

نقش و اهمیت کولین به عنوان دهنده‌ی بنیان متیل در دام

مقدمه

نقش و اهمیت گروه‌های متیل برای موجودات زنده، از آنجایی مشخص می‌شود که این گروه در بدن موجودات زنده سنتز نمی‌شوند بلکه تامین آن از طریق منابع غذایی از قبیل بتائین، کولین، متیونین، ویتامین B12، اسید فولیک و ویتامین B6 صورت می‌گیرد. از آنجایی که گروه متیل نقش‌های مختلف و متنوعی را در سیستم عصبی، ایمنی، کلیه و قلب ایفا می‌کند و نیز به دلیل آنکه تعیین مقدار مورد نیاز بدن به گروه متیل مشکل و پیچیده می‌باشد، متاسفانه تاکنون در منابع علمی مقدار دقیق مورد نیاز برای این گروه ذکر نشده است. از سه منبع (کولین، بتائین و متیونین) که دارای گروه متیل در ساختمان خود می‌باشند، فقط بتائین می‌تواند به طور مستقیم به عنوان دهنده‌ی گروه متیل در سیکل انتقال این گروه در کبد دخالت داشته باشد. باید توجه داشت زمانی که کولین و متیونین بخواهند در نقش یک دهنده‌ی متیل ظاهر شوند، باید شکل ساختمانی خود را تغییر دهند. یعنی کولین برای آنکه بتواند به عنوان دهنده‌ی گروه متیل عمل کند باید به بتائین تبدیل شود. در سنتز اسیدهای چرب بنیان متیل برای تولید شدن زنجیره‌ی اسیدهای چرب لازم است. در ساخته شدن لیپوپروتئین‌ها، به خصوص لیپوپروتئین‌های با دانسیته بسیار پائین (VLDL) وجود بنیان متیل به عنوان جزئی از ساختمان فسفولیپیدها ضروری است. با این حال بحث و اختلاف نظر قابل توجه‌ای بین متخصصان تغذیه، در مورد هر یک از نیازهای کمی وجود دارد. یکی از اجزاء بسیار مهم در تغذیه دام‌ها ترکیبات دهنده‌ی متیل (کولین، بتائین و متیونین) هستند (Emmanuel, and Kennelly, 1984). این گروه در بدن موجودات زنده سنتز نمی‌شوند و باید از طریق منابع غذایی تامین شوند (دانایال زاده و زارعیان، ۱۳۷۴).

کولین جزئی از ساختمان فسفولیپیدهاست و به همین دلیل برای ساخته شدن VLDL و خروج تری‌گلیسیرید از کبد و عملکرد مطلوب کبد بسیار ضروری است (Hartwell et al.,)

2000). در زیر نقش و اهمیت کولین به عنوان دهنده‌ی بنیان متیل در دام به اختصار بحث خواهد شد و درباره‌ی نقش، اهمیت و چگونگی عملکرد آنها در دام دامی توضیح داده خواهد شد.

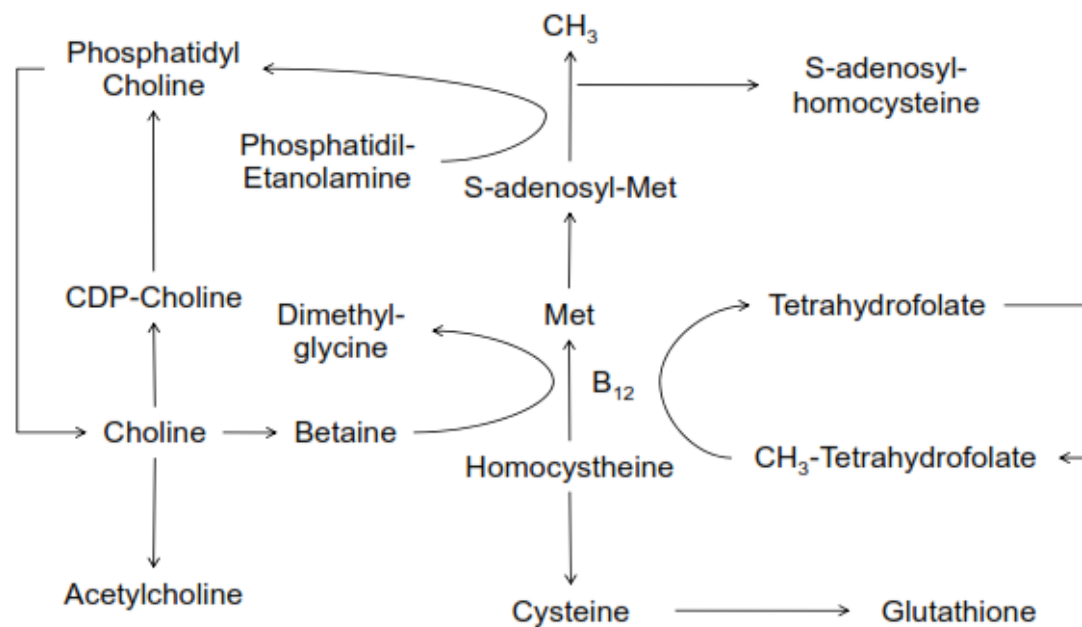
کولین^۱

کولین $[(CH_3)_3N+CH_2CH_2OH]$ همچنین به عنوان تری‌متیل اتانول آمین شناخته می‌شود، ترکیب ضروری جیره‌ی پستانداران است که به عنوان کارکرد نرمال سلول‌ها شناخته شده است. کولین توسط Andreas Strecker در سال ۱۸۶۲ کشف شد، اما تا سال ۱۹۹۸ برای انسان نقش ضروری آن ناشناخته باقی ماند. در ابتدا کولین ضروری برای جلوگیری از کبد چرب در موش‌های صحرایی و سگ‌ها شناخته شد (Best and Huntsman, 1932). کولین ترکیب کلیدی برای سنتز دو ملکول مهم یعنی فسفاتیدیل کولین و استیل کولین (شکل ۱) می‌باشد. فسفاتیدیل کولین مهم‌ترین فسفولیپید در نشخوارکنندگان است و برای جذب و انتقال لیپید، ساختار غشاء سلولی، انتقال پیام سلولی، و سنتز لیپوپروتئین‌ها حیاتی است (Zeisel and Holmes-McNary, 2001). استیل کولین یک نوروترانسمیتر در سیستم عصبی مرکزی و محیطی است و برای انقباضات عضلانی ضروری است. کولین یکپارچگی ساختار و نقش‌های پیام‌رسانی در غشاء سلولی را حمایت می‌کند و منبع عمده برای گروه‌های متیل از طریق بتائین برای مسیرهای متابولیکی متیلاسیون می‌باشد (شکل ۱). با این همه در تغذیه‌ی نشخوارکنندگان کولین به عنوان ترکیب غیرضروری مورد توجه قرار می‌گیرد چرا که تنها تا ۳۰ درصد از کولین مورد نیاز توسط جریان روده‌ای کولین تامین می‌شود (Erdman, 1992). بنابراین اکثر کولین مورد نیاز توسط گاوهای شیری باید از طریق سنتز دنوو (*de novo*) از طریق متیلاسیون فسفاتیدیل اتانول آمین با گروه‌های متیل که از طریق S-آدنوزیل-L-متیونین تولید شود (Zeisel and Holmes-McNary, 2001). با این همه، به خاطر اینکه سنتز دنوو می‌تواند دهنده‌های متیل کافی برای سنتز فسفاتیدیل کولین را فراهم کند، حضور این فرآیند به این معنی نیست که تامین مازاد جیره‌ای و جذب روده‌ای کولین برای سلامت و متابولیسم بهینه نیاز نیست.

1- Choline



Methylation Pathways (DNA, proteins, lipids)



شکل ۱- مسیرهای متابولیکی کولین و ارتباطهای آن با اسید فولیک و متیونین به عنوان ناقل گروه CH_3 برای فرآیندهای متیلاسیون (Santos and Lima, 2002)

کولین بازی قوی است چرا که حاوی نیتروژن چهاروجهی تری متیله است. کولین یک مولکول کوچک محلول در آب است و جزء ویتامین‌های گروه B طبقه‌بندی می‌شود اما تعریف استاندارد یک ویتامین را ندارد (McDowell, 1989). کولین ترکیب حیاتی برای بافت‌ها است و در گونه‌های غیرنشنخوارکنندگان به بزرگی ویتامین‌های محلول در آب مورد

نیاز است (گرم یا میلی گرم، Whitehead and Portsmouth, 1989). کولین برای ساخت و حفظ ساختار مولکولی ضروری است و در ساختمان لسیتین و اسفنگومیلین به کار می‌رود و در متابولیسم چربی در کبد نقش ضروری داشته که با تحریک انتقال آنها از کبد به صورت لسیتین و یا افزایش تجزیه‌ی اسیدهای چرب از تجمع غیرطبیعی چربی در کبد جلوگیری می‌کند. کولین یکی از منابع گروه متیل است که برای تشکیل متیونین از هموسیستئین و کراتین از اسید گوانیدیک به کار می‌رود (NRC, 2001; Sales et al., 2010). سنتز دنوو کولین از طریق متیلاسیون متوالی فسفاتیدیل اتانول آمین رخ می‌دهند، گروه‌های متیل از طریق S-آدنوزیل-L-متیونین تامین می‌شود (Zeisel, 1988, 1992; Mato et al., 1994). گروه‌های متیل ممکن است از منابع اگزوزنوس نظیر متیونین، بتائین و کولین فراهم شوند اما مسیر دنوو در بدن می‌تواند از سیستم تتراهیدروفولات افزایش یابد (Zeisel, 1988, 1992)، که ویتامین B12 در این فرآیند درگیر می‌باشد (Scott 1992, 1995; Kennedy et al 1999). بنابراین کولین جیره‌ای، متیونین و بتائوین و اسید فولیک و ویتامین B12 همگی در تامین نیازمندی برای کولین سهیم هستند. به همین خاطر کولین ممکن است ماده‌ی غذایی مهمی و ضروری برای پستانداران زمانی که متیونین و اسیدفولیک مازاد در جیره وجود نداشته باشد در نظر گرفته شود (Zeisel et al. 1991; Zeisel, 2000).

منابع کولین و زیست‌فراهمی آنها

مقدار کولین آزاد، استیل کولین و فسفولیپیدهای حاوی کولین در بافت‌های گیاهی و حیوانی به شکل گسترده‌ای فرق دارند (Kuksis & Mookerjea, 1978; Zeisel, 1988, 1992). در اجزای خوراکی و منابع چربی خام غیرفرآوری شده اکثر کولین به شکل فسفاتیدیل کولین (لسیتین) وجود دارد (جدول ۱). از این نقطه نظر منابع نسبتاً غنی از کولین سویا، کنجاله‌ی سویا و کنجاله‌ی منداب، پودر ماهی و مشتقات مخمر می‌باشد (Whitehead & Portsmouth, 1989; Baker, 1995). با این همه زیست‌فراهمی کولین "متوسط" در نظر گرفته می‌شود (Whitehead & Portsmouth, 1989; Baker, 1995). کولین کاملاً در پرمیکس‌های ویتامینه و مواد معدنی پایدار است اما زیست‌فراهمی آن متغیر است. زیست‌فراهمی کنجاله‌ی سویا که به عنوان یک منبع عالی زیست‌فراهمی برای غیرنشخوارکنندگان در نظر گرفته می‌شود (Baker, 1995) حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد می‌باشد و برای کنجاله

منداب ۲۴ درصد می‌باشد (Baker, 1995; Schutte, 1999). کولین کلراید (۸۷ درصد کولین) به عنوان جایگزینی برای منابع خوراکی است اما جاذب رطوبت است و بنابراین به

عنوان عاملی برای به خطر انداختن پرمیکس ویتامین-مواد معدنی می‌شود.

جدول ۱- محتوای کولین اقلام خوراکی (میلی‌گرم بر کیلوگرم، ماده‌ی خشک) (برگرفته از Whitehead and Portsmouth, 1989)

Feedstuff	Choline (mg/kg)
Barley	900
Cottonseed meal	2600
Fishmeal	3500
Herring-meal	3500
Lucerne	250
Maize	435
Maize gluten feed (20 % crude protein)	250
Meat and bone meal	1600
Millet	600
Oats	800
Peas	650
Rapeseed meal	6500
Soyabean meal	2500
Sunflower-seed meal	2600
Wheat	900

کولین دارای دو وظیفه‌ی مهم در بدن است. یکی به عنوان نقش خود کولین که در غشاءهای سلولی است (Zeisel 1988, 1992; Kuksis & Mookerjea, 1978; Ruiz *et al.* 1983) و دیگری به عنوان دهنده‌ی گروه متیل (Mookerjea, 1978; Kuksis & Zeisel, 1988) مطرح می‌باشد. در ادامه متابولیسم آن در شکمبه و نقش دهنده‌گی متیل آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

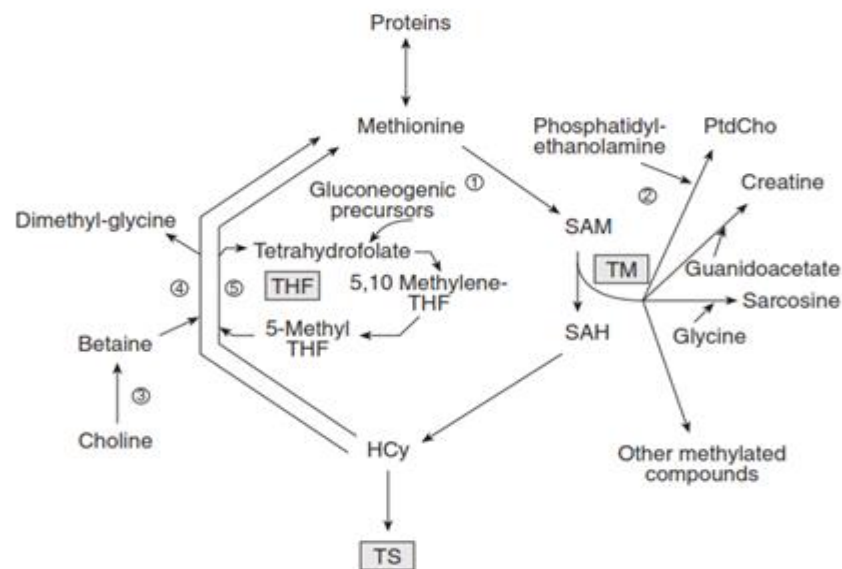
متابولیسم شکمبه‌ای

کولینی که به روده‌ی کوچک گاوها می‌رسد به شکل فسفاتیدیل کولین موجود در میکروبیوم‌های شکمبه، عمدتاً پروتوزوئوها، می‌باشد (Aroad and Dawson, 1976). جیره‌های با کنسانتره بالا معمولاً شمار پروتوزوئوها را کاهش می‌دهند که می‌تواند تامین کولین برای گاو را محدود کند. تجزیه‌ی شکمبه‌ای در شرایط آزمایشگاهی برای کولین موجود در مواد غذایی برای گاوها تخمین زده شده است (Sharma and Erdman 1989a). میانگین تخمین تجزیه برای کولین به ترتیب ۷۹/۴، ۸۴/۷، ۸۲/۹، ۸۳/۸، ۹۸/۰ و ۹۸/۶ درصد برای جو، کنجاله‌ی دانه‌ی کتان، پودر ماهی، کنجاله‌ی سویا، کولین استئارات و کولین کلراید بود. نویسندگان پیشنهاد دادند که کولین جیره‌ای تغذیه شده به شکل غیرمحافظت شده تنها به شکل کمی جریان بعد از شکمبه‌ای در گاوهای شیری را افزایش می‌دهد. در حقیقت تغذیه‌ی غلظت‌های مختلف کولین جیره‌ای (از ۰ تا ۵ گرم در کیلوگرم از جیره بر حسب ماده‌ی خشک) اثری روی تولید شیر یا شیر تصحیح شده برای چربی نداشت، اما کولین تمایل به افزایش چربی و درصد آن داشت (Atkins *et al.*, 1988). زمانی که گاوهای شیری شیرده ۰، ۱۰ و ۲۰ گرم از مکمل کولین را دریافت کردند، مصرف کل کولین از ۲۳/۵ تا ۱۷۷ و سپس ۳۲۶ گرم در روز افزایش یافت، اما جریان دوازدهه تنها از ۱/۲ به ۱/۳ و سپس به ۲/۵ به ترتیب افزایش یافت (Sharma and Erdman, 1988b). از آنجایی که تجزیه‌ی بالای کولین در شکمبه رخ می‌دهد، تخمین‌ها از جریان دوازدهه‌ای کولین به سختی می‌تواند با نیازمندی‌های کولین که در شیر ترشح می‌شود هم‌خوانی داشته باشد (Deuchler *et al.*, 1998; Pinotti *et al.*, 2003). اگر چه کولین مورد نیاز برای گاوهای شیری مستند نشده است (NRC, 2001). Erdman (1992) پیشنهاد دادند که جریان دوازدهه‌ای کولین معرف کمتر از ۳۰ درصد از نیازمندی روزانه است. برای دام‌های امروزی پیشنهاد داده می‌شود که آنها با

کمبود پیوسته‌ی کولین مواجه باشند. در این راستا برخی محققان پیشنهاد دادند که گاوهای شیری ممکن است نیازمندی‌هایی فراتر از نیاز برای دهنده‌ی گروه متیل داشته باشند و نمی‌تواند توسط مکمل متیونین تحت‌الشعاع قرار گیرد (Sharma and Erdman, 1988a). بنابراین به خاطر اینکه کولین موجود در اقلام خوراکی یا اضافه شده به جیره به شدت در شکمبه تجزیه می‌شوند (Atkins et al., 1988; Sharma and Erdman, 1988b)، کولین باید از تجزیه‌ی شکمبه‌ای محافظت شود تا برای دام‌های شیری با ارزش شود.

کولین به عنوان دهنده‌ی گروه متیل

کولین به عنوان منبعی از گروه‌های متیل آزاد برای بیوسنتز دیگر ترکیبات متیل‌دار نقش دارد (Ruiz et al. 1983; Stipanuk, 1986; Xue & Snoswell, 1986a,b; Zeisel, 1992). تقاضا برای کولین به عنوان دهنده‌ی گروه متیل احتمالا مهم‌ترین فاکتور تعیین کننده‌ای است که چطور کمبود شدید کولین سریعاً یک وضعیت بیماری را ایجاد می‌کند (Zeisel et al. 1991). دو گروه اساسی دهنده‌ی گروه متیل در متابولیسم حیوانات بتائین (یک متابولیت کولین) و S-آدنوزیل-L-متیونین (یک متابولیت متیونین) می‌باشد. از آن جایی که آنها هر دو گروه‌های متیل آزاد هستند، کولین و متیونین ارتباط نزدیک متابولیکی با هم دارند (Stipanuk 1986; Xue & Snoswell, 1986a,b; Zeisel, 1992; Mato et al. 1994). این موضوع در شکل ۱ نشان داده شده است.



Metabolic pathways of methyl groups. SAM, S-adenosyl-L-methionine; SAH, Adenosylhomocysteine; HCys, Homocysteine; PtdCho, Phosphatidylcholine; 5-Methyl-THF, 5-Methyl-tetrahydrofolate; 5,10 Methylene-THF, 5,10-Methylene-tetrahydrofolate; TM, Transmethylation pathway; TS, Transsulfuration pathway; THF Tetrahydrofolate system; ① S-adenosyl-L-methionine synthetase, also called methionine-adenosyltransferase (EC 2.5.1.6); ② Phosphatidylethanolamine methyltransferase (EC 2.1.1.17); ③ Choline oxidase (EC 1.1.3.17); ④ Betaine-homocysteine methyltransferase (EC 2.1.1.5); ⑤ Methionine synthase (EC 2.1.1.13) (Adapted from Xue & Snoswell, 1986a; Mato *et al.* 1994; Armentano, 1994).

شکل - مسیرهای متابولیکی گروه‌های متیل

کولین در تغذیه‌ی گاو شیری

همان طور که بیان شد کولین ترکیب دهنده‌ی گروه متیل است که نقش اساسی در سنتز لیپوپروتئین‌ها با وزن ملکولی بسیار پایین (VLDL) دارد که به موجب آن در خارج کردن چربی از جگر نقش دارد. تحقیقات اولیه پیشنهاد دادند که گاوهای پرتولید ممکن است در اطراف زایمان دچار کمبود کولین شوند و به موجب آن شدیداً به طور معکوسی کارکرد کبد را به ویژه در سنتز و ترشح VLDL مختل کنند (Pinotti et al., 2002; Cook et al., 2007).

تحقیقات نخستین اثرات افزودن کولین جیره‌ای را بر سنتز چربی شیر نشان دادند. Erdman و همکاران (۱۹۸۴) گزارش کردند که مکمل جیره‌ای با کولین کلراید محافظت نشده اثرات مثبتی روی تولید شیر تصحیح شده ۴ درصد و خود درصد چربی شیر دارد (جدول ۳). بنابراین پیشنهاد داده شد که کولین ممکن است نقشی در تولید چربی در جلوگیری از سندروم چربی پایین شیر داشته باشد (Erdman et al. 1984). به نظر نمی‌رسد که کولین اثری روی pH شکمبه یا روی نسبت مولاری استات:پروپیونات داشته باشد؛ بنابراین نتیجه‌گیری شد که افزایش در چربی شیر به تغییرات در تخمیر شکمبه‌ای مربوط نمی‌باشد (Erdman et al. 1984; Atkins et al. 1988) و ممکن است به دلیل بهبود انتقال لیپید از بافت چربی از طریق جگر به غدد پستانی باشد (Erdman et al. 1984). در آزمایشی دیگر با استفاده از کولین کلراید محافظت نشده نه تولید شیر و نه ترکیب شیر تحت تاثیر قرار نگرفت (جدول ۳) که تجزیه‌ی سریع کولین در شکمبه را پیشنهاد دادند (Atkins et al. 1988; Sharma & Erdman, 1988b). این موضوع همچنین پیشنهاد داده شده است که مقادیر بالای کولین (بیشتر از ۲۸۰ گرم در روز) به طور معنی‌داری مصرف ماده‌ی خشک را کاهش می‌دهد (Sharma & Erdman, 1988b). بنابراین نشان داده شده که کولین محافظت نشده ارزش کمی برای گاوهای شیری دارد. نشان داده شده است که کولین کلراید اضافه شده به خوراک نشخوارکنندگان به شدت در شکمبه تجزیه می‌شود (Sharma and Erdman, 1989; Bonomi et al., 1996) و به این دلیل کولین غیرمحافظت شده جیره‌ای به شکل غیرمعنی‌داری در ذخیره کولین بدن سهیم است. مکمل محافظت شده‌ی کولین راهی جایگزین است چرا که حدود ۲۰ درصد فسفاتیدیل کولین و دیگر فسفاتیدها (فسفاتیدیل اتانل آمین و فسفاتیدیل اینزیتول) و لسیتین‌ها را دارد (Van gerpen, 2004). کولین می‌تواند همچنین اثر یدکی برای متیونین (۱۰ گرم از کولین می‌تواند گروه‌های متیل معادل ۴۴ گرم از متیونین را ایجاد کند) داشته باشد. جیره‌های فقیر در متیونین ممکن است با

افزودن ۳۰ گرم کولین محافظت شده بهبود یابد (Grummer et al, 1987). با این همه دیگر تحقیقات نشان دادند که خوراندن کولین کلراید محافظت شده یا تزریق پس از شکمبه‌ای کولین می‌تواند هم تولید و هم ترکیب شیر را تغییر دهد (جدول ۳) (Deuchler et al. 1998; ; Erdman & Sharma, 1991; Erdman, 1994; DiCostanzo & Spain, 1995). اخیراً منابع کولین محافظت شده از طریق قرار دادن آن در پوشش چربی از تجزیه‌ی شکمبه محافظت می‌شوند. نتایج نشان داد که کولین محافظت شده به طور معنی‌داری تبدیل NEFA را به تری‌گلیسیرید ذخیره شده کاهش داده و گلیکوژن در جگر گاوهای شیری در زمان گوساله‌زایی و اوایل شیردهی افزایش داده است (Overton et al, 2000). این تغییرات متابولیکی می‌تواند خطر کتوز کلینیکی را کاهش دهد. مکمل کولین نه تنها برای به دست آوردن حداکثر عملکرد بلکه همچنین برای تشکیل کولین از متیونین ضروری است (Emmanuel & Kennelly, 1984) و ممکن است به شکل جزئی اثر محرک آن روی تولید شیر، مسئول این موضوع باشد (Sharma & Erdman, 1988a).



جدول ۳- اثرات مکمل کولین محافظت نشده بر تولید شیر، ترکیب شیر و سایر پارامترها در گاوهای شیری

Stage of lactation	Total choline supplemented (g/d)	Choline effects	Reference
Weeks 10–22	41.5	– Milk yield ↓ Plasma NEFA	Erdman <i>et al.</i> (1984)
Weeks 22–25	48.7	– Milk yield ↑ Milk fat content, milk fat yield ↑ 4 % fat-corrected milk	Erdman <i>et al.</i> (1984)
Weeks 22–25	73.2	– Milk yield ↑ Milk fat content, milk fat yield ↑ 4 % fat-corrected milk	Erdman <i>et al.</i> (1984)
Weeks 4–13	73.4	– Milk yield ↑ Rumen acetate	Atkins <i>et al.</i> (1988)
Mid-lactation	282	– Milk yield ↓ DM intake	Sharma & Erdman (1988b)
Late lactation	325	↑ Flow of choline in the duodenum ↓ Rumen pH ↓ Rumen propionate ↑ Rumen acetate:propionate ratio ↑ Rumen NH ₃	Sharma & Erdman (1988b)
Weeks 4–24	10	↑ Milk yield ↑ Milk fat content, milk fat yield ↑ Milk protein content, milk protein yield ↑ Plasma NEFA, methionine, and glucose ↓ Plasma glutamate-oxalacetate transaminase	Bonomi <i>et al.</i> (1996)

↑, Increase relative to control (no choline supplementation); ↓, decrease relative to control (no choline supplementation); –, no effect; NEFA, non-esterified fatty acids.

مکمل محافظت شده‌ی کولین به گاوهای دوره‌ی انتقال و اوایل شیرده نشان داده شده است که نه تنها تولید شیر (Erdman and Sharma, 1991; Pinotti et al., 2003) بلکه همچنین سنتز لیپید (Piepenbrink and Overton, 2003) را بهبود می‌دهد. Pinotti و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که کولین ممکن است انتقال چربی به خون را بهبود دهد؛ بنابراین خطر بیماری کبد چربی و کتوز را در گاوهای اطراف زایمان کاهش دهد. اخیراً Hartwell و همکاران (۲۰۰۰) فهمیدند که ۱۲ گرم کولین محافظت شده که از ۲۸ روزگی برای گوساله‌ها خورانده شد، سن تولید شیر را در مدت ۸ هفته شیردهی زمانی که با سطح پایین پروتئین تجزیه‌ناپذیر شکمبه همراستا شد بهبود داد. این اثر کولین به خاطر اثر یدکی کولین روی

متابولیسم متیونین در آغاز شیردهی زمانی که شدیداً متیونین برای سنتز کولین مورد نیاز است مربوط می‌باشد (Hartwell et al. 2000). در مطالعه‌ی Overton و Piepenbrink (۲۰۰۰) مکمل کولین محافظ شده تولید شیر را تحت تاثیر قرار نداد اما پیشنهاد داده شده که متابولیسم اسید چرب کبدی به منبع تغذیه در دوره‌ی اطراف زایمان وابسته است چرا که کولین به عنوان دهنده‌ی متیل در سنتز کارنیتین به کار می‌رود (Griffith, 1987) و کارنیتین برای اکسیداسیون اسید چرب ضروری است. Pinotti و همکاران (۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) با استفاده از ۲۰ گرم کولین محافظ شده در دوره‌ی انتقال و جیره‌ی بر پایه‌ی سیلو و از روز ۱۴ روزگی قبل از زایمان و تا ۳۰ روز بعد از زایمان نشان دادند که تولید شیر افزایش می‌یابد که به کارکردهای کولین به عنوان دهنده‌ی متیل نسبت داده شد، احتمالاً این موضوع با سهم بالای سیلو در جیره افزایش می‌یابد (Chamberlain et al. 1989). همچنین گاوهای دریافت کننده‌ی کولین محافظ شده سطوح آلفا توکوفرول بالاتری و نسبت‌های آلفا توکوفرول:کلسترول بالاتری در پلاسما نسبت به شاهد داشتند. حداقل بخشی از افزایش آلفا توکوفرول احتمالاً به خاطر بهبود در جذب و انتقال چربی القاء شده با مکمل کولین می‌باشد که برهم‌کنش کولین-ویتامین E را پیشنهاد می‌کند. نتایج متاآنالیزها افزایش معنی‌دار ۴/۹ پوند تولید شیر و ۱/۶ پوند مصرف ماده‌ی خشک را در روز با استفاده از کولین محافظت شده گزارش کردند (Grummer, 2012). از طرفی کولین محافظت شده در شکمبه افزایش وزن روزانه را به میزان ۸/۶ درصد و راندمان خوراک را به میزان ۷/۶ درصد در گوساله‌ها افزایش داد (بیندل و همکاران 2000). کولین محافظت شده در شکمبه افزایش وزن روزانه، راندمان غذایی و درجه‌بندی لاشه را افزایش و امتیاز ماربلینگ را در گوساله‌های اخته کاهش داد (برایانت و همکاران، 1999). نشان داده شد که کولین محافظت شده عملکرد رشد گاوهای پرواری را نیز بدون این که اثر منفی بر خصوصیات لاشه داشته باشد بهبود داده است. محققان یک برهم‌کنش بین چربی جیره و کولین مکملی را مشاهده کردند. مکانیسمی که به وسیله‌ی آن کولین عملکرد رشد را بهبود می‌دهد مشخص نیست. بهبودها ممکن است به خاطر تغییرات در متابولیسم چربی و/یا انتقال آن باشد. در گاو شیری، مکمل کولین عملکرد شیردهی و میزان باروری را بهبود داده است (Janovick Guretzky et al., 2006).

نتیجه گیری کلی

با توجه به اهمیت و نقش کولین به عنوان دهنده‌ی متیل که در بالا بر شمرده شد، می‌توان این گونه اظهار نمود که استفاده از این گروه در جهت افزایش تولیدات دام جزء لاینفک تغذیه است. در گاوهای شیری به خصوص در اوایل زایمان این گروه در جیره باید گنجانیده شود. استفاده از متیونین در گاوهای شیری هم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست و هم اینکه میزان تجزیه‌پذیری آن در شکمبه بسیار بالا است. کولین کلراید موجود در بازار هم تا ۹۸ درصد در شکمبه تجزیه می‌شود پس تنها راه استفاده از آن در جیره غذایی گاوهای شیری استفاده از شکل محافظت شده در برابر تجزیه شکمبه ای کولین است که هم اکنون استفاده از آن در صنعت پرورش گاو شیری اروپا و آمریکا رونق بسیاری یافته است. در حیوانات نشخوارکننده زیست فراهمی کولین پایین است و پیش‌سازها برای مسیر تتراهیدروفولات به ویژه در شروع شیردهی محدود می‌باشد. بنابراین باز تاکید می‌شود که کولین ممکن است ماده‌ی غذایی محدود کننده برای تولید شیر در گاوهای شیری پرتولید باشد.

مقدار کولین مورد نیاز تغذیه‌ی گاو شیری را مشخص نکردند (Erdman *et al.* 1984; Atkins *et al.* 1988; Sharma & Erdman, 1988b; Bonomi *et al.* 1996) با این حال مکمل کولین محافظت نشده از ۱۰ تا ۳۲۶ گرم (Erdman & Sharma, 1991; Pinotti *et al.* 2000, 2001, 1994; Bonomi *et al.* 1996; Deuchler *et al.* 1998; Hartwell *et al.* 2000, 2002) پیشنهاد داده شده است و کولین محافظت شده از ۲ تا ۵۰ گرم (Erdman & Sharma, 1991; Erdman 1994; Bonomi *et al.* 1996; Deuchler *et al.* 1998;) پیشنهاد داده شده است. (Hartwell *et al.* 2000; Pinotti *et al.* 2000, 2001, 2002)

حمیدرضا همتی متین

شرکت پیشگامان سپند گستر

