and textural properties during ripening of Lighvan Cheese, a traditional raw sheep cheese. Journal of Texture Studies, 41: 579–593.

Folkertsma, B., Fox, P.F. and McSweeney, P.L.H. (1996). Accelerated Ripening of Cheddar Cheese at Elevated Temperatures. International Dairy Journal, 6: 1117-1134.

Fox, P.F., Wallace, J.M., Morgan, S., Lynch, C.M., Nil, E.J. and Tobin, J. (1996). Acceleration of cheese ripening. Antonie van Leeuwenhoek, 70:271-297.

Gaya, P., Medina, M., Rodriguez-Marin, M.A. and Nunez, M. (1990). Accelerated Ripening of Ewes' Milk· Manchego Cheese: The Effect of Elevated Ripening Temperatures. Journal of Dairy Science, 73: 26-32.

Grappin R., Rank T.C. and Olson N.F. (1985). Primary proteolysis of cheese proteins during ripening: a review, Journal of Dairy Science, 68: 531– 540.

Guinee, T.P., and Fox, P.F. (2004). Salt in cheese: Physical, Chemical and biological aspects, In PF. Fox (Ed.), Cheese: chemistry, physics and microbiology, Third edition, general aspects(Vol. 1, pp. 207–259). London: Chapman and Hall.

Guinee, T.P., and Fox, P.F. (1993). In PF. Fox (Ed.), Cheese: chemistry, physics and microbiology, general aspects (Vol. 1,pp. 257–302). London: Chapman and Hall.

Hannon, J. A., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., Wallace, J. M., Morrissey, P. A. and Beresford, T. P. (2005). Application of descriptive sensory analysis and key chemical indices to assess the impact of elevated ripening temperatures on the acceleration of Cheddar cheese ripening. International Dairy Journal, 15: 263–273.

IDF. (1993). Determination of nitrogen content, standard 20B. Brussels, Belgium: International Dairy Federation.

IDF. (1982). Determination of the total solid content (cheese and processed cheese). IDF Standard 4a, Int Dairy Fed., Brussels, Belgium.

Kuchroo, C.N. and Fox. P.F. (1982). Soluble nitrogen in cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. Milchwissenschaft, 37:331–335.

Marshall, T.R. (2005). Standard methods for the examination of dairy products(450 pp.). Washington, DC: American Public Health Association.

McSweeney, P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening: Introduction and overview, In P.F. Fox (Ed.), Cheese: chemistry, physics and microbiology, Third edition, general aspects (Vol. 1, pp. 347–360). London: Chapman and Hall.

Molina, E., Ramos, M., Alonso, L., and Lopez-Fandino, R. (1999). Contribution of low molecular weight water soluble compounds to the taste of cheeses made of cows, ewe's and goat's milk International Dairy Journal, 9: 613-621.

Nuñez, M., Gaya, P. and Medina, M. (1985). Influence of Manufacturing and Ripening Conditions on the Survival of Enterobacteriaceae in Manchego Cheese. Journal of Dairy Science, 68:794-800.

Pachlova, V., Bunˇ ka, F., Bunˇkova, L., Weiserova, E., Budinsky´, P. and Zˇaludek, M. (2011). The effect of three different ripening/storage conditions on the distribution of selected parameters in individual parts of Dutch-type cheese. International Journal of Food Science and Technology, 46: 101–108.

Psoni, L., Tzanetakis, N. and Litopoulou-Tzanetaki, E. (2003). Microbiological characteristics of batzos, a traditional Greek cheese from raw goat's milk. Food Microbiology, 20: 575-582.

Shahab Lavasani, A., Ehsani, M.R., Mirdamadi, S. and Ebrahimzadeh Mousavi, M.A. (2011). Changes in physicochemical and organoleptic properties of traditional Iranian cheese Lighvan during ripening. International Journal of Dairy Technology, 65: 64-70.

Sihufe, G.A., Zorrilla, S.E. and Rubiolo, A.C. (2006). Secondary proteolysis of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine and ripened at various temperatures. Food Chemistry, 96: 297-303.

Sousa, M.J. and McSweeney, P.L.H. (2001). Studies on the ripening of Cooleeney, an Irish farmhouse Camembert-type cheese, Irish Journal of Agriculture Food Research, 40: 83–95.

Tarakci, Z., and Kucukoner, E. (2006). Changes in physicochemical, lipolysis and proteolysis of vacuum-packed Turkish Kashar cheese during ripening. Journal of Central European Agriculture, 7: 459–469.