

تاریخ: ۹۴/۱۱/۱۰

شماره: ششم / ۶

مقدمه

یوکا (ساپونین) - متابولیسم نیتروژن و تخمیر شکمبه

ساپونین‌ها دترجنت‌هایی (سورفاکتانت‌های) هستند که در انواعی از گیاهان یافت می‌شوند. یک منبع عمده‌ی آنها گیاه بیابانی یوکا (*Yucca schidigera*) از مکزیک می‌باشد. ساپونین‌های یوکا، هسته و ساختاری استروئیدی دارند. ساپونین‌ها حاوی هسته‌ی لیپوفیلیک^۱ (استروئید^۲ یا تری‌ترین^۳ وئید^۳) و یک یا چند زنجیره‌ی جانبی کربوهیدرات محلول در آب هستند که فعالیت سورفاکتانتی نتیجه‌ای از وجود ملکول‌های محلول در آب و در چربی در یک ملکول است. یوکا در تغذیه‌ی حیوانات کاربردهای مختلفی دارد. عصاره‌ی یوکا به عنوان افزودنی برای کاهش آمونیاک و بوی مدفوع در حیوانات استفاده می‌شود. ساپونین‌ها، با خاصیت سورفاکتانتی خود، فعالیت ضدپروتوزوایی دارند؛ آنها دارای خصوصیات تجزیه‌ی غشائی هستند، و با کستروول در غشاء سلولی پروتوزوا کمپلکس تشکیل می‌دهند که سبب لیز (تجزیه‌ی) سلولی می‌شوند. آنها فعالیت ضد میکروبی دارند، و تخمیر شکمبه را به وسیله‌ی کاهش دادن پروتوزاهای شکمبه و بازنگه داشتن انتخ^۴ ای رشد برخی از باکتری‌ها اصلاح می‌کنند. به دنبال آن غلظت‌های آمونیاک شکمبه‌ای کاهش می‌یابد. ساپونین‌ها جذب لیپیدها را از طریق تشکیل میسل‌ها با اسیدهای صفراوی و کستروول در روده تحت تاثیر قرار می‌دهد. شواهدی وجود دارد که خوراندن ساپونین‌ها ممکن است سیستم ایمنی را تحریک کند و مقاومت به بیماری‌ها را افزایش دهد. بنابراین منابع جیره‌ای ساپونین چندین مزیت در تولید حیوانات دارد. در ادامه به بررسی نقش آن در متابولیسم نیتروژن و تخمیر شکمبه پرداخته می‌شود.

گیاه یوکا (*Yucca schidigera*)

گیاه یوکا با نام علمی *Yucca schidigera* گیاهی علفی از خانواده آگاواسه^۴، بومی بیابان‌های جنوب غربی ایالات متحده و شمالی مکزیک می‌باشد. این گیاه در طب سنتی توسط آمریکایی‌های بومی و هندی‌ها برای درمان بیماری‌های مختلفی شامل آرتروز استفاده شده است (Cheeke, 1998). عصاره‌ی یوکا از طریق فشار دادن مکانیکی مواد پودر شده در دستگاه عصاره‌گیری و شیره آن از طریق تبخیر تغلیظ می‌گردد. پودر یوکا و عصاره‌ی یوکا به عنوان افزودنی‌های جیره حیوان مورد استفاده هستند. اثرات مفید در حیوانات اهلی و

- 1- Lipophilic
- 2- Steroid
- 3- Triterpenoid
- 4- Agavaceae



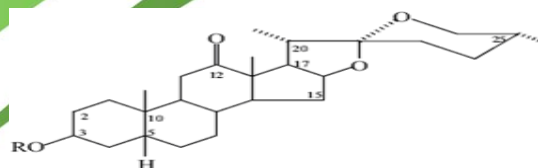
طیور شامل: افزایش سرعت رشد و بهبود ضریب تبدیل خوراک، کاهش آمونیاک و کنترل بوی محیط در جایگاه محصور حیوانات و طیور، فعالیت ضدپروتوزوایی و نماتودی، تعدیل جمعیت‌های میکروبی در معده‌ی نشخوارکنندگان، جلوگیری از رشد باکتری‌های گرم مثبت، کاهش مرده‌زایی در خوک، کاهش کلسترول در تخم‌مرغ و بافت، فعالیت ضد التهابی مفاصل در اسب و سگ‌ها می‌باشد. محصولات یوکا برای استفاده انسان نیز مورد تأیید FDA (سازمان غذا و دارو) است (Cheeke, 2005). عصاره گیاه یوکا دارای دو جزء فعال می‌باشد: جزء گلیکو که به آمونیاک متصل شده و جزء استروئیدی ساپونین که دارای خواص فعال سطحی می‌باشد (Cheeke, 2000; Kaya et al., 2003).

ساپونین‌ها

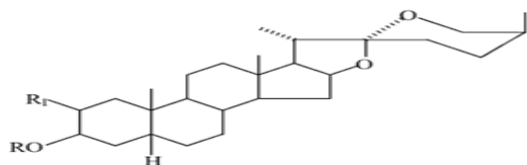
ساپونین‌ها حاوی هسته‌ی محلول در چربی هستند که یک یا چند زنجیره‌ی جانبی کربوهیدراتی دارند. این موضوع در شکل ۱ نشان داده شده است. ساپونین‌ها در رده‌های گوناگونی از ترکیبات موجود در بسیاری از گونه‌های گیاهی وجود دارند که بر اساس اسکلتی مشتق شده از پیش‌ساز اکسیدواسکولن^۱ ۳۰ کربنه به گلیکوزیل متصل می‌گردند و به دو دسته کلی گلیکوزیدهای تری‌ترپنوئید و استروئیدی تقسیم می‌شوند (Vincken et al., 2007). اثرات یوکا به عناصر شیمیایی فعال^۲ گیاهی، آن نسبت داده می‌شود. شناخته شده‌ترین آنها ساپونین‌های استروئیدی هستند. ساپونین‌ها شوینده‌های طبیعی هستند (Cheeke, 2006) که کف پایداری را تشکیل می‌دهند. ساپونین‌ها شامل هسته‌های چربی دوست (ساپوجنین) و یک یا بیشتر زنجیره‌ی جانبی کربوهیدراتی آب دوست هستند. ساپونین‌ها به عنوان قسمتی از سیستم دفاعی گیاه شناخته شده‌اند، بسیاری از آنها اثرات ضد میکروبی در جلوگیری از فعالیت قارچ و محافظت گیاهان از حمله حشرات می‌باشد (Francis et al., 2002; Wallace, 2004). ساپونین‌های استروئیدی ۱۰ درصد ماده خشک ساقه‌ی *Yucca schidigera* را شامل می‌شود که آن را یکی از غنی‌ترین منابع ساپونینی می‌سازد. اسید می‌تواند ترکیباتی از یوکا شامل آگلیکون‌های فورستانول و اسپیرواستانول را هیدرولیز می‌نماید. اینها شامل سارساپوجنین^۳، مارکوجنین^۴، اسمیلاجنین^۵، ساموجنین^۶، گیتوجنین^۷ و نوگیتوجنین^۸ می‌باشد که در گیاه ممکن است به صورت مخلوطی از ترکیب چندتایی گلیکوزیدی یافت شوند. آنها می‌توانند هم به صورت منو-دسموزیدهایی با یک زنجیره‌ی قندی متصل در 3-O- و هم دی-دسموزیدهایی با دو زنجیره‌ی قندی در موقعیت‌های 3-O- و 26-O- یافت شوند (Cheeke et al., 2006).

- 1- Oxidosqualene
- 2- Phytochemical
- 3- Sarsapogenin
- 4- Markogenin
- 5- Smilagenin
- 6- Samogenin
- 7- Gitogenin
- 8- Neogitogenin

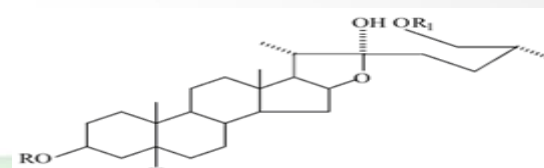




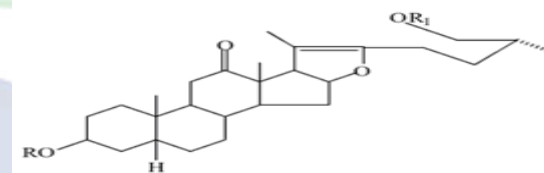
1: R = Glc (1-2)[Xyl (1-3)] Glc
3: R = Glc (1-2)[Glc (1-3)] Glc



2a: R = Glc (1-2) Xyl R₁ = H
2b: R = Glc (1-2)[Xyl (1-3)] Glc R₁ = H
4: R = Glc (1-2) Gal R₁ = OH



5: R = Glc (1-2) Glc R₁ = Glc
6: R = Glc (1-2)[Xyl (1-3)] Glc R₁ = Glc



7: R = Glc (1-2)[Xyl (1-3)] Glc R₁ = Glc

شکل ۱- ساختارهای ساپونین‌ها در *Yucca schidigera*. ترکیبات ۱-۴ منو-دسموزیدی و ۵-۷ بی-دسموزیدی

ساپونین‌ها، متابولیسم نیتروژن، و کنترل بو

عصاره‌های یوکا در حال حاضر به عنوان افزودنی‌ها برای حیوانات استفاده می‌شوند که عمدتاً برای کاهش بو و انتشار آمونیاک استفاده می‌شوند. اگر چه مکانیسم عمل روشن نیست، اثرات عصاره‌ی یوکا روی کاهش دادن غلظت‌های آمونیاک در ساختمان‌های حیوانات احتمالاً به ترکیبات ساپونین مربوط نباشد (Killeen et al. 1998a). این نویسندگان تعیین کردند که اثرات عصاره‌ی یوکا روی متابولیسم نیتروژن به وسیله‌ی بخش غیرقابل استخراج توسط بوتانل است، که عمدتاً حاوی کربوهیدرات‌ها است و ساپونین ندارد. بخش ساپونین توسط بوتانل قابل استخراج می‌باشد. ترکیبات فعال کاهنده‌ی آمونیاک در عصاره‌ی یوکا به شکل قطعی و نهایی تعیین نشده‌اند. در کنار ترکیبات کربوهیدرات‌ها، استیلین‌ها^۱ ممکن است در این راستا درگیر باشند. Kong (۱۹۹۸) یک استیلین پلی-هیدروکسی بازدارنده‌ی اوره‌آز^۲ (ترانس-تتراهیدروکسی-متوکسی استیلین^۳) را جدا کردند؛ همچنین پوست

- 1- Stilbeness
- 2- Urease-inhibiting polyhydroxy stilbene
- 3- Trans-tetrahydroxy- methoxystilbene



یوکا به ویژه از استیلین‌ها غنی می‌باشد (Oleszek et al. 1999)، که فعالیت آنتی‌اکسیدانتی دارند. Makkar و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که عصاره‌ی یوکا در باند کردن آمونیاک بسیار موثر می‌باشد.

اثرات عصاره‌ی یوکا بر متابولیسم نیتروژن شامل کاهش در آمونیاک و اوره‌ی سرم می‌باشد (Killeen et al. 1998a Hussain and Cheeke; 1995; Hussain et al. 1996). Killeen و همکاران (1998a) پیشنهاد دادند که ترکیبات عصاره‌ی یوکا غیرقابل استخراج توسط بوتانل ممکن است کارکرد کلیه را تغییر دهند که به تغییرات ادرار منجر شود، بنابراین سبب کاهش غلظت‌های اوره و آمونیاک خون می‌شود. در نشخوارکنندگان، خوراندن عصاره‌ی یوکا غلظت‌های آمونیاک شکمبه را کاهش داده است (Wallace et al. 1994; Hristov et al. 1999)؛ همان طور که در بخش بعدی این مقاله بحث خواهد شد این اثر در نتیجه‌ی کاهش پروتوزوهای شکمبه توسط ساپونین می‌باشد.

کاهش‌ها در غلظت اوره‌ی سرم در گاوها همان طور که توسط Hussain و Cheeke (۱۹۹۵) اشاره شد ممکن است که چندین کاربرد به ویژه در گاوهای شیری داشته باشد. تولید شیر و میزان گیرایی گاوهای شیری می‌تواند به شکل معکوسی از طریق تولید بالای آمونیاک شکمبه تحت تاثیر قرار بگیرد که به شکل سطوح بالای اوره‌ی شیر منعکس می‌شود (Visek 1984). اثرات بر تولیدمثل ممکن است نتیجه‌ای از سطوح افزایش یافته‌ی آمونیاک در دستگاه تولیدمثل باشد؛ یک افزایش در pH که توسط آمونیاک القاء شده است ممکن است حرکت و بقاء اسپرم را کاهش دهد. Elrod و Butler (۱۹۹۳) تغییراتی در pH رحمی زمانی که گاوهای شیری با سطوح بالای پروتئین قابل تخمیر تغذیه شدند گزارش کردند که به افزایش نیتروژن اوره‌ی خون (BUN) منتهی شد. افزایش یافتن BUN و نیتروژن اوره‌ی شیر (MUN) ممکن است نشان دهد که تولیدمثل در گاوهای شیری به مخاطره افتاده است (Hof et al. 1997). در اروپا، اعتقاد بسیاری وجود دارد که مصرف علوفه‌های بهاری اثرات منفی‌ای روی تولیدمثل گاوهای شیری در نتیجه‌ی تولید مقادیر بالای آمونیاک در شکمبه، و متعاقب آن سطوح بالای نیتروژن آمونیاکی پلازما (PAN) و BUN می‌شود. این موضوع می‌تواند استنتاج شود که عصاره‌ی یوکا خورنده شده به گاوها که علوفه‌های بهاری مصرف می‌کنند اثرات مطلوبی روی تولیدمثل از طریق کاهش دادن غلظت‌های آمونیاک شکمبه‌ای دارد.

ساپونین‌ها و تخمیر شکمبه‌ای

مطالعات نشان می‌دهند که بخش گلیکو در یوکا در باند کردن آمونیاک هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در موجود زنده موثر است (Wallace et al., 1994; Takahashi et al., 2000; Santoso et al., 2004). بر این اساس یک آزادسازی آهسته از نیتروژن برای حفظ غلظت پایین‌تر آمونیاک ممکن است تخمیر را از طریق حفظ نیتروژن شکمبه‌ای کافی برای رشد میکروبی بعد از خوردن افزایش دهد. افزایش یافتن قابلیت هضم شکمبه‌ای کربوهیدرات‌ها برای صنعت دامپروری مهم است چرا که مقدار انرژی‌ای که برای نیازهای متابولیکی حیوانات آزاد می‌شود را تامین می‌کند. مکمل کردن با یونوفرهای ضد میکروبی در افزایش دادن بازدهی استفاده از کربوهیدرات‌های ساختاری موثر است. با این همه صنعت دامپروری به دنبال تولیدات "طبیعی" است که فعالیت‌های مفید یونوفرها را داشته باشند، این موضوع به ویژه در اتحادیه‌ی اروپا به خاطر استفاده‌ی بالا از یونوفرها در نشخوارکنندگان وجود دارد.



در دهه‌ی ۱۹۸۰ علاقه به استفاده از یوکا برای فونزدایی در شکمبه مورد علاقه قرار گرفت، که جدیداً باز مورد توجه تحقیقات به خاطر اثرات مثبت فونزدایی روی متابولیسم شکمبه به آن شده است. به علاوه، یوکا تولید اسیدهای چرب فرار را افزایش می‌دهد در حالی که تولید متان را کاهش می‌دهد (Lila et al., 2003) که پیشنهاد داده شده است که ممکن است در افزایش دادن جمعیت میکروبی و تغییر تعادل کربن شکمبه‌ای برای افزایش هضم کربوهیدرات‌ها موثر باشد. مکمل کردن جیره‌ها با عصاره‌ی یوکا تخمیر را به سمت تولید پروپیونات هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در شرایط موجود زنده می‌برد (Spring, Girard et al., 1991; Newman, 1995; Goodall et al., 1979)، که احتمالاً حداقل بخشی از آن به خاطر کاهش جمعیت پروتوزا می‌باشد (Jouany et al., 1988). علاوه بر این افزایش در بازدهی حیوانات شیری (al., 1994; Valdez et al., 1986; Kil et) و گوشتی (Goodall et al., 1979) به همراه افزایش قابلیت هضم جیره گزارش شده است (Goetsch and Owens, 1985; Goodall, 1980; Matsushima, 1980).

یافته‌ها نشان می‌دهد که زمانی که عصاره‌ی یوکا به نشخوارکنندگان خورانده می‌شود کاهش در غلظت‌های آمونیاک شکمبه مشاهده می‌شود (Wallace et al. 1994). یک منبع عمده برای آمونیاک شکمبه‌ای پروتئولیز (تجزیه‌ی) پروتئین باکتریایی است، که در نتیجه‌ی خوردن باکتری‌های شکمبه‌ای توسط پروتوزواها رخ می‌دهد. ساپونین‌ها فعالیت ضدپروتوزوایی قوی‌ای دارند، مکانیسمی که به وسیله‌ی آن کمپلکس‌های غیرقابل برگشتی از ساپونین با کلاسترول تشکیل می‌دهد. توانایی تشکیل کمپلکس با کلاسترول و سایر استرول‌های ترکیبات غشاء‌های سلولی همه‌ی ارگانسیم‌ها به غیر از پروکاریوت‌ها (باکتری‌ها) را دارند. بنابراین، کاهش‌هایی در شمار پروتوزوا شکمبه زمانی که ساپونین خورانده شد (Lu and Jorgensen, 1987; Wallace et al. 1994; Klita et al. 1996)، و با سیستم‌های تخمیر در شرایط آزمایشگاهی (In vitro) (Wang et al. 1998; akkar et al. 1998) مشاهده شد، که به وسیله‌ی کاهش ساپونین‌ها با کلاسترول در غشاء سلول پروتوزوا می‌باشد که باعث شکستن غشاء شده و لیز سلول و مرگ آن می‌شوند. فعالیت ضدپروتوزوایی نیازمند ساختار دست‌نخورده‌ی ساپونین با هر دو بخش هسته و زنجیرهای جانبی است.

از آن جایی که ممکن است یک سازگاری باکتریایی شکمبه‌ای برای متابولیسم ساپونین وجود داشته باشد، یک راه برای حفظ فعالیت ضد پروتوزوایی ارابه دادن ساپونین به شکل تناوبی می‌باشد، چنین رژیم می‌تواند پروتوزوا را کاهش دهد اما بدون این که حضور مداوم ساپونین بتواند سازگاری ایجاد کند. Thalib و همکاران (۱۹۹۵) یافتند که خوراندن ساپونین به گوسفندان هر ۳ روز در کاهش دادن پروتوزوا و کاهش دادن غلظت‌های آمونیاکی شکمبه موثر است. نتیجه‌ی کاهش پروتوزوای شکمبه توسط ساپونین افزایش جریان خروجی پروتئین میکروبی از شکمبه می‌باشد (Wallace et al. 1994; Makkar and Becker, 1996).

Makkar و Becker (۱۹۹۷) مشاهده کردند که ساپونین‌ها در شکمبه بعد از ۶ ساعت پس از خوردن پایدار هستند، و این احتمال وجود دارد که این زمان ممکن است برای ساپونین‌ها که فعالیت ضد پروتوزوایی داشته باشند کافی باشد. اگر چه اثر بسیار مشهود ساپونین‌ها روی میکروب‌های شکمبه‌ای کاهش دادن پروتوزواها می‌باشد، اثراتی روی باکتری‌های شکمبه نیز وجود دارد (Wallace et al. 1994). با استفاده از محیط‌های کشت خالص باکتری‌های شکمبه، Wallace و همکاران (۱۹۹۴) مشاهده کردند که عصاره‌ی یوکا رشد *Prevotella ruminicola* را تحریک کرده، در حالی که رشد *Streptococcus bovis* را کاهش می‌دهد. خصوصیات ضدباکتریایی علیه باکتری‌های گرم مثبت بسیار قوی است، که شبیه عمل یونوفرها می‌باشد که آنها نیز پروتوزوها را کاهش می‌دهند. بنابراین اگر اثرمتقابلی بین ساپونین‌ها و یونوفرها وجود داشته باشد و اثر سینرژیستی آنها در تخمیر شکمبه

مشخص شود موضوع جذابی خواهد بود. فعالیت ضدپروتوزایی آنها از طریق مکانیسم‌ها متفاوتی عمل می‌کنند: ساپونین‌ها سبب لیز سلول از طریق تاثیر بر کلاسترول در غشاء سلولی می‌شوند، در حالی که یونوفرها انتقال یون‌ها را بر هم می‌زنند. پروتوزوهای شکمبه قادر به سازگاری و یا سم‌زدایی ساپونین نیستند (Newbold et al. 1997). Wang و همکاران در چندین مطالعه (Wang et al. 1998; Wang et al. 2000a,b) نشان دادند که ساپونین‌های یوکا تمایل به افزایش فعالیت آمیلولایتیک شکمبه و کاهش فعالیت سلولایتیک دارد. اثرات روی باکتری‌های آمیلولایتیک وابسته به گونه می‌باشد (Wang et al. 2000b). باکتری‌های گرم مثبت توسط ساپونین یوکا باز نگه داشته می‌شوند، در حالی که گونه‌های گرم منفی یا تحریک می‌شوند و یا تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند. اثرات شبیه اثرات یونوفرها می‌باشد. قارچ‌های شکمبه به شدت به ساپونین‌های یوکا حساس هستند (Wang, 2000b)، همان‌طور که آنها به یونوفرها حساس می‌باشند. Wang و همکاران پیشنهاد دادند که احتمال بسیار آن است که مکمل یوکا در جیره‌های نشخوارکنندگان غنی از دانه‌های غلات است. مکانیسم عمل اثرات ضدباکتریایی ساپونین‌ها به نظر می‌رسد به خصوصیت‌های تجزیه‌ی غشاء آنها نسبت به این که به شکل ساده فشار سطحی محیط خارج سلولی را تغییر دهد مربوط باشد (Killeen et al. 1998b). Sen و همکاران (۱۹۹۸) یک پاسخ وابسته به دوز جمعیت *E. coli* به ساپونین‌های یوکا مشاهده کردند، به طوری که در غلظت‌های پایین فعالیت افزایشی رشد و با غلظت‌های بالا اثر بازدارندگی دارد. بنابراین اثر آنها در جمعیت مخلوطی از باکتری‌هایی که در شکمبه موجود است دشوار که پیش‌بینی شود.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر عصاره‌ی یوکا حاوی ساپونین در صنعت خوراک برای کنترل آمونیاک و بو استفاده می‌شود. ترکیبات فعال در این راستا جهت کنترل آمونیاک احتمالا کربوهیدرات‌های یوکا نسبت به ساپونین‌ها باشند. اثرات ویژه‌ی ساپونین‌های موجود در یوکا، اصلاح میکروب‌های روده به ویژه در نشخوارکنندگان می‌باشد. ساپونین‌ها پروتوزوهای شکمبه را از طریق باند شدن با کلاسترول در غشاء سلولی پروتوزوا که باعث لیز و مرگ آنها می‌شود، کاهش می‌دهند. ساپونین‌ها رشد باکتری‌های گرم مثبت را نیز باز نگه می‌دارند.

حمیدرضا همتی متین

بخش علمی شرکت پیشگامان سپند گستر