



موسسه تحقیقات علوم دامی



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

## آمونیاکی کردن کاه و دیگر فرآورده‌های فرعی بخش کشاورزی برای تغذیه دام

نویسنده: علیرضا طالبیان مسعودی

همکار: مجید توکلی

۱۴۰۱

**عنوان: آمونیاکی کردن کاه و دیگر فرآورده‌های فرعی بخش کشاورزی**

**برای تغذیه دام**

**نویسنده: علیرضا طالبیان مسعودی**

**همکار: مجید توکلی**

**طراح روی جلد: مجید توکلی**

**صفحه‌آرا: رقیه شکری**

**مدیر داخلی: ویدا همتی**

**تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور- دفتر شبکه دانش و**

**رسانه‌های ترویجی**

**ناشر: نشر آموزش کشاورزی**

**شمارگان: ۱۰۰۰**

**نوبت چاپ: دوم / ۱۴۰۱**

**قیمت: رایگان**

**مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.**

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۶۲۶۲۳ به تاریخ ۱۴۰۱/۰۹/۱۵ است.

نشانی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، پلاک ۱ و ۲، معاونت ترویج،

صندوق پستی: ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵، تلفکس: ۲۲۴۱۳۹۲۳-۲۱

## فهرست مطالب

|    |                                                                |
|----|----------------------------------------------------------------|
| ۱  | پیشگفتار .....                                                 |
| ۵  | مقدمه و ضرورت فرآوری .....                                     |
| ۹  | روش‌های فرآوری .....                                           |
| ۱۲ | روش آمونیاکی کردن .....                                        |
| ۱۳ | منابع آمونیاک قابل استفاده .....                               |
| ۱۵ | روش‌های اجرا .....                                             |
| ۱۷ | عوامل مؤثر بر کارایی روش آمونیاکی کردن .....                   |
| ۱۸ | آمونیاکی کردن با استفاده از گاز آمونیاک به روش پشته‌سازی ..... |
| ۳۰ | زمان کامل شدن فرآوری .....                                     |
| ۳۲ | نکات مهم قبل از مصرف محصول آمونیاکی در جیره دام .....          |
| ۳۵ | اثرات آمونیاکی کردن بر ساختمان کاه و ارزش غذایی .....          |
| ۳۸ | اثرات استفاده از پس‌ماندهای آمونیاکی در تغذیه دام .....        |
| ۴۱ | برآورد مزیت اقتصادی .....                                      |
| ۴۳ | ملاحظات ایمنی .....                                            |
| ۴۵ | منابع .....                                                    |



موضوع امنیت غذایی، یکی از اصلی‌ترین وظایف حاکمیت است و درباره اهمیت و ضرورت آن زیاد صحبت شده لیکن در اتخاذ رویکردهای مناسب بر پایه برنامه‌ای صحیح و هدفمند و عملیاتی کردن آن با تعریف و اجرای طرح‌های کلان و ملی به ویژه با اتکاء بر دانش و امکانات موجود و منطبق با شرایط پیش روی کشور، چالش‌های زیادی دیده می‌شود و به نظر می‌رسد که با هدف مورد تأکید در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ یعنی تحقق امنیت غذایی در بستر محیط زیست پایدار، فاصله نسبتاً زیادی وجود دارد. شرایط موجود نظیر افزایش قیمت غذا و تورم شدید در قیمت مواد خوراکی، کاهش سرانه مصرف گوشت و شیر، ناپایداری سامانه‌های تولیدی، وابستگی به واردات تولیدات دامی و خوراک دام که از نشانه‌های تهدید امنیت غذایی می‌باشد، در کنار سیاست‌های افزایش جمعیت و شرایط اقلیمی حال حاضر و آینده به ویژه از نظر کاهش و محدودیت شدید منابع آبی کشور، افق مبهمی را برای نیل به امنیت غذایی پیش رو قرار می‌دهد.

در این راستا، فرآورده‌های فرعی کشاورزی که بیش از مقدار تولید محصولات اصلی کشاورزی بر جای می‌مانند (حدود ۱/۵ تا ۳ برابر در محصولات مختلف)، منابعی مهم و با ارزشی هستند. از جایی که یکی از کاربردهای اصلی و مهم این فرآورده‌های فرعی، استفاده از آنها در جیره غذایی و خوراک دام است، توجه و بهره‌برداری بهینه از آنها می‌تواند کمک شایانی در افزایش سطح امنیت غذایی بنماید. ترکیبات پیچیده لیگنوسلولزی این مواد، استفاده از مواد مغذی و انرژی آنها توسط دام را محدود می‌نماید. لذا با توجه به خصوصیات این فرآورده‌ها شامل مقدار پروتئین ناچیز و گوارش پذیری کم آنها در دام که موانع اصلی استفاده مؤثر در تغذیه دام می‌باشند، برای بهره‌برداری بهینه، نیاز به فرآوری آنها بوده و استفاده از این مواد به شکل خام و فرآوری نشده به مثابه ائتلاف منابع است.

کارهای تحقیقاتی زیادی درخصوص تعیین و بهبود ارزش غذایی آنها در کشور و دنیا انجام شده و نزدیک به یک قرن است که روش‌های گوناگونی برای این منظور معرفی و در بسیاری از کشورها با توجه به شرایط و امکانات در سطح وسیع بکار گرفته شده و در حال استفاده می‌باشد. متأسفانه این موضوع مهم به دلایل مختلف در کشور مغفول مانده و عزم جدی برای آموزش، ترویج و رفع موانع فراگیر شدن آنها به شکلی که منجر به جایگزینی استفاده از پسماندهای فرآوری شده بجای پسماندهای خام در سراسر کشور گردد،

مشاهده نمی‌شود و اندک تلاش‌های صورت گرفته در این خصوص در ایام گذشته نیز ادامه نیافته است.

اگرچه ریشه‌یابی علل عدم موفقیت این برنامه‌ها در گذشته برای رفع موانع اجرای برنامه‌های جدید ضروری است، لیکن تغییر شرایط موجود کفه ترازو را از سمت مواد خوراکی رایج به سمت استفاده از پسماندهای کشاورزی سنگین‌تر کرده و اقلامی که در گذشته‌ای نه چندان دور مورد پذیرش دامداران قرار نمی‌گرفت یا در مزرعه سوزانده می‌شد، امروزه به شکل گسترده در حال استفاده است و این فرصت مغتنمی است که کار آموزش و ترویج فرآوری ضایعات جهت تغذیه دام نیز به موازات آن انجام شود.

بدون شک فرآوری پسماندهای کشاورزی نیز در آینده‌ای دیر یا زود و به اجبار مورد پذیرش قرار خواهد گرفت لیکن وظیفهٔ مسؤولان، کارشناسان، دامداران، دانشجویان و علاقمندان این حوزه که بار سنگین تولید غذا را برای خانواده و هموطنان روی دوش خود دارند است که اتلاف این منابع و گذر زمان را برنتابند و با تحقیق، آموزش و ترویج روشهای مؤثر و اقتصادی فرآوری، قدمی مهم در راه نیل به امنیت غذایی کشور بردارند.

دو ویژگی مهم دام نشخوارکننده شامل تبدیل علوفه و بقایای کشاورزی کم ارزش به تولیدات دامی با ارزش و امکان استفاده از نیتروژن غیرپروتئینی در جیره و تبدیل آن به پروتئین حقیقی، ظرفیت قابل توجهی را برای تولید

غذا ایجاد نموده و استفاده مؤثر از این توانایی منحصر به فرد گام بلندی در مسیر نیل به توسعه پایدار و امنیت غذایی است.

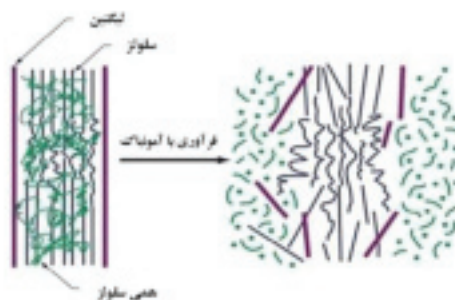
از جمله روش‌های فرآوری مواد خشبی می‌توان به آمونیاکی کردن کاه و دیگر فرآورده‌های فرعی کشاورزی اشاره کرد که یکی از روش‌های ساده و مؤثر افزایش ارزش غذایی آنها جهت تغذیه دام است. این روش ضمن افزایش مقدار پروتئین خام پسماندها و توسعه مصرف نیتروژن غیرپروتئینی در جیره، باعث افزایش گوارش‌پذیری آنها نیز شده در نتیجه مواد مغذی بیشتری از آنها برای دام فراهم می‌شود که باعث افزایش سطح مصرف آنها در جیره و تبدیل آنها به تولیدات دامی می‌شود. تولید خوراک از این طریق یعنی با افزایش بهره‌وری و تکیه بر ضایعات کشاورزی و استفاده بهینه از آنها، نیاز به علوفه و خوراک‌های رایج را کاهش می‌دهد که با توجه به محدودیت شدید منابع آبی برای تولید آنها، امری کاملاً ضروری و نیاز روز کشور و بخش پرورش و تغذیه دام می‌باشد. در این دستنامه، مجموعه‌ای از اطلاعات اصلی و دستورالعمل‌های مربوط به این روش فرآوری برای آشنایی، مراجعه و استفاده علاقمندان ارائه می‌گردد.

## مقدمه و ضرورت فرآوری

کمبود علوفه و خوراک دام مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید گوشت قرمز و دیگر فرآورده‌های دامی در کشور است و نتیجه آن، کاهش چشمگیر سرانه مصرف این فرآورده‌ها، اجبار به واردات آنها یا واردات خوراک دام و خروج ارز از کشور می‌باشد، درحالی‌که بخش قابل توجهی از ظرفیت تولید گوشت قرمز و دیگر فرآورده‌های دامی به همین دلیل مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این موضوع ضمن تهدید امنیت غذایی و پایداری تولید، باعث بروز مشکلات اجتماعی شده و سطح سلامت و رضایت مندی جامعه، به ویژه طبقه کم درآمد را کاهش می‌دهد.

از طرف دیگر، کمبود آب و شرایط اقلیمی پیش رو نیز در بسیاری نقاط اجازه افزایش بیشتر تولید علوفه و خوراک دام را نمی‌دهد و یکی از راهکارهای مدیریت این چالش، استفاده بهینه از پسماندهای کشاورزی در تغذیه دام است. برآورد می‌گردد که سالانه بیش از ۲۰ میلیون تن از این فرآورده‌های فرعی در کشور از تولید محصولات کشاورزی بر جای می‌ماند که مقدار زیادی از آن قابل استحصال و استفاده بهینه در تغذیه دام می‌باشد. این فرآورده‌ها شامل پسماندهای عمده تولیدات زراعی نظیر کاه غلات (گندم، جو و برنج)، برگ و ساقه ذرت دانه‌ای پس از برداشت ذرت و محصولات جانبی نیشکر (سرشاخه و باگاس) و غیره هستند که ظرفیت زیادی برای استفاده در خوراک دام

دارند. پسماندهای کشاورزی، موادی حجیم و شامل بخش غیر دانه‌ای گیاه هستند که خصوصیات عمده آنها عبارت از مقدار الیاف و لیگنین زیاد، پروتئین کم، عناصر معدنی نامتعادل و گوارش‌پذیری کمتر در مقایسه با خوراک‌های رایج است. علیرغم ارزش غذایی کم آنها برای دام‌های پر تولید، این مواد خوراک عمده دام در بسیاری مناطق به ویژه کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهند. این فرآورده‌های فرعی حاوی مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های الیافی شامل سلولز و همی سلولز هستند که به همراه اجزاء غیر کربوهیدراتی مثل لیگنین یا سیلیکا (در کاه برنج)، دیواره سلول گیاهی را تشکیل داده، لیکن ترکیب پیچیده لیگنین غیرقابل هضم با سلولز و همی سلولز (در کاه برنج به ترتیب اولویت اول سیلیکا سپس لیگنین)، عامل اصلی کاهش گوارش‌پذیری آنها در دام و محدودکننده مصرف مواد مغذی و انرژی موجود در آنها است. به بیان ساده مواد مغذی قابل استفاده برای دام در کاه و دیگر پسماندها وجود دارد ولی در یک ساختمان پیچیده محبوس شده و برای اینکه دام بتواند از آنها استفاده کند، این ساختمان (شامل ماتریکس لیگنین) باید تخریب و بلورینگی سلولز تغییر یابد (در کاه برنج، شکسته شدن لایه کوتیکول سیلیسی شده) تا سطح قابل دسترس برای چسبندگی میکروب‌های شکمبه روی ذرات این مواد افزایش یابد به طوری که مواد مغذی قابل دسترس شوند و میکروارگانیسم‌ها پتانسیل بیشتری برای هضم آنها پیدا کنند (شکل ۱).



شکل ۱- سمت چپ شکل ساختمان پیچیده کاه و سمت راست تاثیر آمونیاکی کردن در تخریب ساختمان و قابل دسترس شدن مواد آن

مشکل دیگر این فرآورده‌های فرعی برای استفاده در تغذیه دام، مقدار ناچیز پروتئین آنها است و مصرف این مواد خشبی با کیفیت پایین می‌تواند بوسیله مکمل‌دهی نیتروژن غیرپروتئینی و پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه افزایش یابد.

عمل‌آوری یا فرآوری پسماندهای کشاورزی با هدف اصلی افزایش ارزش غذایی آنها برای دام انجام می‌شود که بسته به روش فرآوری می‌تواند بر مقدار مواد مغذی قابل هضم آنها، گوارش‌پذیری، سرعت تجزیه در شکمبه و عبور از لوله گوارش، خوشخوراکی و مقدار مصرف توسط دام اثر بگذارد یا شرایط نگهداری، حمل و نقل و مصرف آنها را در جیره بهبود بخشد.

فرآوری کاه و سایر پسماندها جهت افزایش گوارش‌پذیری الیاف آنها باعث افزایش تولید دام می‌شود زیرا از یک طرف



با بهبود هضم آنها، مصرف دام افزایش می‌یابد و از طرف دیگر مواد مغذی موجود در آنها تبدیل به تولیدات دامی می‌شود درحالی که گوارش ناقص الیاف در کاه فرآوری نشده همراه کاهش مصرف خوراک باعث محدود شدن تولید و سودآوری شده و بخش قابل توجهی از مواد مغذی آنها از طریق کود دام دفع می‌شود.

دلیل دیگر برای افزایش گوارش‌پذیری الیاف، افزایش تأمین انرژی برای دام از خوراک‌های الیافی است که توسط انسان مصرف نمی‌شوند. افزایش تقاضا برای غلات و رقابت انسان و دام برای مصرف غلات در بخش خوراک باعث افزایش و نوسانات قیمت غلات شده درحالی که خوراک‌های الیافی کمتر در معرض این تقاضاهای رقابتی و نوسانات قیمتی هستند.

مزیت دیگری که فرآوری آمونیاکی کردن پسماندهای کشاورزی دارد، استفاده از نیتروژن غیرپروتئینی در جیره دام نشخوارکننده و جایگزین کردن آن با بخشی از پروتئین مورد نیاز دام است. این تکنیک با تکیه بر قابلیت دام نشخوارکننده برای تبدیل نیتروژن غیرپروتئینی به پروتئین حقیقی توسط میکروفلورای شکمبه صورت می‌گیرد. ازجایی که نیتروژن غیر پروتئینی، قیمت به مراتب کمتری از پروتئین‌های حقیقی دارد با اینکار قیمت جیره کاهش می‌یابد و با کاهش رقابت انسان و دام برای غذا، حرکت مؤثری در مسیر توسعه پایدار بخش برداشته

می‌شود. ضرورت بعدی فرآوری و استفاده بهینه از کاه و دیگر فرآورده‌های فرعی کشاورزی، دلایل زیست محیطی است. فرآوری باعث افزایش مقدار مواد مغذی قابل هضم می‌شود از این‌رو به نوعی تولید مواد مغذی بیشتر صورت می‌گیرد و این افزایش از طریق بهره‌وری و بدون نیاز به زمین، آب، کود و سایر نهاده‌ها انجام می‌شود. در بسیاری مناطق نیز با هدف آماده‌سازی سریع‌تر زمین برای کشت بعدی اقدام به سوزاندن پسماندهای کشاورزی می‌نمایند که عوارض نامطلوب زیست محیطی نیز دارد و فرآوری و استفاده بهینه از آن می‌تواند جلوی این خسارت به محیط زیست را بگیرد. کاهش تولید گاز متان در شکمبه که هنگام مصرف محصولات آمونیاکی در مقایسه با پسماندهای خام گزارش شده است، نیز از جمله فواید زیست محیطی این روش فرآوری می‌باشد.

### روش‌های فرآوری

روش‌های متعددی برای فرآوری کاه و دیگر پسماندهای لیگنوسلولزی مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این روش‌ها افزایش کیفیت کاه از طریق لیگنین زدایی، سیلیس زدایی، سست کردن پیوند استری همی سلولز و هیدرولیز سلولز است که می‌تواند موجب بهبود گوارش پذیری کاه شود.

• فرآوری‌های فیزیکی یا مکانیکی مثل خرد کردن و آسیاب کردن که اندازه قطعات پسماند را کاهش داده و از انباشتگی آنها در دستگاه گوارش دام می‌کاهد. خرد کردن باعث بهبود گوارش‌پذیری کاه نمی‌شود لیکن مصرف آن را توسط دام بیشتر می‌نماید. همچنین ناحیه سطحی ذرات پسماند را برای تشکیل کلنی و حمله میکروبی در شکمبه افزایش می‌دهد. آسیاب کردن نیز اگرچه ناحیه سطحی ذرات پسماند را افزایش می‌دهد لیکن با افزایش یافتن سرعت عبور مواد آسیاب شده در شکمبه، گوارش‌پذیری آن کاهش می‌یابد. استفاده از گرما، رطوبت، فشار، پرتودهی، جوشاندن، خیس کردن، میکروویو و اولتراسونیک نیز برای بهبود ارزش غذایی پسماندهای کشاورزی بکار گرفته شده و علیرغم برخی موفقیت‌ها در تجزیه لیگنوسلولز، آبکافت بخشی از همی سلولز و افزایش ناحیه سطحی ذرات، به مرحله کاربرد عملی و اقتصادی در سطح گسترده نرسیده است.

• فناوری‌های ژنتیکی و اصلاح نژادی برای تولید محصولات زراعی که فرآورده‌های فرعی با کیفیت بیشتر و لیگنین کمتر دارند و بهتر توسط دام هضم می‌شوند.

• فرآوری‌های شیمیایی که به منظور تسهیل حمله میکروب‌های شکمبه به دیواره لیگنینی شده سلول‌های گیاهی و شکستن پیوندهای لیگنین با کربوهیدرات طراحی شده‌اند، مثل قلیایی کردن که با قلیاهای قوی نظیر سود،

آهک و غیره یا با استفاده از آمونیاک یا پیش‌سازهای آن نظیر اوره انجام می‌شود و اسیدی کردن که با اسیدهای معدنی قوی یا مواد آلی نظیر فرمالدئید، دی اکسید گوگرد، اکسیدکننده‌های قوی نظیر گاز ازن، ضایعات لجن فعال و غیره صورت می‌گیرد.

- فرآوری‌های بیولوژیکی مثل استفاده از آنزیم‌های هضم‌کننده الیاف یا استفاده از باکتری‌ها، مخمرها، قارچ‌ها، حشرات، تک‌سلولی‌ها و یا تخمیر از طریق سیلوسازی برای هضم الیاف که با هدف تخریب ساختار پیچیده سلولز، همی سلولز و لیگنین در دیواره سلول گیاهی و امکان دسترسی بیشتر میکروب‌های شکمبه برای تخمیر یا استفاده از مواد مغذی تولید شده از آنها انجام می‌شود.

برخی روش‌های تلفیقی نیز مورد استفاده قرار گرفته نظیر روش انبساط الیاف با آمونیاک که از دمای زیاد، رطوبت و فشار برای تجزیه لیگنوسلولز استفاده می‌شود و بیش از آمونیاکی کردن به تنهایی مؤثر است اما در رآکتورهای مخصوص انجام می‌شود و به سادگی قابل استفاده در مزارع نیست. همچنین تغییر شرایط شکمبه شامل ترکیب جمعیت و شرایط فعالیت آن با استفاده از برخی ترکیبات و بافرها به منظور افزایش کارایی شکمبه در هضم مواد لیگنوسلولزی و پس‌ماندها بکار گرفته شده است. بیشتر روش‌های فرآوری مورد اشاره به دلایل گوناگون از جمله کم اثر بودن و هزینه بر بودن تا نیاز به تجهیزات خاص، ملاحظات ایمنی و عدم

امکان انجام آن در سطح واحدها به شکل گسترده، چندان مورد استقبال قرار نگرفته اند به استثناء روش قلیایی کردن به ویژه با آمونیاک و پیش‌سازهای آن مثل اوره که به شکل گسترده سال‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. این روش یکی از روش‌های شیمیایی فرآوری از طریق قلیایی کردن و رایج‌ترین روش آن است و عموماً گوارش‌پذیری علوفه‌های کم کیفیت هنگامی که با قلیا فرآوری می‌شوند و به تغذیه دام می‌رسند افزایش می‌یابد. این فرآوری همچنین باعث افزایش مصرف ماده خشک پسماند توسط دام شده، نرخ رشد دام و ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد.

### روش آمونیاکی کردن

روش آمونیاکی کردن به منظور افزایش فراهمی انرژی خوراک‌های علوفه‌ای کم‌کیفیت برای دام طراحی شده است. این روش یکی از راه‌کارهای فرآوری شیمیایی (قلیایی کردن) برای بهبود کیفیت الیاف است که از سال ۱۹۳۳ میلادی مطالعات آن آغاز و نزدیک به یک قرن تحقیق و کار در این زمینه انجام شده است. همچنین بیشترین مقدار فرآوری کاه و سایر پسماندها در دنیا تاکنون با این روش انجام شده است و در حال حاضر نیز در بسیاری کشورها در حال انجام است. در این روش، گوارش‌پذیری الیاف بخاطر اثر آبکافت قلیا روی پیوندهای بین لیگنین، سیلیکا و پلی‌ساکاریدهای ساختمانی، صابونی

کردن پیوندهای اسید استیک با اسیدهای فنولیک، تورم دیواره‌های سلولی و محلول کردن جزئی همی سلولز، لیگنین، پروتئین و سیلیکا در ساختمان کاه یا سایر پسماندها بهبود پیدا می‌کند. این فرآوری بر روی علوفه‌های کم کیفیت، کاه و دیگر فرآورده‌های لیگنوسلولزی فرعی بخش کشاورزی باعث افزایش مصرف، گوارش پذیری بیشتر و افزایش تولید دام می‌شود. در این روش با معرفی یک منبع نیتروژن غیرپروتئینی در جیره، رشد میکروب‌های شکمبه بخاطر دسترسی راحت به نیتروژن برای ساخت اسیدهای آمینه مورد نیاز تحریک می‌شود. همچنین به خاطر امکان حمل ایمن تر آمونیاک به خصوص شکل گازی آن و اجرای کار در یک سامانه بسته، تماس با انسان در مقایسه با دیگر روش‌های شیمیایی کاهش می‌یابد.

### منابع آمونیاک قابل استفاده

آمونیاکی کردن با استفاده از آمونیاک ( $\text{NH}_4$ ) به شکل محلول آمونیاک یا آمونیاک بدون آب (گاز آمونیاک)، بی کربنات آمونیوم ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) یا محلول اوره ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) (کود سفید حل شده داخل آب) انجام می‌شود. در روش آمونیاکی کردن با هر یک از منابع تامین آمونیاک از مقادیر ارائه شده در جدول (۱) استفاده می‌شود.

## جدول ۱- مقدار مورد نیاز از ماده شیمیایی برای آمونیاکی کردن

| ماده شیمیایی                  | مقدار (درصد ماده خشک کاه) |
|-------------------------------|---------------------------|
| اوره (بصورت محلول پاشی)       | ۵-۴                       |
| آمونیاک مایع (۲۰ درصد)        | ۱۲                        |
| بی کربنات آمونیوم             | ۱۲-۸                      |
| آمونیاک بدون آب (گاز آمونیاک) | ۳- ۲/۵                    |

روش‌های آمونیاکی کردن با منابع مختلف آمونیاک هر یک مزایا و معایبی دارند که بایستی با توجه به شرایط، دسترسی، امکانات و دانش و تجربه بهره‌برداران روش مناسب انتخاب و بکار گرفته شود. آمونیاکی کردن یا با استفاده مستقیم از آمونیاک (به شکل محلول یا گاز آمونیاک) انجام می‌شود و یا با سایر ترکیبات پیش‌ساز آمونیاک نظیر اوره که توسط آنزیم اوره آز میکروبی در محیط، آبکافت و تبدیل به آمونیاک می‌شود.

آمونیاکی کردن با گاز آمونیاک و محلول آمونیاک نسبت به محلول اوره نیازمند دقت بیشتر و رعایت نکات ایمنی است زیرا آمونیاک به شدت سوزاننده است و در صورت عدم رعایت نکات ایمنی می‌تواند خطرناک باشد. در مقابل آمونیاکی کردن با محلول اوره کم خطر است. آمونیاکی کردن با محلول یا گاز آمونیاک (آمونیاک بدون آب) مناسب واحدهای بزرگ بوده و برای فرآوری حجم زیاد پسماند مناسب است درحالی که آمونیاکی کردن با اوره برای بهره‌برداران کوچک و فرآوری حجم کمتر فرآورده‌های

فرعی کشاورزی بهتر است. در دنیا به سه شکل این فرآوری انجام می‌شود. در شکل اول، فرآوری توسط کارخانه‌های ایجاد شده در قطب‌های تولید پسماندهای کشاورزی اجرا می‌شود و محصول آمونیاکی در اختیار بهره‌برداران قرار می‌گیرد. این روش می‌تواند هزینه فرآوری را تا حد زیادی کاهش دهد. در شکل دوم، فرآوری توسط بخش خصوصی آموزش دیده و مجهز به امکانات مورد نیاز، در واحد بهره‌بردار یا در مزرعه قبل از حمل پسماند اجرا می‌شود و در شکل سوم این روش توسط خود بهره‌بردار پس از دیدن آموزش و کسب تجربه قابل اجرا می‌باشد.

### روش‌های اجرای کار

آمونیاکی کردن می‌تواند به سه روش اصلی پشته سازی، تهیه در سیلو و گازدهی در انبار، اتاق، محفظه یا مخزن کاملاً بسته و عایق در برابر فرار گاز صورت گیرد. علاوه بر این سه روش اصلی، روش‌های دیگری نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال آمونیاکی کردن درون کیسه‌های پلاستیکی که به خاطر هزینه اولیه کمتر، زودتر مورد پذیرش دامداران قرار می‌گیرد ولی به هر حال خرید مکرر کیسه‌های پلاستیکی هزینه‌ها را افزایش داده و کاربرد روش برای آمونیاکی کردن مقدار زیاد کاه را محدود می‌نماید. همچنین کیسه‌های پلاستیکی تونلی نیز برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۲ و ۳).

در هر یک از این روش‌ها نیاز است تا کاه یا دیگر پسماند مورد نظر در محیط بسته در مجاورت آمونیاک (یا محلول اوره) قرار گیرد تا در مدت زمان خاصی که بستگی به دمای محیط دارد، فرآوری انجام و کامل شود. بدیهی است که اگر محیط بسته نباشد و امکان خروج آمونیاک از آن فراهم باشد، فرآوری بطور کامل و بهینه انجام نخواهد شد. به این کار عایق‌بندی گفته می‌شود که هدف آن جلوگیری از خروج گاز است. این کار با روش‌های مختلف نظیر ساخت پشته کاه و دیگر پسماندها به شکلی که درون پلاستیک کاملاً محصور باشد، ریختن مواد درون سیلویی که به خوبی با پلاستیک پوشانده و عایق شده یا استفاده از اتاق عایق و مناسب انجام می‌شود. لذا آمونیاکی کردن با روش‌های مختلفی نظیر پشته‌سازی، اجرا در مخازن، سیلوها یا اتاق‌های کاملاً بسته قابل انجام است.

اصول و روش اجرا در این روش‌ها یکسان است و تفاوت آنها در نحوه عایق‌سازی توده کاه یا پسماند است. پشته‌سازی روشی ساده و قابل انجام در تمامی واحدها است و نیاز به ساختمان و تأسیسات خاصی ندارد. در واحدهایی که سیلوهای روی زمین یا داخل زمین دارند، اجرای کار در سیلو باعث صرفه‌جویی در مصرف پلاستیک و هزینه خواهد شد همچنین اجرای کار در اتاقی مناسب برای این منظور که در برابر خروج گاز آمونیاک کاملاً عایق شده باشد، ساده‌تر، راحت‌تر، سریع‌تر و اقتصادی‌تر خواهد

بود (شکل‌های ۲ و ۴).

اتلاف نسبتاً زیاد نیتروژن آمونیاکی طی این روش فرآوری، نقطه ضعف آن محسوب می‌شود. برای کنترل و کاهش این اتلاف، روش‌های متعددی تاکنون بکار گرفته شده است که شامل اضافه کردن اسیدها یا ملاس به پشته، پوشاندن سطح آن با یک لایه کاه خیس شده یا ذرت سبز خرد شده و حداقل کردن استفاده از آمونیاک یا سایر منابع تولید نیتروژن آمونیاکی است. تولید اسیدهای چرب فرار از ملاس یا ذرت سبز خرد شده همچنین رطوبت بالای کاه خیس شده می‌تواند مقدار زیادی از نیتروژن آمونیاکی فرار را به دام بیاندازد.

مشکلات لجستیکی توزیع و حمل و نقل گاز آمونیاک تا سطح روستا و واحدها نیز دیگر مانع عمده بر سر راه پذیرش و استفاده از این روش فرآوری در سطح گسترده می‌باشد که با برنامه‌ریزی و ساخت و تجهیز زیرساخت‌های مورد نیاز مرتفع می‌گردد.

### عوامل مؤثر بر کارایی روش آمونیاکی کردن

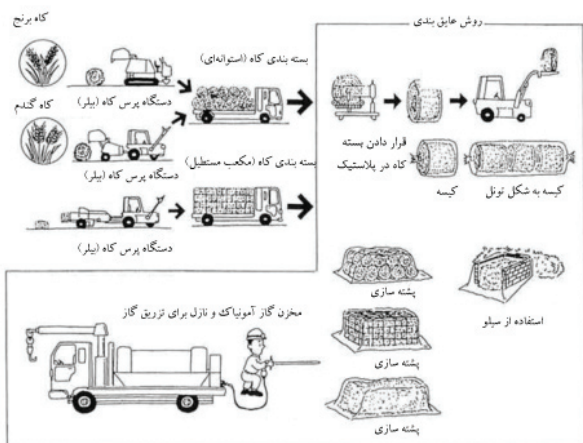
عوامل مؤثر در این روش فرآوری شامل مقدار آمونیاک (یا منبع تولید آن نظیر اوره)، رطوبت کاه یا دیگر پسماندها، دمای هوا و طول مدت فرآوری و کیفیت پسماند اولیه می‌باشد.

## آمونیاکی کردن با استفاده از گاز آمونیاک به روش پشته‌سازی

از آنجایی که کلیات و اصول کار آمونیاکی کردن کاه در روش‌های مختلف یکسان بوده و تنها تفاوت در نحوه عایق‌سازی می‌باشد، جزئیات روش آمونیاکی کردن با آمونیاک بدون آب (گاز آمونیاک) از طریق پشته‌سازی که روشی نسبتاً ساده، سریع و مؤثر می‌باشد و در تمامی واحدها قابل اجرا است، شرح داده می‌شود. از جایی که در این روش نیاز به خرد کردن، محلول پاشی و مخلوط کردن مواد با کاه نمی‌باشد و می‌توان آن را برای کاه و دیگر پسماندها به صورت پرس شده یا پرس نشده استفاده نمود، روشی مناسب برای آمونیاکی کردن مقدار زیاد کاه یا پسماند است.

**الف) محاسبه ابعاد پشته:** در اولین قدم نیاز است تا با توجه به وزن و چگالی پسماند در نظر گرفته شده برای آمونیاکی کردن، ابعاد پشته تخمین زده شود و مقدار پلاستیک و گاز آمونیاک مورد نیاز مشخص گردد. در پسماندهای پرس و بسته‌بندی شده این محاسبه ساده‌تر انجام می‌شود و کافی است تا با وزن‌کشی چند پرس به شکل تصادفی، میانگین وزن آنها مشخص و ابعاد آنها اندازه‌گیری شود و تعداد کل پرس‌ها تعیین گردد و با توجه به طول، عرض و ارتفاع آنها، ابعاد پشته تعیین شود.

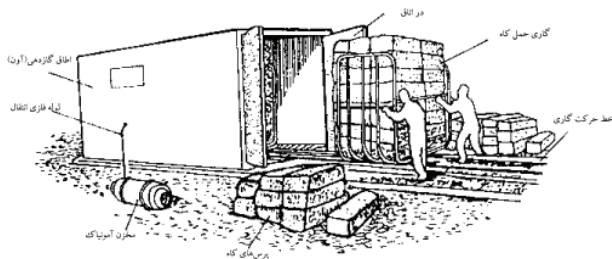
آمونیاکی کردن کاه و دیگر فرآورده‌های فرعی بخش کشاورزی برای تغذیه دام



شکل ۲- روش‌های آمونیاکی کردن کاه



شکل ۳- استفاده از پلاستیک‌های تونلی برای آمونیاکی کردن کاه



شکل ۴- اتاق مخصوص آمونیاکی کردن کاه



شکل ۵- تانکر و کپسول گاز آمونیاک

**ب) مقدار آمونیاک:** گاز آمونیاک محصول برخی کارخانجات پتروشیمی است که در مقدار زیاد با تانکر و در مقدار کم درون سیلندرهایی با ظرفیت‌های مختلف عرضه می‌شود (شکل ۵). این سیلندرها مجهز به شیر می‌باشند و برای استفاده از آنها هنگام آمونیاکی کردن، نیازی به سایر ابزار کنترل‌کننده مثل گیج (مانومتر)، رگولاتور یا کنترل فشار نیست. گاز آمونیاک به مقدار سه درصد وزن ماده خشک کاه یا سایر پسماندها مورد نیاز است. برای مثال، یک سیلندر حاوی ۵۰ کیلوگرم گاز آمونیاک برای فرآوری ۱۵۰۰ کیلوگرم ماده خشک کاه کافی است. لذا از ابتدا با توجه به وزن کاه یا فرآورده فرعی مورد نظر و حجم آن (چگالی)، می‌توان ابعاد پشته را محاسبه و وزن گاز آمونیاک مورد نیاز را تعیین نمود. با توجه به اینکه مقدار

گاز مورد نیاز برای این منظور سه درصد وزن ماده خشک کاه می‌باشد، با تقسیم وزن گاز موجود بر عدد  $0.3$ ، مقدار کاه مورد نیاز محاسبه می‌گردد.

**(ج) محل پشته:** ابتداء محل مناسب برای ساخت پشته انتخاب می‌شود. این محل نبایست بادگیر باشد زیرا باد شدید در طولانی مدت می‌تواند باعث صدمه به پلاستیک و پشته شود. ساخت پشته در مکان‌های مسقف (به دور از نور خورشید) می‌تواند باعث افزایش طول عمر پلاستیک و امکان استفاده مجدد از آن شود اگرچه زمان رسیدن محصول (به خصوص در فصول سرد) قدری طولانی تر خواهد شد. محل پشته همچنین بایستی زهکشی مناسب داشته باشد و در معرض آب‌گرفتگی و تجمع نزولات آسمانی در فصول بارندگی نباشد. نکته بعدی در انتخاب محل پشته نزدیکی تا حد امکان آن به محل تغذیه دام است تا مسافت حمل محصول آمونیایی کاهش یابد. پاک‌سازی زیر پشته قبل از پهن کردن پلاستیک برای پیشگیری از سوراخ یا پاره شدن آن انجام می‌شود و هنگامی که قصد ساخت پشته در مزرعه و روی خاک باشد، خاک محل قرارگیری پلاستیک کف پشته و حاشیه آن با دیس زدن نرم می‌شود.

**(د) ساخت پشته:** پس از تعیین ابعاد پشته، انتخاب طول و عرض و متراژ نایلون با توجه به تعداد و ابعاد پرس‌های موردنظر که به شکل هرم روی هم قرار گیرند انجام می‌شود. برای این منظور می‌توان از نایلون‌های نسبتاً

ضخیم (قطر حدود ۰/۱۲ میلی‌متر برای پسماندهای بسیار خشبی نظیر ساقه ذرت و کمتر از آن برای کاه) و عریض با رنگ مشکی (یا معمولی) استفاده کرد.

دلیل استفاده از پلاستیک مشکی، توانایی آن در جذب بیشتر نور خورشید است که می‌تواند سرعت آمونیاکی شدن را افزایش دهد. بدیهی است که در فضای مسقف به دور از نور خورشید، رنگ پلاستیک اثری بر فرآیند آمونیاکی شدن ندارد. این پلاستیک نباید هیچ سوراخ و پارگی داشته باشد و قبل از استفاده از این بابت مورد بررسی دقیق قرار گرفته و هر گونه سوراخ احتمالی با استفاده از نوار چسب پهن شیشه‌ای از دو طرف پلاستیک مسدود می‌شود. بسته به جنس و ضخامت پلاستیک و تابش یا عدم تابش آفتاب به آن که تعیین‌کننده طول عمر آن است، امکان استفاده مجدد یا چندین باره از پلاستیک وجود دارد که باعث صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه می‌شود. روش‌های دیگری نیز برای این کار توسعه یافته است از جمله استفاده از پلاستیک‌های تونلی و طویل یا پلاستیک‌های مخصوص برای پوشاندن کامل پرس‌های بزرگ کاه که به شکل انفرادی می‌توانند آمونیاکی شوند (شکل‌های ۲ و ۳).

نحوه کار بدین شکل است که با توجه به وزن کاه مورد نظر برای فرآوری و تعیین ابعاد پشته مورد نظر، نایلون عریض با اندازه مناسب را روی زمین پهن کرده و پرس‌های کاه (یا کاه پرس نشده) را به شکل هرم (برای مثال چهار

ردیف پرس کاه در زیر، سه ردیف پرس روی آن، دو و در نهایت یک ردیف پرس در بالا) روی آن چیده و شکل می‌دهیم (شکل ۶) به طوری که از هر طرف حدود ۷۰ سانتی‌متر پلاستیک اضافه باشد. بهتر است بین پرس‌ها قدری فاصله (حدود پنج سانتی‌متر) باشد تا گاز بهتر در پشته پخش و در آنها نفوذ نماید.

به منظور پخش یکنواخت و بهتر گاز آمونیاک درون پشته می‌توان در زمان چیدن پشته و قبل از پوشاندن آن با نایلون اقدام به لوله‌گذاری در کف و مرکز پشته نمود. به این شکل که در زمان چیدن پشته یک لوله پلاستیکی (نظیر لوله‌های پلی اتیلنی آبیاری) در وسط پرس‌های کاه قسمت پایین پشته متناسب با طول پشته قرار می‌دهیم تا به تزریق و پخش یکنواخت گاز درون پشته کمک نماید.



شکل ۶- مراحل ساخت پشته

(چیدن پرس‌ها یا فرآورده‌های فرعی پرس نشده روی پلاستیک)