

بررسی اثرات دمای تخمیر و دو مخمر ساکارومایسس بر ویژگی‌های ماءالشعیر

شیرین مال گنجی^۱، آرمان جلیلوند^۲، سارا شهراب وندی^۳

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد خوارسگان (اصفهان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- کمیته تحقیقات دانشجویان، انتستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- نویسنده‌ی مسئول: استادیار گروه تحقیقات صنایع غذایی، انتستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: sohrabv@sbmu.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: ماءالشعیر بدون الکل از جمله نوشیدنی‌های سلامت‌بخش و محبوب در سراسر جهان است و می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای نوشابه بهشمار آید. با توجه به اهمیت این نوع نوشیدنی، هدف تحقیق حاضر بررسی اثرات مشترک دمای تخمیر و مخمرهای ساکارومایسس سره‌ویسیه و ساکارومایسس روكسی‌بی بر ویژگی‌های ماءالشعیر بدون الکل است.

مواد و روش‌ها: ابتدا عمل تخمیر ماءالشعیر با استفاده از مخمر ساکارومایسس سره‌ویسیه طی ۴۸ ساعت در دو دمای ۲۴°C و ۱۲°C انجام شد سپس در ساعت ۴۸ام تخمیر دو سویه مخمر (ساکارومایسس روكسی‌بی ۲۵۳۱ و ساکارومایسس روكسی‌بی ۲۵۳۵) به درون ماءالشعیر (پس از غیرفعال کردن مخمر ساکارومایسس سره‌ویسیه توسط فرایند حرارتی) تلخیق شدند و میزان افت pH و گرانش و مقدار اتانول مورد بررسی قرار گرفت. در پایان دوره تخمیر، میزان غلظت استالدئید، دی استیل و ۲-۳ پنتان دی‌أن و خواص حسی نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: بیشترین نرخ افت pH و گرانش در نمونه‌های تخمیری ساکارومایسس سره‌ویسیه مربوط به دمای ۲۴°C بود. میزان اتانول در تیمارهای تخمیری ساکارومایسس روكسی‌بی در دمای ۲۴°C از ساعت ۴۸ام به بعد، به طور چشمگیر کاهش یافت. غلظت مواد فرار و هم‌چنین ارزیابی حسی در تیمارهای دارای ساکارومایسس سره‌ویسیه، به ترتیب کمتر و بهتر بود.

نتیجه‌گیری: هرچند تولید ماءالشعیر رایج با استفاده از مخمر س. سره‌ویسیه در دمای تخمیر ۲۴°C، به دلیل توانایی این مخمر در کاهش میزان ترکیبات فرار عامل بدطعمی و قیمت مناسب است ولی به منظور تولید ماءالشعیر بدون الکل استفاده توام س. سره‌ویسیه/ س. روكسی‌بی در دمای ۲۴°C پیشنهاد می‌شود.

وازگان کلیدی: اتانول، ساکارومایسس، ماءالشعیر، مخمر

مقدمه

الکل در کشورهای مختلف، یکسان نیست. به عنوان مثال، بیشینه مقدار اتانول ماءالشعیر بدون الکل در کشورهای عربی باید کمتر از ۰/۱٪ (V/V) باشد این موضوع در حالی است که میزان اتانول در کشورهای انگلستان، آلمان، هلند و ایران کمتر از ۰/۵٪ تعريف شده است (۱-۳). بنابراین اصطلاح "تقرباً عاری از الکل" زمانی می‌تواند استفاده شود که میزان اتانول بین ۰/۰۵-۰/۰۵٪ (V/V) باشد (۴).

از آن‌جا که مصرف نوشیدنی‌های الکلی از دو جنبه فردی (اثرات ضدسلامتی) و اجتماعی جنجال برانگیز بوده و در کشورهای اسلامی استفاده از این نوع نوشیدنی‌ها منوع است، بنابراین تولید ماءالشعیر بدون الکل با خواص حسی مطلوب اهمیت پیدا می‌کند (۵، ۶، ۱۱، ۱۲).

ماءالشعیر یک نوشیدنی محبوب است که در سراسر جهان مصرف می‌شود. محبوبیت این نوشیدنی ناشی از طعم و ویژگی‌های حسی مطلوب و نیز قیمت کمتر آن در مقایسه با سایر نوشیدنی‌ها است (۱). گزارشات نشان می‌دهد اغلب ماءالشعیرهای تولید شده در دنیا حاوی ۳-۶٪ (V/V) اتانول هستند (۲). با این حال ماءالشعیر را با توجه به محتوای اتانول آن‌ها می‌توان به سه دسته کم الکل (حدود ۲-۳٪)، متوسط (حدود ۵٪ اتانول) و زیاد (حدود ۱۲-۱۶٪ اتانول) تقسیم کرد (۴). در سال‌های اخیر سهم بازار در راستای تولید ماءالشعیر کم الکل و بدون الکل رو به افزایش است. به طور کلی، میزان اتانول در ماءالشعیرهای کم الکل کمتر از ۰/۲۵٪ (V/V) است. تعريف استاندارد ماءالشعیر بدون

(۱۴). میزان دی استیل و ۲ و ۳ پنتان دی ان با استفاده از گاز کروماتوگرافی (Thermo Electron Scientific Instrument) مجهز به آشکارساز جذب الکترون و فضای خالی خودکار دریچه تزریق با توجه به روش ماتیس و همکاران اندازه گیری شد (۱۵).

ارزیابی حسی: از ارزیابهای آموزش دیده به منظور ارزیابی حسی استفاده شد. چند زوج از تیمارها با استفاده از آزمون مقایسه دوتایی به صورت رشتهدی مورد مقایسه قرار گرفتند (۱۶). تیمارها شامل دو گروه زیر بودند:

الف. س. سره‌ویسیه ۷۰۲۴ / س. روکسی بی ۲۵۳۵ در ۱۲°C

با س. سره‌ویسیه ۷۰۲۴ / س. روکسی بی ۲۵۳۱ در ۱۲°C

ب. س. سره‌ویسیه ۷۰۲۴ / س. روکسی بی ۲۵۳۵ در ۲۴°C

با س. سره‌ویسیه ۷۰۲۴ / س. روکسی بی ۲۵۳۱ در ۲۴°C

پس از ارزیابی تیمارهای یاد شده، تیمار مطلوب به منظور مقایسه با تیمارهای تخمیری با مخمر س. سره‌ویسیه در دو دمای ۲۴°C و ۱۲ انتخاب شد. شاخصهای مقایسه شامل جافتادگی طعم (Flavor maturity/fullness)، پذیرش کلی ماءالشعیر (Overall acceptability) و بوی نامطلوب (Taint) بودند (۱۶).

آنالیز آماری: آزمایشات در سه تکرار انجام شد و تفاوت معنی دار بین میانگین ها با استفاده از ANOVA (نرم افزار Minitab) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها

سینتیک افت pH در طی دوره تخمیر: جدول ۱ نشان دهنده شاخصهای سینتیکی افت pH در تیمارها طی ۹۶ ساعت تخمیر در دوره های زمانی ۲۴ ساعته است. بر اساس جدول ۱، مستقل از ترکیب مخمری مورد استفاده، بیشترین سرعت های افت pH طی دوره تخمیر در تیمارهای تخمیر شده در دمای ۲۴°C در قیاس با تیمارهای تخمیر شده در ۱۲°C مشاهده می شود ($p < 0.05$). نیز بیشترین سرعت افت pH میان تمامی تیمارها به انواع دارای س. سره‌ویسیه تخمیر شده در دمای ۲۴°C مرتبط است. این موضوع در حالی است که بیشترین سرعت کاهش pH در گذر از ساعت ۲۴ به ۴۸ تخمیر در تیمارهای تخمیر شده در دمای ۱۲°C و از ساعت ۰ تا ۲۴ تخمیر در تیمارهای تخمیر شده در دمای ۲۴°C مشاهده می شود. در تیمارهای دارای مخمر س. روکسی بی، از ساعت ۴۸ تخمیر به بعد،

متعددی برای تولید صنعتی ماءالشعیر بدون الكل به کار گرفته شده است که دو روش حذف اتانول محصول و تخمیر محدود شده از جمله مهم ترین این روش ها هستند. محدود کردن تخمیر الكلی می تواند با استفاده از مخمرهای ویژه و توقف عملیات تخمیر به وسیله ترکیبات گوناگون و یا عوامل موثر در فرایند انجام پذیرد. لازم به یادآوری است تنها روش اخیر مورد تایید دین مقدس اسلام است (۱۳، ۱۴، ۱۵).

شواهد نشان می دهند از آن جا که گونه ساکارومایسیس روکسی بی قادر به استفاده کارآمد از قند مالتوز (بیشترین قند قابل تخمیر در ورت) نبوده می تواند به عنوان تولید کننده ضعیف اتانول در محیط ورت به شمار آید (۱۶). ساکارومایسیس روکسی بی قادر به کاهش اتانول در محیط های محتوای کم قند است (۷). بنابراین، مطالعه حاضر به بررسی تاثیر به کارگیری مرحله ای مخمر ساکارومایسیس سره‌ویسیه و دو سویه مخمر ساکارومایسیس روکسی بی بر میزان اتانول، مواد طعم زای نامطلوب و خواص حسی ماءالشعیر بدون الكل می پردازد.

مواد و روش ها

طرح آزمایش: در ابتدا مخمر ساکارومایسیس سره‌ویسیه (DSMZ, Braunschweig, Germany) به درون ورت تهیه شده از شرکت بهنوش تلقیح شد و فرایند تخمیر در دو دمای ۲۴°C و ۱۲ به مدت ۴۸ ساعت انجام پذیرفت (۱۷). سپس سلول های مخمر ساکارومایسیس سره‌ویسیه با اعمال فرایند حرارتی (دمای ۸۵°C و ۱۰ دقیقه) غیرفعال شدند و پس از خنک شدن نمونه ها، افزودن دو سویه مخمر ساکارومایسیس روکسی بی ۲۵۳۱ و ۲۵۳۵ DSM در تعداد تقریبی 10^7 cfu/ml انجام پذیرفت. عملیات تخمیر تا ۴۸ ساعت در دمای ۲۴°C و تا ۹۶ ساعت در دمای ۱۲°C داشت. سپس شاخصهای افت pH، گرانش ورت و مقدار اتانول در دوره های زمانی ۲۴ ساعته از تخمیر و غلظت های استالدئید، دی استیل، ۲ و ۳ پنتان دی ان و ارزیابی حسی تیمارها در پایان دوره تخمیر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

آنالیزهای شیمیایی: اتانول و گرانش ماءالشعیر با استفاده از دستگاه آنالایزر دیجیتالی ماءالشعیر (Anton Par, Austria) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ارزیابی pH ورت و ماءالشعیر با استفاده از pH متر (MA 235, Mettler, Switzerland) وسیله گاز کروماتوگرافی (Thermo Electron Scientific Instrument Division, Dreieich, Germany) انجام پذیرفت.

در تیمار تخمیرشده در دمای 24°C در قیاس با تیمار تخمیرشده در دمای 12°C بیشتر است.

جدول ۴ نمایان گر خاصیت اتانول-کاهش دو سویه س. روکسی یی است. بیشترین سرعت کاهش اتانول در تیمارهای حاوی س. روکسی یی 2535 تخمیرشده در 24°C (کاهش از $1/56\%$ تا $1/036\%$) و حاوی س. روکسی یی 2531 تخمیرشده در 24°C (کاهش از $1/56\%$ تا $1/040\%$) مشاهده می‌شود. در تیمارهای تخمیرشده فقط با س. سرهویسیه 24°C و 12°C ، مقدار اتانول در پایان 96 ساعت تخمیر، به ترتیب 275 و 191 ٪ (حجمی) بود (جدول ۳). در مقابل، در تمامی تیمارهای دارای س. روکسی یی (تخمیرشده در 12°C یا 24°C)، مقدار اتانول به طور چشمگیر تا پایان دوره نگهداری یخچالی کاهش می‌یابد.

pH به طور قابل ملاحظه کمتر در مقایسه با تیمارهای فقط دارای مخمر س. سرهویسیه افت می‌کند.

سینتیک افت گرانش ورت طی تخمیر: مراجعه به جدول ۲ آشکار می‌سازد تا پایان دوره تخمیر، گرانش ورت با شبیه به تدریج کمتر (به سبب کاهش سرعت رشد و در نتیجه، کاهش سرعت مصرف قند) نزول می‌کند. بیشترین سرعت‌های افت گرانش ورت در تیمارهای فقط دارای مخمر س. سرهویسیه مشاهده می‌شود.

مقدار اتانول در طی تخمیر: مطابق با جدول ۳، تا ساعت 148 تخمیر، تولید مقدار اتانول به طور اساسی تابع دمای تخمیر است. به عبارت دیگر، میزان اتانول به طور معنی دار

جدول ۱. تغییرات افت pH در تیمارهای مختلف طی تخمیر

افت pH طی زمان های (ساعت) مختلف تخمیر

						تیمارها
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	.		
۳/۷۵	۳/۷۹	۳/۸۷	۳/۹۲	۴/۴		س. سرهویسیه- 24°C
۳/۸۷	۳/۸۸	۳/۹۰	۳/۹۲	۴/۴		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $24^{\circ}\text{C}-2535$
۳/۸۷	۳/۸۹	۳/۹۰	۳/۹۸	۴/۴		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $24^{\circ}\text{C}-2531$
۳/۹۹	۴/۰۱	۴/۰۹	۴/۳۰	۴/۴		س. سرهویسیه- 12°C
۴/۰۸	۴/۰۹	۴/۱۱	۴/۲۹	۴/۴		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $12^{\circ}\text{C}-2535$
۴/۰۸	۴/۱۰	۴/۱۳	۴/۳۱	۴/۴		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $12^{\circ}\text{C}-2531$

جدول ۲. تغییرات افت گرانش (درجه پلاتو) در تیمارهای مختلف طی تخمیر

افت گرانش (درجه پلاتو) طی زمان های (ساعت) مختلف تخمیر

						تیمارها
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	.		
۴/۰	۴/۳۰	۴/۷۰	۵	۶		س. سرهویسیه- 24°C
۴/۶۰	۴/۶۰	۴/۷۰	۵	۶		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $24^{\circ}\text{C}-2535$
۴/۶۰	۴/۷۵	۴/۷۰	۵	۶		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $24^{\circ}\text{C}-2531$
۴/۴۰	۴/۵۰	۴/۹۳	۵/۴۸	۶		س. سرهویسیه- 12°C
۴/۶۰	۴/۷۰	۴/۹۳	۵/۴۸	۶		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $12^{\circ}\text{C}-2535$
۴/۶۰	۴/۷۵	۴/۹۳	۵/۴۸	۶		س. سرهویسیه/ س. روکسی یی- $12^{\circ}\text{C}-2531$

جدول ۳. تغییرات میزان اتانول در تیمارهای مختلف طی تخمیر

درصد اتانول (حجمی) طی زمان های (ساعت) مختلف تخمیر					تیمارها
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	.	
۲/۷۵	۲/۶	۱/۵۶	۰/۵	.	س. سرهویسیه - ۲۴°C
۰/۳۶	۰/۴	۱/۵۶	۰/۵	.	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۲۴°C - ۲۵۳۵
۰/۴۰	۰/۹	۱/۵۶	۰/۵	.	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۲۴°C - ۲۵۳۱
۱/۹۱	۱/۶	۱	۰/۴	.	س. سرهویسیه - ۱۲°C
۰/۱	۰/۲۵	۱	۰/۴	.	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۱۲°C - ۲۵۳۵
۰/۳	۰/۶	۱	۰/۴	.	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۱۲°C - ۲۵۳۱

جدول ۴. اثر اتانول - کاهی سویه‌های س. روکسی بی در انواع تیمارها طی تخمیر*

نرخ کاهش مقدار اتانول		کاهش مقدار اتانول	درصد اتانول	درصد اتانول (حجمی)	تیمارها
اتانول / روز)	از ساعت ۴۸ تا	از ساعت ۹۶ تا	در ساعت ۹۶	در ساعت ۴۸	
ساعت			در ساعت	در ساعت	
^c ۰/۲۲		^c ۰/۸۸	۰/۱۵	۱/۰۳	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۱۲°C - ۲۵۳۵
^a ۰/۳۲		^a ۱/۲۹	۰/۲۷	۱/۵۶	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۲۴°C - ۲۵۳۵
^{cd} ۰/۲۰		^{cd} ۰/۷۸	۰/۲۵	۱/۰۳	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۱۲°C - ۲۵۳۱
^{ab} ۰/۳۰		^{ab} ۱/۲۰	۰/۳۶	۱/۵۶	س. سرهویسیه / س. روکسی بی - ۲۴°C - ۲۵۳۱

* میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند، به طور معنی‌دار با یکدیگر متفاوتند ($p < 0.05$).

۳. س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۵ (۲۴°C) $<$ س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۵ (۱۲°C) ($p < 0.05$)

۴. س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ -۷۰۴۲۴ س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۵ (۲۴°C) \leq س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۵ (۲۴°C)

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد پذیرش کلی تیمارهای حاوی فقط س. سرهویسیه، به‌طور معنی‌دار بیشتر از تیمارهای دارای سویه‌های س. روکسی بی است و میان دو تیمار دارای س. روکسی بی - ۲۵۳۵ و س. روکسی بی - ۲۵۳۱ تخمیرشده در دماهای یکسان ۱۲ (۲۴°C) یا ۱۲ (۱۲°C) تفاوت حسی معنی‌دار وجود ندارد. در مقابل، تیمارهای دارای س. روکسی بی تخمیرشده در ۱۲°C در مقایسه با تیمار تخمیرشده در ۲۴°C، بدبویی بیشتر و پذیرش کلی کمتر را نتیجه می‌دهد. در تیمارهای حاوی س. روکسی بی تخمیرشده در ۱۲°C، غلظت استالدئید بالاتر از آستانه چشایی آن است. از این‌رو، بدبویی آلدئیدی (ورتی) در ماء‌الشعیر ارزیابی حسی شده، مشهود است. اگرچه این بدبویی در تیمارهای دارای س. روکسی بی تخمیرشده در دمای ۲۴°C محسوس است، اما به‌طور معنی‌دار کمتر از تیمارهای مشابه تخمیرشده در دمای ۱۲°C تشخیص داده می‌شود.

غلظت استالدئید، دی استیل و ۲-پنتان‌دی‌آن در پایان دوره تخمیر: جدول ۵ نشان‌دهنده غلظت‌های استالدئید، دی استیل و ۲-پنتان‌دی‌آن در تیمارهای گوناگون در پایان دوره تخمیر است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، غلظت این ترکیبات در تیمارهای دارای فقط مخمر س. سرهویسیه در مقایسه با انواع دارای مخمر س. روکسی بی به طور معنی‌دار کمتر است. غلظت ترکیبات یادشده در تیمارهای تخمیرشده در دمای ۲۴°C در قیاس با تیمارهای تخمیرشده در دمای ۱۲°C به‌طور معنی‌دار کمتر است.

مقایسه‌های حسی دوتایی میان تیمارها در پایان دوره تخمیر: جدول ۶ نشان‌دهنده آزمون مقایسه دوتایی به صورت رشته‌ای (پی در پی) در پایان دوره تخمیر است. مطابق با این جدول، نتایج حاصل از این رشته- مقایسه‌ها به شرح زیر است:

۱. س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۵ (۱۲°C) = س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۱ (۱۲°C) ($p < 0.05$)

۲. س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۵ (۲۴°C) = س. سرهویسیه /۷۰۴۲۴ س. روکسی بی - ۲۵۳۱ (۲۴°C) ($p < 0.05$)

جدول ۵. غلظت‌های ترکیبات فرار شامل استالدئید، دی استیل و ۲ و ۳ پنتان دی‌آن در تیمارهای مختلف

تیمارها	غلظت استالدئید (ppm)	غلظت دی استیل (ppm)	غلظت ۲و۳-پنتان دی-آن (ppm)
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۱	۴۱	۰/۶۱	۰/۴۹
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۴°C-۲۵۳۱	۲۲	۰/۴۱	۰/۳۰
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۵	۴۳	۰/۶۳	۰/۵۰
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۴°C-۲۵۳۵	۲۵	۰/۴۵	۰/۳۱
س. سره‌ویسیه - ۱۲°C	۲۰	۰/۴۰	۰/۲۱
س. سره‌ویسیه - ۲۴°C	۱۱	۰/۲۰	۰/۱۰

جدول ۶. آزمون حسی مقایسه دوتایی بهصورت رشته‌ای میان تیمارها

تیمارهای مقایسه‌ای	جافتادگی طعم (p > 0/05)	بدبویی (p > 0/05)	پذیرش کلی (p > 0/05)
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۵	(p > 0/05)	(p > 0/05)	(p > 0/05)
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۴°C-۲۵۳۱	(p > 0/05)	(p > 0/05)	(p > 0/05)
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۴°C-۲۵۳۵	(p > 0/05)	(p > 0/05)	(p > 0/05)
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۱	(p > 0/05)	(p < 0/05)	< ۲۴°C-۲۵۳۵
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۴°C-۲۵۳۵	(p < 0/05)	(p < 0/05)	س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۵
س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۴°C-۲۵۳۱	(p < 0/05)	(p < 0/05)	س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۵
س. سره‌ویسیه- ۲۴°C و س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۵	(p < 0/05)	(p < 0/05)	(p < 0/05)
س. سره‌ویسیه- ۲۴°C و س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۱۲°C-۲۵۳۱	(p < 0/05)	(p < 0/05)	(p < 0/05)

بحث

ندارد و شدت اثر از نظر آماری وابسته به اثر منفرد متغیر دمای تخمیر است. مخمر س. روکسی‌بی در مقایسه با س. سره‌ویسیه رشد قابل ملاحظه در ورت نشان نمی‌دهد، زیرا گذشته از خاصیت کم-رشدی ژنتیکی آن، قادر به استفاده کارآمد از قند مالتوز (بیشترین قند قابل تخمیر در ورت) نیست.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، در تیمارهای دارای س. روکسی‌بی، از ساعت ۴۸ تخمیر به بعد، مقدار اتانول به طور چشمگیر کاهش یافت. مخمر س. روکسی‌بی قادر به مصرف بخشی از اتانول موجود در محیط تحت شرایط هوایی (بهویژه زمانی که مقدار قند قابل تخمیر در محیط کم باشد) است (۷). طی ۴۸ ساعت اول تخمیر قندهای ساده

بر اساس نتایج به دست آمده در این مطالعه، از آن جا که دماهای بالاتر تخمیر به رشد بیشتر سلولی و در نتیجه تولید مقادیر بیشتر اسیدهای کربوکسیلیک و مصرف بیشتر ترکیبات نیتروژن دار منجر می‌شود، هر دو عامل یادشده سبب کاهش pH ورت طی تخمیر می‌شوند (۱۷). در دماهای ثابت تخمیر (۱۲ یا ۲۴°C)، تیمارهای تخمیرشده با هر دو مخمر س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۵۳۵ یا س. سره‌ویسیه/س. روکسی‌بی ۲۵۳۱ سرعتهای افت pH به طور معنی‌دار تفاوت نداشتند ($p > 0.05$). این مشاهده نشان داد میان متغیرهای دمای تخمیر و ترکیب مخمری به کاررفته در خصوص اثر بر سینتیک افت pH طی دوره تخمیر اثر متقابل (Interactive/inter-related effect) وجود

مخمر بهمنظور تولید اسیدهای چرب غیراشباع مورد نیاز برای رشد، به مصرف می‌رسند (۲۴، ۲۵). این واقعیت که مقدار ترکیبات فرار استالدئید، دی استیل و ۳-پنتان دی-آن در تیمارهای تخمیر شده در دمای 24°C در مقایسه با تیمارهای تخمیر شده در دمای 12°C به طور معنی دار کمتر بود، می‌تواند بدین صورت توجیه شود که دماهای بالاتر تخمیر سبب تشدید حذف ترکیبات یادشده در اثر تبخیر شدن و همچنین فشار خروج گاز دی اکسید کربن تولید شده طی دوره تخمیر می‌شوند (۲۶، ۲۷، ۲۰). گ. انجام تخمیر در دماهای بالاتر از نقطه جوش استالدئید (بیش از 21°C) (۲۱) اثر قابل توجه در کاهش غلظت این ترکیب پایین‌تر از آستانه بوبایی آن (25 ppm) دارد (۲۸). در تحقیق حاضر، غلظت استالدئید فقط در تیمارهای دارای س. روکسی‌یی تخمیر شده در 12°C بالاتر از این آستانه بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). بر مبنای جدول ۵، تفاوت معنی دار میان تیمارهای دارای س. روکسی‌یی (۲۵۳۵) و (۲۵۳۱) از نظر غلظت سه ترکیب فرار وجود ندارد. این موضوع نشان‌گر ویژگی‌های متابولیسم مشابه این دو سویه مخمری است. تیمارهای حاوی فقط س. سره‌ویسیه، پذیرش کلی حسی به طور معنی دار بیشتر، در قیاس با تیمارهای دارای سویه‌های س. روکسی‌یی نشان می‌دهند. علت این امر را باید به نمایه (پروفیل) کاملاً متفاوت طعم در تیمار فقط دارای س. سره‌ویسیه که ۹۶ ساعت با این مخمر تخمیر می‌شود با تیمارهای دارای تخمیر ثانویه دو سویه س. روکسی‌یی که فقط ۴۸ ساعت تخمیر با مخمر نخست را داراست، نسبت داد. پیش‌تر اشاره شد که س. روکسی‌یی دارای رشد ذاتاً کند در ورت است. از این گذشته، کمبود قندهای مناسب قابل تخمیر برای این مخمر در ورت پس از زمان تلقیح (ساعت ۴۸ تخمیر) همراه با به کارگیری شیوه هواهدی دوره‌ای سبب تشدید شرایط محدود شده تخمیر برای آن می‌شود. بنابراین، اجتماع یافتن ترکیبات فرار در تیمارهای دارای س. روکسی‌یی، به دلیل حذف ناکارآمد آن‌ها به‌وسیله سلول‌های این مخمر پس از ساعت ۴۸ تخمیر، سبب غلظت به طور معنی دار بالاتر آن‌ها در قیاس با تیمارهای تخمیر شده فقط با مخمر س. سره‌ویسیه شد.

مقدار اتانول بیشتر در تیمار فقط دارای س. سره‌ویسیه نیز در نمایه طعم آن اثر قابل توجه دارد. به‌طور کلی، ماءالشعیرهای بدون الكل دارای طعمی مصنوعی و بی‌طعم هستند (Artificial and dull/bland) (۱۷، ۱۰). در ضمن

ورت (شامل ساکارز، فروکتوز و مالتوز، به ویژه قندهای اول و دوم) به‌وسیله س. سره‌ویسیه به مصرف می‌رسند و دیگر، س. روکسی‌یی در استفاده از قند مالتوز (بیشترین قند قابل تخمیر در ورت) ناتوان است، مخمر اخیر باستی پس از تلقیح با کمبود منابع قندهای قابل تخمیر در ورت مواجه شده باشد. هم‌چنان، به کارگیری فرآیند هواهدی دوره‌ای ورت باعث قرارگرفتن دوره‌ای سلول‌های مخمر در شرایط هوایی می‌شود. مجموع شرایط شرح داده شده مصرف کارآمد اتانول محیط را باعث می‌شود. مخمر س. روکسی‌یی (۲۵۳۵) در کاهش سریع تر و بیشتر اتانول (به ویژه تا ساعت‌های حدود ۶۵ تخمیر) نسبت به س. روکسی‌یی (۲۵۳۱) در هر دو دمای تخمیر تواناتر است (جدول ۳) و دمای بالاتر تخمیر (24°C) در قیاس با (12°C) مصرف اتانول با مخمرهای یادشده را به طور معنی دار افزایش می‌دهد.

بدطمی ورتی در ماءالشعیر زمانی روی می‌دهد که آلدئیدهای تولید شده طی فرآیندهای ورت-جوشانی و تخمیر به‌طور موثر به‌وسیله سلول‌های مخمر برای احیا شدن به اتانول باز-جذب نشوند (۱۹). سلول‌های مخمر اسیدهای آلفا-استوهیدروکسی را طی تخمیر ترشح می‌کنند. این ترکیبات متعاقباً از راه واکنش‌های غیرآنژیمی (Vicinal diketones (VDKs) به‌وسیله دی‌کتون‌ها (Diketone) (دی‌استیل و ۳-پنتان دی‌آن) تبدیل می‌شوند. استالدئید، دی‌استیل و ۳-پنتان دی‌آن بالاتر از غلظتی خاص عامل بدطمی‌های ورتی / ورت-مانند (Worty/wort-like) و کره‌ای (Buttery) در ماءالشعیر است (۲۱، ۱۸، ۲۲). در تولید ماءالشعیر بدون الكل به روش تخمیر محدود شده، آلدئیدها در ورت اجتماع می‌یابند که دلیل آن باز-جذب نشدن موثر به داخل سلول‌های مخمر برای متابولیسم بیشتر است. گزارش شده است استفاده از انواع جهش‌یافته س. سره‌ویسیه (که در استفاده از قندهای قابل تخمیر ورت ناتوان است) برای تولید ماءالشعیر بدون الكل به ایجاد محصولی با بدطمی ورتی به دلیل دارا بودن غلظت نسبتاً بالای استالدئید منجر می‌شود. اجتماع یافتن استالدئید در ورت صرف نظر از پدیدآمدن بدطمی باعث ایجاد اختلال در متابولیسم سلول‌های مخمر می‌شود (۲۳). خاطرنشان می‌شود روش هواهدی دوره‌ای ورت در این پژوهش باستی اثر کاهش‌دهنده بر غلظت آلدئیدها در ورت داشته باشد؛ از آن جا که این ترکیبات گذشته از باز-جذب به داخل سلول‌های مخمر، تحت شرایط هوایی به‌وسیله سلول‌های

غلظت ترکیبات فرار استالدئید، دی استیل و ۲و۲ پنتا دی آن که عامل بدطعمی ورتی می‌باشد، معقول به نظر می‌رسد. شایان ذکر است که به منظور تولید ماءالشعیر بدون الكل استفاده توام س. سرهویسیه/ س. روکسی بی در دمای ۲۴°C پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله از پایان‌نامه دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی استخراج شده‌است. بدینوسیله از کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی به دلیل حمایت‌های مالی تشکر می‌شود.

گفته شده است که اتانول بر بدطعمی ورتی اثر پوشانندگی دارد (۱۹). از این‌رو می‌توان انتظار داشت که مقدار آستانه بوبایی بدطعمی ورتی در تیمارهای دارای اتانول پایین‌تر (تیمارهای دارای س. روکسی بی)، کم‌تر باشد. اضافه می‌شود که اگرچه تفاوت حسی میان تیمارهای تخمیرشده فقط با س. سرهویسیه به‌طور معنی‌دار متفاوت از تیمار حاوی س. روکسی بی تخمیرشده در دمای ۲۴°C بود، این تفاوت، به اندازه اختلاف بسیار زیاد موجود میان تیمار نخست و تیمار حاوی س. روکسی بی تخمیرشده در دمای ۱۲°C نبود.

این مطالعه نشان داد، تولید ماءالشعیر با استفاده از مخمر تنها س. سرهویسیه در دمای ۲۴°C، به دلیل توانایی این مخمر در افت pH و گرانش ورت، همچنین کاهش

References

- Catarino M, Mendes A, Madeira L, Ferreira A. Beer dealcoholization by reverse osmosis. Desalination 2006; 200:397-399.
- Bamforth CW. Nutritional aspects of beer- a review. Nutr Res 2002; 22(1): 227-237.
- Hardwick WA, Van Oevelen DE, Novellie L, Yoshizawa K. Kinds of beer and beer- like beverages. In: Hardwick WA, editor. Handbook of Brewing. Marcel Dekker: New York, USA; 1995: 53-85.
- Sohrabvandi S. Optimization of alcohol- free beer production through the restricted fermentation practices [dissertation]. Tehran: The University of Tehran, PhD. Faculty of Food Science and Technology; 2009 [in persian].
- Anonymous. Beer. Available from: www.isir.org. Accessed 2007 Nov 10
- Caluwaerts HJJ. Process for the manufacture of an alcohol-free beer having the Organoleptic properties of a large type pale beer. US Patent 1995; 384,135 1995.
- Dziondziak K. Method for the production of alcohol-free beer. Bio Ad 1990; 8(2): 475.
- Huige NJ, Sanchez GW, Leidig AR. Process for preparing a nonalcoholic (less than 0.5 volume percent alcohol) malt beverages. US Patent 1990; 4,970,082.
- Lommi H, Swinkels W, Van Dieren B. Process for the production of non-alcoholic or low alcoholic malt beverages. US Patent 1997; 5,612,072.
- Lewis MJ, Younger TW. Beer quality and flavor. In: Lewis MJ, Younger TW, editors. Brewing. Chapman and Hall: London, UK; 1995.
- Zurcher C, Gruss R. Method of making alcohol-free or nearly alcohol-free beer. US Patent 1991; 5,077,061.
- Garcia AA, Cancho Grande B, Gandara JS. Development of rapid method based on solid-phase extraction and liquid chromatography with ultraviolet absorbance detection for the determination of polyphenols in alcohol-free beers. J Chromatogr 2004; 1054(1-2): 175-180.
- Dziondziak k. Method for the production of low-alcohol or alcohol-free beer. US Patent 1989; 4,814.
- Lachenmeier DW, Sohnus EM. The role of acetaldehyde outside ethanol metabolism in the carcinogenicity of alcoholic beverages: Evidence from a large chemical survey. Food Chem Toxicol 2008; 46(8): 2903-2911.
- Mathis C, Pons MN, Engasser JM. Development of an on-line method for the monitoring of vicinal diketones and their precursors in beer fermentation. Anal Chim Acta 1993; 279(1): 59-66.
- Grub H. Sensory analysis in quality control. In: Ziegler E, Ziegler H, editors. Flavoring. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Netheland; 1998: 513-539.
- Hardwick WA. The properties of beer. In: Hardwick WA, editor. Handbook of Brewing. Marcel Dekker, New York, NY, USA; 1995: 551-586.

18. Munroe JH. Fermentation. In: Hardwick WA, editor. *Handbook of Brewing*. Marcel Dekker, New York, NY, USA; 1995: 323-354.
19. Van Iersel MFM, Van Dieren B, Rombouts FM, Abee T. Flavor formation and cell physiology during the production of alcohol-free beer with immobilized *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme Microb Tech* 1999; 24(7): 407-411.
20. Briggs DE, Boulton CA, Brookes PA, Stevens R. Beer flavor and sensory assessment. In: Briggs DE, editor. *Brewing Science and Practice*. CRC Press LLC, New York, NY, USA; 2004: 716-757.
21. Debourg A, Laurent M, Goossens E, Borremans E, Van De Winkel L, Asschelein CA. Wort aldehyde reduction potential in free and immobilized yeast systems. *Am Soc Brew Chem* 1994; 52(3): 100-106.
22. Madigan D, Perez A, Clements M. Furanic aldehyde analysis by HPLC as a method to determine heat-induced flavor damage to beer. *Am Soc Brew Chem* 1998; 56(4): 146-151.
23. Gorinstein S, Zemser M, Vargas-Albores F, Ochoa JL, Praedes Lopez O, Scheler Ch, et al. Proteins and amino acids in beers, their contents and relationships with other analytical data. *Food Chem* 1999; 67(1): 71-78.
24. Perpete P, Collin S. Influence of beer ethanol content on the wort flavor perception. *Food Chem* 2000; 71(3): 379-385.
25. Van-Iersel MFM, Brouwer-Post E, Rombouts FM, Abee T. Influence of yeast immobilization on fermentation and aldehyde reduction during the production of alcohol-free beer. *Enzyme Microb Tech* 2000; 26(8): 602-607.
26. Van Dieren B, editor. *Yeast Metabolism and the production of alcohol-free beer*. BC-Monographs XXIV, Espoo, Finland 1995. P. 66-67.
27. Van Iersel MFM, Eppink MHM, Van Berkell WJH, Rombouts FM, Abee T. Purification and characterization of a novel NADP- dependent branched-chain alcohol dehydrogenase from *S.cervisiae*. *Appl Environ Microb* 1997; 63(10): 4079-4082.
28. Michaels AS, Canning RP, Hogan P. Methods for dealcoholization employing perstration. US Patent 1998; 5,817,359.

Effects of fermentation temperature and two *Saccharomyces* yeasts on non-alcoholic Ma-al-shaeer properties

Malganji Sh¹, Jalilvand A², Sohrabvandi S^{3*}

1. Dept. of Food Science and Technology, Khorasegan Branch, Islamic Azad University, Esfahan, Iran.
2. Students' Research Committee, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. *Corresponding author: Assistant Prof., Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail: sohrabv@sbmu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Non-alcoholic Ma-al-shaeer is among the most popular beverages in the world, and can be considered as an alternative to soft drinks. According to Its importance, the aim of this study was to consider the concurrent effects of fermentation temperature and *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces rouxii* yeasts on non-alcoholic Ma-al-shaeer properties.

Materials and Methods: Ma-al-shaeer was fermented using *Saccharomyces cerevisiae* at 12°C or 24°C for 48hr, under periodic aeration practice. After 48 hr of fermentation, Ma-al shaeer was subjected to heat treatment in order to inactive *Saccharomyces cerevisiae* cells and after cooling down, *Saccharomyces rouxii* DSM 2535 and *Saccharomyces rouxii* DSM 2531 were inoculated in to Ma-al-shaeer. The pH drop, gravity and ethanol content were analyzed. Also, the concentration of acetaldehyde, diacetyl, 2,3-pentanedione and sensory properties were assessed .

Results: The highest pH drop rate and gravity drop rate was observed for fermentation with *S. cerevisiae* at 24°C. Also, after 48 hr of fermentation, ethanol content start to decrease significantly for the treatment containing *S. rouxii* fermented at 24°C. In treatments containing only *S. cerevisiae*, the concentration of volatile compounds and also sensory evaluation were decreased and increased, respectively.

Conclusion: The production of common Ma-al-shaeer by using *S. cerevisiae* at 24°C fermentation is suitable due to Its ability to decrease volatile compounds, which present worty off flavor ; However, for production of non-alcoholic Ma-al-shaeer successive application of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces rouxii* at 24°C is recommended.

Keywords: Ethanol, Ma-al-shaeer, *Saccharomyces*, Yeast