The effect of different pasts containing Zarnam corn syrup on performance indicators, colony population, and feed intake in honey bee

Abstract

In this experiment, corn syrup was mixed with different feedstuffs to evaluate it with sucrose fondant paste. Experimental treatments include a commercial fondant sucrose paste, Zarnam corn syrup paste, enriched Zarnam corn syrup paste (treatment 2 plus 0.5% vitamin and mineral supplement), Zarnam corn syrup vegetable paste, vegetable paste enriched with Zarnam corn syrup (Treatment 4 plus 0.5% vitamin and mineral supplement), and sucrose paste. Results showed that the commercial paste treatment had the highest population, and the enriched Zarnam syrup paste treatment had the lowest population ($P<0.05$). All treatments containing Zarnam corn syrup, except the enriched Zarnam corn syrup paste, were similar to the commercial paste as larval population point ($P<0.05$). The highest pupal population was related to the treatment of commercial paste, which was significantly higher than enriched Zarnam corn syrup paste and sucrose paste ($P<0.05$). The egg-laying rate of the queen in Zarnam enriched corn syrup plant paste, and sucrose paste treatments was statistically similar to commercial paste, while it was lower in other Zarnam corn syrup treatments ($P<0.05$). The lowest amount of pollen storage was related to the Zarnam syrup paste treatment, which was significantly lower than other treatments ($P<0.05$), and there was no significant difference between other treatments. It is concluded that it is possible to prepare an enriched herbal paste from the combination of Zarnam corn syrup with plant materials and mineral and vitamin supplements, and the production performance of bees fed with it is similar to commercial fondant sucrose paste.

Keywords: *honey bee, corn syrup, colony performance, sweet dough, sucrose*

تأثیر انواع خمیرهای حاوی شربت ذرت زرنام بر روی شاخص‌های عملکردی، جمعیت کلونی و مصرف خوراک زنبورعسل

چکیده

در این آزمایش شربت ذرت با مواد خوراکی گیاهی مختلف ترکیب و به صورت خمیر تهیه و با خمیر تجاری فوندانت ساکارز مقایسه شد. تیمارهای آزمایشی شامل خمیر تجاری فوندانت ساکارز، خمیر شربت ذرت زرنام، خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده (تیمار ۲ که به آن ۰/۵ درصد مکمل ویتامینی و معدنی اضافه شد)، خمیر گیاهی شربت ذرت زرنام، خمیر گیاهی غنی شده شربت ذرت زرنام (تیمار ۴ که به آن ۰/۵ درصد مکمل ویتامینی و معدنی اضافه شد) و خمیر ساکارز بودند. نتایج نشان داد تیمار خمیر تجاری بیشترین میزان جمعیت و تیمار خمیر شربت زرنام غنی شده کمترین جمعیت را داشتند ($P<۰/۰۵$). جمعیت لارو به استثنای تیمار خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده، در سایر تیمارهای حاوی شربت ذرت زرنام مشابه با تیمار خمیر تجاری بودند ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان جمعیت شفیره مربوط به تیمار خمیر تجاری بود که به بیشتر از خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده و خمیر ساکارز بود ($P<۰/۰۵$). نرخ تخم‌گذاری ملکه در تیمارهای خمیر گیاهی غنی شده و خمیر ساکارز از نظر آماری مشابه خمیر تجاری بود، در حالیکه در سایر تیمارهای شربت ذرت زرنام کمتر بود ($P<۰/۰۵$). کمترین مقدار ذخیره گرده مربوط به تیمار خمیر شربت زرنام بود که کمتر از سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$) و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. نتایج این بررسی نشان داد می‌توان از ترکیب شربت ذرت زرنام با مواد گیاهی و مواد معدنی و ویتامینی ترکیب خمیری شکل تهیه کرد که عملکرد تولیدی زنبوران عسل تغذیه شده با آن مشابه به خمیر تجاری فوندانت ساکارز باشد.

واژه‌های کلیدی: *زنبور عسل، شربت ذرت، عملکرد کلونی، خمیر شیرین، ساکارز*

مقدمه

زنبورهای عسل در شرایط طبیعی بخش عمده‌ی پروتئین، چربی، مواد معدنی و ویتامین مورد نیاز خود را از گرده گل و انرژی را از قندهای گلوکز و فروکتوز موجود در شهد گل دریافت می‌کنند. در این شرایط زمان‌های زیادی اتفاق می‌افتد که شهدهای گل منطقه از نظر کمیت و یا کیفیت نمی‌توانند نیاز کلونی‌های زنبورستان را تأمین کنند. به همین دلیل زنبورداران در مواقع کمبود شهد گل و یا جهت تحریک کلونی

برای افزایش جمعیت از شکر به صورت شربت یا خمیر شیرین استفاده می‌کنند. شربت ذرت مشابه شکر حاوی گلوکز و فروکتوز و به شکل مایع است و چنانچه به صورت خمیری درآید می‌تواند جایگزین ترکیبات خمیری شکل تجاری شود که به نام خمیر شیرین (تولیدی از شکر میکرونیزه) در بازار تجاری وجود دارد. به همین دلیل در پژوهش حاضر امکان تبدیل شربت ذرت زرنام به شکل خمیری و استفاده از آن بر عملکرد تولیدی و قدرت زنده‌مانی زنبوران عسل مورد مطالعه قرار گرفت.

پیشینهٔ پژوهش

مطالعات مرتبط با مقدار نیاز زنبورهای عسل به انرژی که از طریق میزان مصرف اکسیژن انجام شده است نشان می‌دهد یک زنبور کارگر روزانه حدود ۱۱ میلی‌گرم شکر خشک نیاز دارد که معادل ۲۲ میکرولیتر شربت ساکارز رقیق است. بنابراین یک کلونی با جمعیت ۵۰ هزار زنبور کارگر روزانه به حدود ۱/۱ لیتر شربت ساکارز رقیق نیاز دارد (Huang, 2019). مهمترین چالش پیش‌روی زنبورداران در موقع استفاده از شربت ساکارز قیمت بالای شکر، فراهم نبودن در تمامی فصول، مورد مصرف بودن در تغذیه انسان به عنوان کالای استراتژیک، تمایل ساکارز به کریستالیزه و تخمیر شدن در صورت طولانی شدن مدت مصرف و ذخیره‌سازی آن است (Goodwin, 1997). از این رو محققین همواره در جستجوی یافتن ترکیبات جایگزین شکر هستند که شربت ذرت از مهمترین آن‌ها می‌باشد.

شربت ذرت از دهه ۱۹۷۰ به عنوان یک منبع خوراکی ارزان برای تغذیه زنبور عسل در دسترس قرار گرفت (Barker and Lehner, 1974; 1978) که به دلیل زمانبر و هزینه‌بر بودن تهیه محلول ساکارز و از طرف دیگر با توجه به سهولت استفاده و قیمت ارزان‌تر آن برای تغذیه زنبور عسل مورد توجه ویژه قرار گرفته است (Herbert, 1992). از آنجا که مشخصات قند شربت ذرت بسیار شبیه به عسل است (Bogdanov *et al*., 2008)، لذا استفاده از آن در زنبورداری بسیار گسترش یافته است (Abdel-Aal *et al*., 1993; Megherbi *et al*., 2009). شربت ذرت که توسط هیدرولیز آنزیمی چند مرحله‌ای نشاسته ذرت بدست می‌آید (Linko *et al*., 1977) مخلوط گلوکز و فروکتوز و یک منبع کربوهیدرات ارزان و در دسترس می‌باشد (Long 1986;) که از آن به عنوان عامل شیرین‌کننده مغذی رایج در مصارف انسانی (در شیرینی‌پزی و سایر شیرین‌کننده‌ها) نیز استفاده می‌شود (Hanover and White, 1993). شربت ذرت با درصدهای فروکتوز ۴۲، ۵۵ و ۹۰ درصد فرآوری می‌شود (Long, 1986) که مابقی آن قند گلوکز و پلیمرهای قابل هیدرولیز گلوکز است (White, 2008).

با دسترس قرار گرفتن شربت ذرت به عنوان غذای زنبور عسل سئوالاتی در مورد ایمنی زنبور عسل مطرح شده است زیرا زنبورداران نتایج متفاوتی را از تغذیه آن گزارش کردند (Bailey, 1966; Johansson and Johansson, 1976). علاوه بر این، محققان کاهش طول عمر را در زنبورهای کارگری که در آزمایشگاه بر روی شربت ذرت نگهداری شدند در مقایسه با عسل (Barker and Lehner, 1978) یا شربت ساکارز (Weiss, 2009) گزارش کردند. هیدروکسی متیل فورفورال یکی از ترکیبات تشکیل شده در نتیجه فرآیند حرارتی و نگهداری در محصولات قندی مانند قند اینورت است و طبق استاندارد کدکس حداکثر مجاز آن ۴۰ پی‌پی‌ام تعیین شده است. این محصول برای تولید نیاز به حرارت و اسیدیته بالا دارد که امری معمول در فرآیند تولید شربت ذرت است. فن‌آوری‌های پیشرفته و بروز شده در صنعت پالایش غلات و استفاده از فیلترهای پیشرفته باعث حذف این ترکیبات از محصول نهایی می‌شود. شربت فروکتوز ۵۵ درصد مایعی شفاف دارای مزه شیرین و خواص کاربردی مشابه با ساکارز است که چنانچه محتوای هیدروکسی متیل فورفوال در آن پایین باشد می‌تواند جایگزین مناسبی برای شربت شکر باشد (White, 2008).

روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش از خرداد تا آبان ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. تعداد ۴۲ فروند ملکه باکره از یک ملکه مادر که به روش پیوند دولیتل از لاروهای کمتر از ۲۴ ساعت به صورت مصنوعی صورت گرفته بود تهیه و پس از جفتگیری به روش طبیعی و اطمینان از تخم‌ریزی به کندوها معرفی

شدند. در طی مدت ۲۱ روز کلونی‌ها مرتب بازدید شدند و از لحاظ میزان تخم‌گذاری، سطح پرورش لارو و شفیره، ذخیره گرده و عسل تا حد ممکن یکسان شدند (Ahmadi *et al.*, 2014). این امر به منظور به حداقل رساندن اختلاف ژنتیکی بین تیمارهای آزمایشی صورت گرفت. بعد از اطمینان از تخم‌ریزی ملکه‌ها برای تحریک آن‌ها به تخم‌ریزی، کلونی‌ها روز در میان به مدت ۲ هفته با نیم لیتر شربت رقیق ساکارز تغذیه شدند. پس از دو هفته از آماده‌سازی کلونی‌ها تیمارهای آزمایشی که به شکل خمیر تهیه شده بودند در اختیارشان قرار داده شد. به هر یک از شش تیمار آزمایشی هفت کلونی به عنوان تکرار اختصاص یافت. از آنجائیکه شربت ذرت به صورت مایع است، برای تهیه تیمارهای آزمایشی به صورت خمیری شکل از پودر شکر، کنجاله سویا و گلوتن ذرت استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- خمیر تجاری فوندانت ساکارز، ۲- خمیر شربت ذرت زرنام (۵۵ درصد پودر شکر +۳۵ درصد شربت ذرت زرنام + ۷ درصد پودر کنجاله سویا + ۳ درصد افزودنی)، ۳- خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده (تیمار ۲ که به آن ۰/۵ درصد مکمل ویتامینه و مواد معدنی اضافه شد)، ۴- خمیر گیاهی (۴۵ درصد پودر شکر +۴۰ درصد شربت ذرت زرنام + ۷ درصد پودر کنجاله سویا + ۳ درصد افزودنی + ۵ درصد گلوتن ذرت)، ۵- خمیر گیاهی غنی شده (تیمار ۴ که به آن ۰/۵ درصد مکمل ویتامینه و معدنی اضافه شد) و ۶- خمیر ساکارز (۶۰ درصد پودر شکر + ۴۰ درصد شربت ذرت زرنام) بودند. ماده افزودنی شامل ۰/۵ درصد شیر خشک، ۰/۷۵ درصد مخمر نانوایی، ۰/۵ درصد روغن ذرت، ۱/۲۵ درصد پودر دانه ذرت بود. هر کیلوگرم مکمل ویتامینی شامل ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۲۶۰ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۲۷۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_3، ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۹۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین C، ۸۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E و هر کیلوگرم مکمل معدنی شامل ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم، ۳۰۰۰ میلی‌گرم منیزیوم، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم فسفر، ۳۰۰ میلی‌گرم آهن، ۲۵۰ میلی‌گرم روی، ۲۵۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۲۵ میلی‌گرم مس، ۲۵ میلی‌گرم کبالت، ۲ میلی‌گرم سلنبوم و ۱ میلی‌گرم کروم بود.

قبل از استفاده از شربت ذرت زرنام، ترکیبات شیمیایی آن در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جدول ۱). تمام کلونی‌ها در خرداد ماه و آخر مرداد ماه برای کنترل کنه واروآ مجدداً تیمار شدند. برای اندازه‌گیری میزان جمعیت زنبور از معیار واحد قاب استفاده شد؛ به طوری که یک قاب زنبور یعنی قابی که دو طرف آن توسط زنبور پوشیده شده باشد و کمتر از آن به صورت اعشاری از آن (یک دهم) در نظر گرفته شد. میزان گرده نیز با معیار قاب مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. میزان لارو و شفیره با استفاده از قاب مشبک با ابعاد ۵ × ۵ سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد که شامل ۱۰۰ سلول بود. با قرار دادن قاب مشبک روی قاب‌های حاوی لارو و شفیره مقدار مساحت آنها مورد اندازه گیری قرار گرفت (Khan *et al.*, 2022). این عمل برای شش دوره به فاصله هر ۱۵ روز یک بار انجام شد.

نرخ تخم‌ریزی ملکه‌ها با استفاده از میزان مساحت شفیره‌ها طبق فرمول زیر محاسبه شد:

(مساحت کل شفیره در کلونی ×۴)= نرخ تخم‌گذاری ملکه

اندازه گیری تولید عسل بر حسب کیلوگرم بود به طوری که قاب‌های حاوی عسل توزین شدند. قاب‌های حاوی شفیره برحسب کسری از قاب محاسبه و متوسط تولید در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری میزان جمع آوری و ذخیره گرده سطح میزان ذخیره گرده در قاب بر حسب سانتی‌متر مربع همانند شفیره برآورد شد. برای برآورد میزان مصرف خوراک، ۵۰۰ گرم از هر یک از تیمارهای آزمایشی در ابتدای هر هفته در اختیار کلونی‌های مربوطه قرار گرفت و در پایان هفته میزان باقی‌مانده خوراک توزین و اختلاف آنها به عنوان خوراک مصرفی بر حسب گرم در نظر گرفته شد.

داده‌ها در قالب طرح تکرار در زمان (اندازه‌گیری مکرر) با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و رویه Mixed تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش میانگین حداقل مربعات در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱. تجزیه ترکیبات تشکیل‌دهنده شربت ذرت زرنام

ردیف	ترکیب	مقدار	روش مرجع
۱	گلوکز (گرم در صد)	۳۱/۸۳	ISIRI۹۲
۲	فروکتوز (گرم در صد)	۴۱/۷۴	ISIRI۹۲

ویرایش نشده

۳	نسبت فروکتوز به گلوکز (گرم در صد)	۱/۳۱	ISIRI۹۲
۴	هیدروکسی متیل فورفورال (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۸	ISIRI۹۲

یافته‌های پژوهش

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی زنبورهای عسل در جدول ۲ گزارش شده است. بیشترین میزان جمعیت کلونی مربوط به تیمار خمیر تجاری بود که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی، به استثنای خمیر گیاهی غنی شده با مواد معدنی و ویتامینه، بود (P<۰/۰۵). بیشترین میزان لارو مربوط به خمیر تجاری فوندانت و خمیر گیاهی شربت ذرت زرنام غنی شده و کمترین مربوط به خمیر شربت ذرت زرنام غنی‌شده بود (P<۰/۰۵)، در حالیکه بین سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. میزان تولید شفیره در تیمارهای خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده و خمیر ساکارز به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود (P<۰/۰۵)، در حالیکه بین سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نرخ تخم‌گذاری ملکه در تیمارهای خمیر گیاهی شربت ذرت زرنام و خمیر ساکارز مشابه با خمیر تجاری بود؛ در حالیکه این نرخ در سایر تیمارهای آزمایش به طور معنی‌داری کمتر از تیمار خمیر تجاری بود (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار جمع‌آوری و ذخیره گرده مربوط به تیمار خمیر تجاری و کمترین مقدار مربوط به تیمار خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده با مواد معدنی و ویتامینه بود (P<۰/۰۵)، در حالیکه بین سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین مقدار ذخیره عسل و همچنین مصرف خوراک مربوط به تیمار خمیر تجاری بود که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود (P<۰/۰۵)، در حالیکه بین سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۲. تاثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی زنبورهای عسل (میانگین حداقل مربعات ± خطای معیار)

صفت	خمیر تجاری فوندانت	خمیر شربت ذرت زرنام	خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده	خمیر گیاهی شربت ذرت زرنام	خمیر گیاهی شربت ذرت زرنام غنی شده	خمیر ساکارز
جمعیت کلونی (تعداد قاب)	۶/۰۹±۰/۱۷۰^{a}	۵/۲۴±۰/۱۷۵^{b}	۵/۱۷±۰/۱۷۰^{b}	۵/۳۴±۰/۱۸۰^{b}	۵/۶۹±۰/۱۹۱^{ab}	۵/۴۴±۰/۱۸۴^{b}
میزان لارو (سانتی‌متر مربع)	۲۳۴۶/۹±۱۲۷/۹۶^{a}	۲۰۶۱/۲±۱۳۱/۴۷^{ab}	۱۷۴۷/۸±۱۲۷/۹۹^{b}	۲۰۱۷/۹±۱۳۵/۵۲^{ab}	۲۲۰۸/۶±۱۴۳/۷۹^{a}	۲۰۸۳/۰±۱۳۸/۱۹^{ab}
میزان شفیره (سانتی‌متر مربع)	۲۰۰۲/۱±۱۱۷/۹۷^{a}	۱۶۶۶/۰±۱۲۱/۲۰^{ab}	۱۳۹۴/۸±۱۱۸/۱۶^{b}	۱۷۴۲/۴±۱۲۴/۶۸^{ab}	۱۸۳۹/۱±۱۳۱/۹۷^{ab}	۱۶۰۶/۲±۱۲۷/۱۸^{b}
نرخ تخم‌گذاری ملکه (تخم در روز)	۹۷۶/۲±۵۵/۰۸^{a}	۷۸۸/۲±۵۶/۵۹^{b}	۷۲۹/۳±۵۵/۱۲^{b}	۸۱۴/۱±۵۸/۳۰^{b}	۸۸۹/۶±۶۱/۸۱^{ab}	۸۲۶/۸±۵۹/۴۵^{ab}
ذخیره گرده (سانتی‌متر مربع)	۸۵۳/۹±۵۳/۹۵^{a}	۶۷۵/۷±۵۵/۴۶^{b}	۷۲۷/۹±۵۴/۰۴^{ab}	۷۸۴/۵±۵۷/۱۱^{ab}	۷۵۶/۱±۶۰/۵۳^{ab}	۷۵۱/۶±۵۸/۲۶^{ab}
ذخیره عسل (کیلوگرم)	۶/۴۶±۰/۲۱۲^{a}	۴/۹۳±۰/۲۱۸^{b}	۴/۹۲±۰/۲۱۲^{b}	۴/۶۲±۰/۲۲۴^{b}	۵/۳۷±۰/۲۳۸^{b}	۵/۱۹±۰/۲۲۹^{b}
مصرف خوراک (گرم)	۱۱۲۰/۷±۳۲/۳۴^{a}	۳۸۶/۲±۳۳/۲۳^{b}	۳۹۹/۴±۳۲/۳۴^{b}	۳۲۳/۰±۳۴/۲۶^{b}	۴۰۷/۸±۳۶/۳۵^{b}	۳۵۳/۸±۳۴/۹۳^{b}

ویراستاری نشده

تأثیر دوره‌های آزمایشی بر عملکرد تولیدی زنبورهای عسل در جدول ۳ گزارش شده است. جمعیت کلونی در دوره‌های اول و دوم در مقایسه با سایر دوره‌های آزمایشی به طور معنی‌داری بیشتر بود (P<۰/۰۵)، به طوری که با گذشت زمان جمعیت کلونی کاهش یافت. بیشترین میزان لارو تولیدی مربوط به دوره اول بود و با گذشت زمان مقدار آن به طور معنی‌داری کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین مقدار مربوط به دوره ششم بود (P<۰/۰۵). بیشترین میزان شفیره مربوط به دوره اول و سپس دوره دوم بود در حالیکه کمترین مقدار مربوط به دوره دوم و سپس دوره ششم بود که این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بیشترین نرخ تخم‌گذاری ملکه مربوط به دوره دوم و سپس دوره‌های سوم و اول بود و با گذشت زمان این نرخ به طور معنی‌داری کاهش یافت(P<۰/۰۵). بیشترین مقدار ذخیره گرده مربوط به دوره اول آزمایش بود و با گذشت زمان مقدار آن به طور معنی‌داری کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین مقدار مربوط به دوره ششم آزمایش بود (P<۰/۰۵). با افزایش زمان آزمایش مقدار ذخیره عسل به طور معنی‌داری افزایش یافت به گونه‌ای که کمترین مقدار مربوط به دوره اول و بیشترین مقدار مربوط به دوره ششم آزمایش بود (P<۰/۰۵). مقدار مصرف خوراک نیز در دوره‌های اول و دوم کمتر و در دوره‌های پنجم و ششم بیشتر از سایر دوره‌های آزمایشی بود؛ به شکلی که روند افزایش معنی‌دار مصرف خوراک با گذشت زمان مشاهد شد (P<۰/۰۵).

جدول ۳. میانگین حداقل مربعات (± خطای معیار) صفات عملکردی زنبورهای عسل در دوره‌های مختلف آزمایش

صفت	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم	دوره پنجم	دوره ششم
جمعیت کلونی (تعداد قاب)	۷/۶۸±۰/۱۷۵^{a}	۷/۳۰±۰/۱۷۵^{a}	۵/۲۲±۰/۱۷۵^{b}	۵/۱۷±۰/۱۷۸^{b}	۴/۰۶±۰/۱۸۰^{b}	۳/۵۴±۰/۱۹۱^{c}
میزان لارو (سانتی-متر مربع)	۳۱۴۰/۹±۱۳۸/۳۲^{a}	۲۶۶۳/۷±۱۳۸/۳۲^{b}	۱۸۴۹/۴±۱۳۸/۳۲^{c}	۱۹۷۵/۲±۱۴۰/۱۵^{c}	۱۶۴۴/۲±۱۴۱/۷۶^{c}	۱۱۹۲/۳±۱۵۰/۰۶^{d}
میزان شفیره (سانتی‌متر مربع)	۲۱۸۹/۰±۱۴۳/۱۱^{b}	۸۹۱/۲±۱۴۳/۰۷^{e}	۲۶۳۷/۱±۱۴۳/۰۷^{a}	۱۸۳۳/۵±۱۴۴/۹۸^{c}	۱۴۱۷/۸±۱۴۶/۲۵^{d}	۱۲۸۲/۰±۱۵۴/۴۷^{de}
نرخ تخم‌گذاری ملکه (تخم در روز)	۷۳۱/۴±۶۲/۵۳^{bc}	۱۹۰۴/۶±۶۲/۵۳^{a}	۸۷۷/۹±۶۲/۵۲^{b}	۶۰۹/۸±۶۳/۳۶^{cd}	۴۷۳/۹±۶۴/۰۱^{d}	۴۲۶/۶±۶۷/۷۰^{d}
ذخیره گرده (سانتی-متر مربع)	۱۲۷۴/۳±۴۹/۷۱^{a}	۱۰۴۹/۵±۴۹/۷۰^{b}	۵۲۰/۲±۴۹/۷۰^{cd}	۶۳۷/۹±۵۰/۳۱^{c}	۵۹۶/۹±۵۱/۰۹^{cd}	۴۷۰/۷±۵۴/۲۶^{d}
ذخیره عسل (کیلوگرم)	۳/۸۲±۰/۲۳۶^{c}	۴/۸۳±۰/۲۳۶^{b}	۴/۶۷±۰/۲۳۶^{b}	۵/۹۲±۰/۲۳۹^{a}	۵/۹۰±۰/۲۴۱^{a}	۶/۳۵±۰/۲۵۶^{a}
مصرف خوراک (گرم)	۴۶۲/۱±۳۲/۴۹^{bc}	۳۹۶/۳±۳۲/۴۹^{c}	۵۲۴/۹±۳۲/۴۹^{ab}	۴۵۵/۴±۳۲/۹۲^{bc}	۶۱۷/۵±۳۳/۳۶^{a}	۵۳۲/۶±۳۵/۳۵^{ab}

بحث

شربت ساکارز مدت‌هاست که توسط زنبورداران به عنوان یک ماده محرک برای افزایش فعالیت‌های تخم‌گذاری و جمع‌آوری گرده و همچنین افزایش رفتار بهداشتی گزارش شده است (Barker, 1971). زنبورهای عسل استراتژی جستجوی چراگری خود را پس از تغذیه با ساکارز تغییر می‌دهند. در این حالت تعداد زنبورهای چراگر شهد کاهش و تعداد زنبورهای چراگر گرده برای حمایت از پرورش نسل کلونی افزایش می‌یابد (Free and Spencerbooth, 1961). شربت ذرت به دلیل هزینه کمتر و سهولت در جابجایی، به طور گسترده برای تغذیه کلونی‌ها در برخی از کشورها استفاده می‌شود. رایج‌ترین شکل شربتی که توسط زنبورداران خریداری می‌شود، شربت ذرت با فروکتوز ۵۵ درصد است که به دلیل اجتناب از کریستالیزاسیون و سطح جامدات محلول و همچنین pH پایین و فشار اسمزی بالا در برابر تخمیر و مقاومت آن در برابر آلودگی باکتریایی، محبوبیت دارد (Schorin, 2005).

ویرایش اولیه

تغذیه تکمیلی به ویژه زمانی که زنبورها قبل از شکوفه‌دهی گل‌ها و درختان یا در هوای نامساعد به باغ‌ها برای گرده افشانی منتقل می‌شوند، اهمیت دارد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که خمیر شربت ذرت زرنام و خمیر تجاری هر دو باعث تحریک تخم‌ریزی و جمعیت‌سازی کلونی شدند و هیچ یک اثر سمی حاد در این زمینه ایجاد نکردند. البته در فن‌آوری‌های قدیمی پالایش غلات، شربت ذرت و عسلی که زنبورها هنگام تغذیه با آن ذخیره می‌کنند، حاوی الیگوساکاریدهای دیگری مانند فروکتوزیل فروکتوز و فروکتوزیل گلوکز و همچنین سایر اجزاء بود (Dufault *et al*., 2009; Ruiz-Matatue *et al*., 2010). این اجزای اضافی ممکن است سبب افزایش مرگ و میر در زنبورهای عسل در شرایط پرورش در قفس‌های آزمایشگاهی شوند (Weiss, 2009) و همچنین جذابیت کمتری برای زنبورها در مطالعات میدانی نشان داده است. این مواد ممکن است سمی باشند یا متابولیسم و هضم آن‌ها برای زنبورها دشوارتر باشد و در نتیجه سبب اختلال در تولید موم و تغذیه‌ی لاروها و نوزادان کندو شوند. با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از صافی‌های مخصوص در کارخانه‌های پالایش غلات، میزان هیدروکسی متیل فورفورال و فرآورده های قندی غیرقابل جذب و اسیدیته شرت ذرت کاهش یافته است.

برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که زنبورهای عسل شربت ذرت را بدون مشکل مصرف می‌کنند (Barker and Lehner, 1978; Bailey 1966; Johansson and Johansson, 1977)، اما برخی محققین دریافتند که عملکرد زنبورها کاهش می‌یابد (Rinderer and Baxter, 1980). Barker and Lehner (1978) به زنبورها قندهای مختلف تغذیه کردند و دریافتند که زنبورهای تغذیه شده با ساکارز نسبت به شربت ذرت و شربت انگور (که دارای فروکتوز بالایی است) بهتر زنده می‌مانند، مقدار موم یکسانی در هر کلونی تولید می‌کنند و شان بافی بیشتری دارند. در مقابل گزارش شده است (Sammataro and Weiss, 2013) مقدار موم بافی و ذخیره شهد در زنبورهای عسل تغذیه شده با شربت ساکارز از شربت ذرت با فروکتوز بالا بیشتر است، اما تفاوتی در میزان سطح پرورش نوزادان وجود نداشت. در آزمایش‌های زنبور عسل در قفس گزارش شده است که زنبورهای یک روزه تغذیه شده با شربت ساکارز در مقایسه با آنهایی که با شربت ذرت تغذیه می‌شوند به طور قابل‌توجهی عمر بیشتری داشتند (Weiss, 2009). در این بررسی مقداری از پروتئین مورد نیاز از طریق خوراک در اختیار کلونی‌ها قرار داده شد ولی با این وجود کاهش میزان شفیره مشاهده شد اما در گروه خمیر شربت ذرت زرنام گیاهی غنی شده با مواد معدنی و ویتامینی این امر بسیار قابل اغماض بود و تفاوت معنی‌دار نبود.

Severson and Erickson (1984) شربت ذرت را به عنوان خوراک مکمل برای کلونی‌های زمستان‌گذران تغذیه کردند و افزایش اندکی در تولید نوزادان بهاره از کلونی‌های ارائه شده با شربت ساکارز در مقایسه با شربت ذرت را نشان دادند. کلونی‌ها در اندازه خوشه بهاره، وزن خشک زنبورهای کارگر یا تولید عسل در طول فصل تفاوت معنی‌داری نداشتند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که می‌توان شربت ذرت را در بلندمدت به عنوان خوراک، جایگزین ساکارز کرد. در این بررسی مشاهده شد که در تیمار خمیر ساکارز به شکل فوندانت، به دلیل کمبود منابع پروتئینی، مجبور به جمع آوری گرده بیشتری جهت تغذیه لاروها می‌شدند و احتمالا به همین دلیل این کلونی‌ها میزان عسل ذخیره‌ای بیشتر داشتند. در حالیکه کلونی‌های تغذیه شده با خمیرهای تهیه شده با شربت ذرت به دلیل تأمین قسمتی از پروفایل اسیدهای آمینه مورد نیاز برای تغذیه لاروها، نیاز کمتری به جمع آوری گرده داشتند. نتیجه مشابهی در ارتباط با کاهش ذخیره عسل در هنگام استفاده از خمیر شیرین حاوی نشاسته ذرت نسبت به شربت فروکتوز ذرت به دلیل داشتن پروتئین در کندوهای زنبورهای عسل گزارش شده است (Karimi Saeed Abadi *et al*., 2018). همچنین مشاهده شد که در شرایط کمبود و فقر غذایی، زنبور به ناچار برای ذخیره غذایی توسط ترشحات چینه دانی و آب، خمیرهای شیرین را تبدیل به مایع و در حجرات ذخیره می نماید که این امر در این بررسی قابل مشاهده بود. البته کاهش عملکردی صفات در تیمار خمیر شربت ذرت زرنام غنی شده ممکن است مربوط به عدم تأمین مواد مورد نیاز در مسیر متابولیسم باشد. با این حال، تولید لارو و نوزاد در تیمار خمیر تجاری با تیمار شربت ذرت گیاهی غنی شده با ویتامین و مواد معدنی یکسان بود. امروزه، زنبورداران تجاری از شربت مکمل نه تنها برای جلوگیری از گرسنگی، بلکه برای تشویق گسترش کلونی در مواقع کمبود یا برای ایجاد بهار زودرس استفاده می‌

کنند (Sammataro and Weiss, 2013). افزایش پرورش نوزادان به معنی افزایش کارایی گرده افشانی است، زیرا زنبورهای چراگر گرده‌جو نسبت به شهدجویان گرده افشان کارآمدتری هستند و گرده برای پرورش نوزادان و لاروها ضروری است (Goodwin, 1997).

با اینکه شربت ذرت یک خوراک زنبور عسل قابل قبول است ولی باید به مقدار هیدروکسی متیل فورفورال آن توجه شود. چون نگهداری آن در دمای اتاق به مدت طولانی باعث افزایش میزان متیل هیدروکسی فورفورال می‌شود (Ruiz-Matute *et al*., 2010; Weiss, 2009). به خصوص در جایی که شربت می‌تواند به راحتی بیش از حد گرم شود، این ترکیب تشکیل می‌شود. وجود هیدروکسی متیل فورفورال باعث ایجاد رنگ تیره در عسل می‌شود و برای زنبورهای عسل سمی است (LeBlanc *et al*., 2009). هنگام استفاده از شربت ذرت در زنبورستان باید آن را در محل خنک نگهداری کرد و با شربت قدیمی و استفاده نشده و آب مخلوط نشود. استفاده از لیمو و یا هر ترکیب اسیدی‌کننده در شربت ساکارز (Frizzera *et al*., 2020) و همچنین آب با دمای بیشتر از ۱۴ درجه سلسیوس برای رقیق‌سازی شربت ذرت یا تهیه شربت ساکارز به دلیل ایجاد هیدروکسی متیل فورفورال برای زنبور عسل مضر است (Szczesna *et al*., 2021).

گزارش شده است زنبورهای عسل از خمیر شیرین حاوی فروکتوز ذرت در مقایسه با عسل و همچنین شکر سفید و شکر قهوه‌ای کمتر مصرف می‌کنند، ولی استفاده از فروکتوز ذرت به دلیل شباهت قندش با عسل در مقایسه با نشاسته ذرت و همچنین نشاسته گندم و سیب زمینی در خمیر شیرین سبب افزایش مصرف خوراک می‌شود (Karimi Saeed Abadi *et al*., 2018). در آزمایش حاضر با توجه به اینکه صفات عملکردی در کلونی‌های خمیر گیاهی غنی شده با مواد ویتامینی و معدنی در مقابل ساکارز فوندات شده تقریباً یکسان می‌باشد اما از نظر مصرف خوراک میزان مصرف در تیمار ساکارز فوندات شده تقریباً ۳ برابر میزان مصرف در تیمار خمیر گیاهی غنی شده است که در شرایط اقتصادی استفاده از آن بسیار مقرون به صرفه خواهد بود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که شربت ذرت زرنام را می‌توان به شکل خمیری تهیه و به عنوان قسمتی از جایگزین گرده و مکمل گرده مورد استفاده قرار داد. همچنین می‌توان مواد ویتامینی و معدنی را به خمیر تهیه شده از شربت ذرت اضافه و در تغذیه زنبور عسل استفاده کرد. البته به نظر می‌رسد زنبور عسل تمایل به مصرف کمتر خمیر گیاهی فروکتوز غنی شده نسبت به خمیر تجاری دارد. احتمال می‌رود دلیل آن وجود مقدار قابل توجه پروتئین و سایر مواد مغذی و مقدار کافی کربوهیدات به عنوان منبع انرژی باشد. از این‌رو پیشنهاد می‌شود تا از خمیر شربت ذرت زرنام گیاهی به دلیل قیمت مناسب، سهولت استفاده از آن در مقایسه با شکر و سایر مزایا به عنوان راهکار مناسبی جهت کاهش هزینه تمام شده و افزایش بهره‌وری در تغذیه زنبور عسل استفاده شود.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و همچنین مدیریت محترم گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام به دلیل حمایت مالی که امکان انجام این تحقیق را فراهم نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abdel-Aal E-SM, Ziena HM, & Youssef MM. (1993). Adulteration of honey with high-fructose corn syrup: Detection by different methods. *Food Chemistry*, 48(2), 209-212. https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90061-J.

ویرایش نشده

Ahmadi A, Nehzati-paghale GA, Amiri Zandi M, & Abbasi S. (2014). Effect of different levels of vitamin C on queen laying rate and body protein percentage of worker in honey bee colonies (*Apis mellifera* L.). Iranian Journal of Animal Science, 45(1), 37-42. https://doi.org/10.22059/ijas.2014.51747. (In Persian).

Bailey L. (1966). The effect of acid-hydrolyzed sucrose on honeybees. *Journal of Picultural Research*, 5(3), 127-136. https://doi.org/10.1080/00218839.1966.11100146.

Barker RJ. (1971). Shouldn't a minimum food supply be specified for bee colonies rented for pollination? *Gleanings in Bee Culture*, 99, 299-315.

Barker R, & Lehner Y. (1974). Acceptance and sustenance value of naturally occurring sugars fed to newly emerged adult workers of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Experimental Zoology*, 187(2), 277-285. https://doi.org/10.1002/jez.1401870211.

Barker RJ, & Lehner Y. (1978). Laboratory comparison of high fructose corn syrup, grape syrup, honey, and sucrose syrup as maintenance food for caged honey bees. *Apidologie*, 9(2), 111-116. https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1978/02/Apidologie_0044-8435_1978_9_2_ART0003.pdf.

Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, & Gallmann P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677-689. https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745.

Dufault R, LeBlanc B, Schnoll R, Cornett C, Schweitzer L, Walling D, Hightower J, Patrick L, & Lukiw WJ. (2009). Mercury from chlor-alkali plants: measured concentrations in food product sugar. *Environmental Health*, 8(2), 1-6. https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-2.

Free JB, & Spencerbooth Y. (1961). Effect of feeding sugar syrup to honey-bee colonies. *Journal of Agricultural Science*, 57(2), 147-151. https://doi.org/10.1017/S0021859600047614.

Frizzera D, del Fabbro S, Ortis G, Zanni V, Bortolomeazzi R, Nazzi F, & Annoscia D. (2020). Possible side effects of sugar supplementary nutrition on honey bee health. *Apidologie*, 51(4), 594-608. https://doi.org/110.1007/s13592-020-00745-6.

Goodwin RM. (1997). Feeding sugar syrup to honey bee colonies to improve pollination: a review. *Bee World*, 78(2), 56-62. https://doi.org/10.1080/0005772X.1997.11099335.

Hanover LM, & White JS. (1993). Manufacturing, composition, and applications of fructose. *American Journal of Clinical Nutrition*, 58(5), 724S-732S. https://doi.org/10.1093/ajcn/58.5.724S.

Herbert EW. (1992). Honey bee nutrition. In: Graham JM. (Eds.), *The hive and the honey bee*. (pp. 197-233). Hamilton. Dadant and Sons.

Huang Z. (2019). Honey bee nutrition. A National Research and Extension Initiative to Reverse Pollinator Decline. https://bee-health.extension.org/honey-bee-nutrition.

Johansson TSK, & Johansson MP. (1976). Feeding sugar to bees. *Bee World*, 57(4), 137-143. https://doi.org/10.1080/0005772X.1976.11097616.

Johansson TSK, & Johansson MP. (1977). Feeding sugar to bees. *Bee World*, 58(2), 49-52. https://doi.org/10.1080/0005772X.1977.11097641.

Karimi Saeed Abadi HR, Aghdam Shahryar H, Shaddel Teli AA, & Salamatdoust Nobar R. (2018). Impact of various carbohydrate sources on functional attributes, colny population, feed intake, and quality of honey produced by the honeybee. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(4), 503-510. https://doi.org/10.9775/kvfd.2018.19445.

Khan KA, Ghramh HA, & Ahmad Z. (2022). Honey bee (*Apis mellifera jemenitica*) colony performance and queen fecundity in response to different nutritional practices. 29(5), 3151-3156. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.056.

LeBlanc BW, Eggleston G, Sammataro D, Cornett C, Dufault R, Deeby T, & St Cyr E. 2009. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57(16), 7369-7376. https://doi.org/10.1021/jf9014526.

Linko YY, Pohjola L, & Linko P. 1977. Entrapped glucose isomerase for high fructose syrup production. *Process Biochemistry*. 12, 14-17.
Long JE. (1986). High fructose corn syrup. *Cereal Foods World*, 31(12), 862-865.
Megherbi M, Herbreteau B, Faure R, & Salvador A. (2009). Polysaccharides as a marker for detection of corn sugar syrup addition in honey. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 57(6), 2105-2111. https://doi.org/10.1021/jf803384q.
Rinderer TE, & Baxter JR. (1980). Honeybee hoarding of high fructose corn syrup and cane sugar syrup. *American Bee Journal*, 120(12), 817-818.
Ruiz-Matute A, Weiss M, Sammataro D, Finley J, & Luz Sanz M. (2010). Carbohydrate composition of high-fructose corn syrups (HFCS) used for bee feeding: effect on honey composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58(12), 7317-7322. https://doi.org/10.1021/jf100758x.
Sammataro D, & Weiss M. (2013). Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or high fructose corn syrup. *Journal of Insect Science*, 13(19): 1-12. https://doi.org/10.1673/031.013.1901.
Schorin MD. (2005). High fructose corn syrups, Part 1: Composition, consumption, and metabolism. *Nutrition Today*, 40(6), 248-252.
Severson DW, & Erickson EH. (1984). Honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony performance in relation to supplemental carbohydrates. *Journal of Economic Entomology*, 77(6). 1473-1478. https://doi.org/10.1093/jee/77.6.1473.
Szczesna T, Was E, Semkiw P, Skubida P, Jaskiewicz K, & Witek M. (2021). Changes of physiochemical properties of starch syrups recommended for winter feeding of honey bees during storage. Agriculture, 11(4), 1-17. https://doi.org/10.3390/agriculture11040335.
Weiss M. (2009). Supplemental carbohydrates in apiculture: Effects upon honey bee (*Apis mellifera*) health and productivity. (M.S. thesis, Department of Entomology, University of Arizona, Tucson).
White JS. (2008). Straight talk about high-fructose corn syrup: what it is and what it isn't. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88(supplement 1), 1716S-1721S.

Extended abstract

Honey bees consume large amounts of their protein, fat, minerals and vitamins from pollen and energy from glucose and fructose sugars in flower nectar under natural conditions. It is possible many times that the flower nectars of the region cannot meet the needs of bee colonies in terms of quantity or quality. For this reason, beekeepers use sugar, which consists of the disaccharide sucrose, as the most important alternative to flower nectar when there is a shortage or to stimulate the colony to increase the population. The sugar can be used as a syrup or sweet paste. For bees to process carbohydrates and store them in honey, they must first break down disaccharides into monosaccharides because only monosaccharides can pass through the midgut wall to bee hemolymph for further use by cells. Corn syrup is a cheap food source for bee feeding, which has received particular attention at present due to the time-consuming and expensive preparation of sucrose solution and, on the other hand, due to its ease of use and cheaper price for bee feeding. Since the sugar profile of corn syrup is very similar to honey, its use in beekeeping has been widely spread. Corn syrup, obtained by multi-step enzymatic hydrolysis of corn starch, is a mixture of glucose and fructose and is a cheap and available source of carbohydrates, which is also used as a common nutritional sweetener in human consumption. Corn syrup is processed with fructose percentages of 42, 55 and 90, the rest of which are glucose sugar and hydrolyzable polymers. Corn syrup is in liquid form, and if it becomes a paste, it can replace the commercial paste compounds called sweet paste (a product of micronized sugar) in the commercial market. So corn syrup could be a suitable alternative in bee nutrition because its composition is very similar to honey, and most of it is monosaccharides. In this experiment, Zarnam corn syrup was mixed with different plant feedstuffs to prepare experimental treatments and evaluated with sucrose fondant paste. The performance indicators, colony population, and feed intake of honey bees were measured during six periods of three weeks.

Materials and Methods

Fourthy two honey bee colonies were prepared the same regarding population, larva and pupa, and pollen and honey reserves. After two weeks of preparing the colonies, experimental treatments prepared in the form of paste were provided to them. Seven cplonies were allocated to each of the six experimental treatments. The treatments were including a commercial sugar fondant paste, Zarnam syrup paste, enriched Zarnam syrup paste, Zarnam syrup herbal paste, and sucrose paste, were compared during six periods of three weeks in a repeated measure design. Seven bee colonies were assigned to each experimental treatment. The hives had sister queens of the same age, and all the hives were matched according to the number of larvae, eggs, and pupae before starting the experiment. After ensuring that the queens spawned, they were fed dilute sucrose syrup for two weeks to stimulate the colonies to activate and spawn the queens.

Results

The results of the experiment showed that among the corn syrup paste treatments, the beehives that were fed with the enriched corn syrup herbal paste treatment had statistically the same colony population, larva and pupa rate, egg laying rate, and pollen storage as compared to the sugar fondant paste treatment ($P<0.05$). Honey storage and feed consumption in sugar fondant paste were significantly higher than in other experimental treatments ($P<0.05$). The amount of honey storage and feed consumption increased significantly, while the colony population, larva and pupa rate, egg laying rate, and pollen storage increased over experimental time ($P<0.05$).

Conclusion

The results of this experiment show that Zarnam corn syrup can be prepared as a paste and used as a part of a pollen substitute and pollen supplement. Minerals and vitamins can also be added to the paste made from corn syrup and given to bees for use. However, honey bees seem to consume less fructose-enriched plant paste than commercial paste. The reason is likely the presence of a significant amount of protein and other nutrients and a sufficient amount of carbohydrates as an energy source. Therefore, the use of herbal Zarnam corn syrup paste due to its reasonable price, ease of use compared to sugar, and other advantages can be a suitable solution to reduce the cost and increase productivity in the bee colony.

ویرایش نشده