بسم الله الرحمن الرحيم

پایان نامه حاضر، حاصل پژوهش‌های نگارنده در دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم دام گرایش تغذیه است که درآبان ماه سال ۱۳۹۱ در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج به راهنمایی جناب آقایان دکترمسیح الله فروزمند و دکتر علی نقی کشتکاران و مشاوره‌ی جناب آقای دکتر مصطفی محقق و خانم دکتر معصومه یوسفی نژاد از آن دفاع شده است و کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی آن متعلق به دانشگاه یاسوج است.

دانشگاه یاسوج
معاونت آموزشی
مدیریت تحصیلات تکمیلی

دانشکده کشاورزی
گروه علوم دام

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم دام گرایش تغذیه‌ی دام

اثر افزودن پساب نشاسته و افزودنی باکتریایی بر معیارهای تخمیر و ارزش غذایی سیلاژ ذرت

اساتید راهنما:
دکتر مسیح الله فروزمند
دکتر علی نقی کشتکاران

اساتید مشاور:
دکتر مصطفی محقق دولت آبادی
دکتر معصومه یوسفی نژاد

پژوهشگر:
فرزانه نوروزی

آبان ماه ۱۳۹۱

دانشگاه یاسوج

اثر افزودن پساب نشاسته و افزودنی باکتریایی بر معیارهای تخمیر و ارزش غذایی سیلاژ ذرت

به وسیله‌ی:

فرزانه نوروزی ماصرمی

پایان‌نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

تغذیه دام

در تاریخ ۱۳۹۱/۰۸/۲۹ از سوی هیأت داوران زیر بررسی و با درجه‌ی **عالی** به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما: **دکتر مسیح الله فروزمند**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۲- استاد راهنما: **دکتر علی‌نقی کشتکاران**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۳- استاد مشاور: **دکتر مصطفی محقق دولت آبادی**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۴- استاد مشاور: **دکتر معصومه یوسفی نژاد**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۵- استاد داور داخل گروه: **دکتر سیامک پارسایی**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۶- استاد داور خارج از گروه: **دکتر ابراهیم روغنی**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۷- مدیر گروه: **دکتر محمدرضا بحرینی بهزادی**	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء

آبان ماه ۱۳۹۱

تقدیم

به ساحت مقدس امام زمان

به پدرم که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می‌باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

به مادرم، آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

سپاسگزاری

سپاس بیکران خدای را که توان اندیشه‌ام از اوست تا به انجام برسانم هر آنچه را که به یادش آغاز کردم. حمد و ثنا دانای مطلق را که چراغ معرفت در عالم افروخت و توفیق دانش اندوزی و گام نهادن در گذرگاه معرفت را به من ارزانی داشت و سپاس آنان که روشنایی ردای علمشان نردبان ناجی نادانی است. آنان که معلم میثاق مهرند و شکوفاگر شاخه‌های شباب اندیشه. از دریچه‌ی عشق تا بلندای علم خدا می‌نگرم و در دامنه‌ی سرسبز آن، قدردان بزرگانی هستم که مرا به اینجا رسانیده‌اند و پرسان از مسیری که مرا در راستای رفتن به این بلندا حفظ کند.

اکنون که به سر منزل مرحله‌ای دیگر از این مسیر رسیدم بر خود لازم می‌دانم تا از کسانی که در این راه با من یار بودند تشکر نمایم.

از استاد راهنمای گرامیم جناب آقای دکتر مسیح الله فروزمند که با راهنماییها و دغدهای فراوانشان که خستگیهای این راه را به امید و روشنی راه تبدیل کرده و امیدوارم بتوانم در آینده‌ی نزدیک جوابگوی این محبتشان باشم صمیمانه سپاسگزارم.

همچنین از استاد خوبم جناب آقای دکتر علی نقی کشتکاران که با راهنماییهایشان مسیر را برایم هموار نمودند تشکر می‌کنم.

از اساتیدگرامیم جناب آقای دکتر مصطفی محقق و خانم دکتر معصومه یوسفی نژاد که مشاوره‌ی این پایان نامه را بر عهده گرفتند متشکرم.

از جناب آقایان دکتر پارسایی و دکتر روغنی که زحمت بازخوانی و داوری پایان نامه را بر عهده داشتند قدردانی می‌نمایم.

همچنین از تمامی اساتید گروه علوم دامی جناب آقایان دکتر مسیح الله فروزمند، دکتر مصطفی محقق، دکتر مختار خواجوی، دکتر علی‌نقی کشتکاران، دکتر محمد هوشمند، دکتر سیامک پارسایی، دکتر مصطفی قادری ، دکتر محمد رضا بحرینی و دکتر معمار که ۶ سال افتخار شاگردی در محضر این بزرگان علم و ادب را داشتم کمال تشکر و امتنان را دارم.

همچنین از آقای حسن مصلح که در تمامی مراحل این تحقیق به اینجانب کمک نموده‌اند تشکر و قدردانی ویژه می‌نمایم.

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر خطاهایم، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه های زندگی همیشه پشتیبانم بودند و از یگانه خواهر مهربانم و برادران عزیزتر از جانم (بهرام ،مهدی و علیرضا) تشکر می‌کنم.

یاد و خاطره‌ی دوستان خوبم نرجس شمس پور، زهرا امیدی، لیلا قایدی، فاطمه حجتی، نرگس کشاورزی، مریم اکبری، شهربانو عباسی و فریبا ایرانپرست حمیرا حسینی، راضیه قاسمی، زهرا امینی، فاطمه کامیابی و همکلاسیهای گرامیم، حسین ابراهیمی، میثم ابرهیمی، منوچهر هاشمی و عبدالحسین روانگرد را گرامی میدارم و از درگاه ایزد منان آرزوی سلامتی و سربلندی و خوشبختی برای همگی‌اشان را خواستارم.

نام: فرزانه **نام خانوادگی: نوروزی**
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته و گرایش: تغذیه دام**
اساتید راهنما: مسیح الله فروزمند **تاریخ دفاع: ۹۱/۰۸/۲۹**
علی نقی کشتکاران

تأثیر پساب نشاسته و افزودنی باکتریایی بر ارزش غذایی و کیفیت تخمیر سیلاژ گیاه کامل ذرت

چکیده

در این پژوهش تأثیر استفاده از پساب نشاسته و افزودنی باکتریایی بر ترکیب شیمیایی و کیفیت تخمیر سیلاژ ذرت در سیلوهای آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. علوفه ذرت در مرحله خمیری با ماده خشک ۲۶ درصد برداشت گردید. عامل‌های آزمایش شامل پساب نشاسته در ۴ سطح (۰، ۵، ۱۰ و۱۵ درصد وزن علوفه تر) و افزودنی باکتریایی (شامل لاکتوباسیلوس پلانتاروم و پدیوکووس اسیدی لاکتیسی) بود. سی و دو مینی سیلوی آزمایشگاهی از جنس PVC در یک طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل (هر تیمار ۴ تکرار) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزودنی باکتریایی به طور قابل توجهی روی پروتئین خام و نشاسته اثر گذاشت، اگرچه تأثیری روی خاکستر، فیبر نامحلول در شوینده‌ی خنثی، فیبر نامحلول در شوینده‌ی اسیدی و چربی خام سیلاژهای مورد آزمایش نداشت. افزودن سطوح پساب نشاسته سبب تفاوت معنی‌داری از نظر ماده خشک، خاکستر، فیبر نامحلول در شوینده‌ی اسیدی، نشاسته ($p<۰/۰۵$) و پروتئین خام ($p<۰/۰۱$) گردید. افزودنی باکتریایی بر میزان اسید لاکتیک ($p<۰/۰۱$)، نسبت لاکتات به استات و بازیافت ماده خشک ($p<۰/۰۵$) اثر گذاشت ولی اثری روی pH، کربوهیدرات‌های محلول در آب، آمونیاک و اسیدهای چرب فرار مشاهده نشد. همچنین افزودن پساب نشاسته روی pH، بازیافت ماده خشک ($p<۰/۰۵$) و آمونیاک ($p<۰/۰۱$) اثر داشت با اینکه بر دیگر پارامترهای تخمیری اثری نشان داده نشد. نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت سیلاژ ذرت مورد آزمایش بوسیله هر دو افزودنی تا حدودی بهبود یافت و در نهایت استفاده همزمان افزودنی باکتریایی به میزان $۱۰^{۶}$cfu و پساب نشاسته ۵ درصد بر سیلاژ علوفه ذرت در مرحله بلوغ خمیری توصیه می‌شود.

واژه کلیدی: سیلاژ ذرت، ارزش غذایی، کیفیت تخمیر، پساب نشاسته، افزودنی باکتریایی، سیلوی آزمایشگاهی

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فصل اول: مقدمه

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱: تاریخچه ذرت ۳
۲-۲: گیاهشناسی ذرت ۴
۲-۳: تارخ کشت ذرت ۴
۲-۴: تاریخ برداشت ذرت علوفه‌ای جهت سیلوسازی ۴
۲-۵: اهمیت اقتصادی و غذایی ذرت ۵
۲-۵-۱: تغذیه حیوانات ۵
۲-۵-۲: تغذیه پرندگان ۶
۲-۵-۳: مصارف صنعتی ۶
۲-۶: تاریخچه سیلو ۶
۲-۷: اصول سیلو کردن ۶
۲-۸: تهیه سیلاژ ۷
۲-۹: محصولات قابل سیلو ۷
۲-۱۰: مراحل تخمیر در سیلو ۷
۲-۱۰-۱: تنفس ۸
۲-۱۰-۲: تخمیر انتروباکتریایی ۸
۲-۱۰-۳: تخمیر لاکتوباسیلی ۹
۲-۱۰-۴: فاز ثابت ۹
۲-۱۱: محصولات نهایی تخمیر ۹
۲-۱۲: ارزشیابی ظاهری مواد سیلو شده ۱۰
۲-۱۳: کیفیت سیلو ۱۱
۲-۱۳-۱: مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب ۱۱
۲-۱۳-۲: میزان پروتئین گیاه ۱۲
۲-۱۳-۳: ماده خشک مواد سیلو شده ۱۲
۲-۱۴: افزودنی‌های سیلاژ ۱۲
۲-۱۴-۱: میکروارگانیسم‌های سیلاژ ۱۴
۲-۱۴-۱-۱: انتروباکتریها ۱۴
۲-۱۴-۱-۲: کلستریدیوم‌ها ۱۵
۲-۱۴-۱-۳: قارچ‌ها ۱۵
۲-۱۴-۱-۳-۱: مخمرها ۱۵
۲-۱۴-۱-۳-۲: کپک‌ها ۱۵
۲-۱۴-۱-۴: باکتری‌های مولد اسید لاکتیک (لاکتوباسیلوس‌ها) ۱۵

۲-۱۴-۱-۱-۴-۱: : لاکتوباسیلوس پلانتاروم ۱۹
۲-۱۵: افزودنی‌های کربوهیدراتی ۲۳
فصل سوم: مواد و روش‌ها
۳-۱: علوفه ذرت ۲۷
۳-۲: مراحل آماده سازی علوفه قبل از سیلو سازی ۲۷
۳-۳: سیلو سازی (پر کردن سیلوهای آزمایشگاهی) ۲۸
۳-۴: پرس هیدرولیک سیلوی آزمایشگاهی ۲۹
۳-۵: باز گشایی سیلوها ۳۰
۳-۶: آنالیزهای آزمایشگاهی ۳۱
۳-۶-۱: اندازه گیری فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ ۳۱
۳-۶-۱-۱: اندازه‌گیری pH (اسیدیته) ۳۱
۳-۶-۱-۲: اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار ۳۱
۳-۶-۱-۳: اندازه‌گیری ازت آمونیاکی ۳۲
۳-۶-۱-۴: اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول در آب ۳۲
۳-۶-۲: اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی ۳۲
۳-۶-۲-۱: تعیین درصد ماده خشک ۳۲
۳-۶-۲-۲: اندازه‌گیری میزان پروتئین ۳۳
۳-۶-۲-۳: اندازه‌گیری میزان چربی ۳۴
۳-۶-۲-۴: تعیین میزان فیبرهای محلول در پاک کننده خنثی و اسیدی ۳۴
۳-۶-۲-۵: اندازه‌گیری میزان خاکستر ۳۵
۳-۶-۲-۶: اندازه‌گیری نشاسته ۳۵
فصل چهارم: نتایج و بحث
۴-۱: تأثیر افزودنی باکتریایی و سطوح مختلف پساب نشاسته بر ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه کامل ذرت ۳۷
۴-۱-۱: اثر افزودنی باکتریایی بر ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت ۳۷
۴-۱-۲: مصرف اثر سطوح مختلف پساب نشاسته بر ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه کامل ذرت ۳۸
۴-۱-۳: اثر متقابل افزودنی باکتریایی و پساب نشاسته بر ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۰
۴-۲: تأثیر افزودنی باکتریایی و پساب نشاسته بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۲
۴-۲-۱: اثر افزودنی باکتریایی بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۲
۴-۲-۲: اثرسطوح متفاوت پساب نشاسته بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۴
۴-۲-۳: اثر متقابل افزودنی باکتریایی و پساب نشاسته بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۵
۴-۳: نتیجه گیری کلی ۴۸
۴-۴: پیشنهادات ۴۹
منابع ۵۰

فهرست جدول‌ها

عنوان ..... **صفحه**

جدول ۲-۱: محصولات نهایی تخمیر قندها ۱۰
جدول ۲-۲: تقسیم بندی افزودنی‌های سیلاژ ۱۳
جدول ۳-۱: ترکیب شیمیایی علوفه ذرت برداشت شده ۲۷
جدول-۳-۲: ترکیب شیمیایی پساب نشاسته (درصد ماده خشک) ۲۸
جدول ۴-۱: اثر افزودنی باکتریایی بر ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه کامل ذرت ۳۸
جدول ۴-۲: اثر سطوح متفاوت پساب نشاسته بر ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۰
جدول ۴-۳: اثر متقابل افزودنی باکتریایی و پساب نشاسته بر ترکیب شیمیایی سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۱
جدول ۴-۴: اثر افزودنی باکتریایی بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۳
جدول۴-۵: اثر سطوح متفاوت پساب نشاسته بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۵
جدول ۴-۶: اثر متقابل افزودنی باکتریایی و پساب نشاسته بر فراسنجه‌های تخمیر سیلاژ علوفه کامل ذرت ۴۷

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... **صفحه**

شکل شماره ۳-۱: دستگاه پرس سیلوی هیدرولیک ۳۰
شکل شماره ۳-۲: دستگاه کجلدال ۳۳
شکل شماره ۳-۳: دستگاه سوکسله ۳۴

فصل اول

مقدمه

یکی از روش‌هایی که توسط دامداران برای نگه‌داری گیاهان به کار می‌رود، استفاده از فرآیند تخمیر طبیعی یا سیلو کردن علوفه است. امروزه تهیه علوفه خشک با ورود روش‌های جدید خشک کردن، بطور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته است، اما از آنجایی که این روش‌ها به شدت تخصصی، زمان‌بر و پر هزینه هستند بسیاری از دامداران ترجیح می‌دهند علوفه را به صورت سیلو شده نگه‌داری نمایند (ولی زاده و همکاران، ۱۳۸۲). مقصود اصلی از سیلوی علوفه، نگه‌داری آنها در یک محیط با رطوبت مناسب پس از درو می‌باشد بخصوص در محصولاتی که فصلی هستند و هدف حفظ و بازیابی ماده خشک آلی و حفظ ارزش غذایی و خوشخوراکی آنها می‌باشد. سیلاژ عبارت از برداشت محصولات گیاهی با رطوبت بین۷۰ – ۵۰ درصد و انبار کردن و تخمیر آنها در مکانی به نام سیلو است، بنابراین سیلاژ محصول نهایی فرآیندهای بی‌هوازی میکروبی و بعنوان یک نوع علوفه تخمیر شده برای تغذیه نشخوارکنندگان نظیر گوساله‌ها و گوسفندان استفاده می‌شود (جانسون[1]، ۲۰۰۲). انواع سیلاژ به عنوان علوفه‌ای مطلوب به مقدار زیاد در تغذیه دام کاربرد دارد (شاور و همکاران، ۱۹۸۵).

علوفه ذرت عمده‌ترین محصولی است که سیلو می‌شود زیرا دارای ویژگی‌های مناسبی برای سیلو کردن است. از مشخصات آن ظرفیت بافری پایین، غلظت مناسب کربوهیدرات‌های محلول در آب و انرژی بالا است که برای تبدیل به اسید لاکتیک مورد نیاز است (جانسون و همکاران،۱۹۹۰). همچنین مزیّت اصلی سیلاژ ذرت، میزان تولید ماده خشک زیاد آن در واحد سطح است که بیشتر از سایر علوفه‌ها در فصول سرد قابل استفاده است (مکدونالد[2] و همکاران، ۱۹۹۱).

از آنجایی که در ایران ذرت سیلویی معمولاً در تیر و مرداد ماه پس از برداشت جو و گندم، به عنوان کشت دوم کاشته می‌شود، لذا زمان کافی برای رسیدن به مرحله بلوغ مناسب را نداشته و در بیشتر اوقات در مرحله شیری برداشت می‌شود که حاوی ماده خشک پایین (۲۰درصد) است. بدیهی است که علوفه سیلو شده با ماده خشک کم، سیلاژی با کیفیت مناسب تولید نکرده و طی فرآیند سیلو پساب

---

[1] *Jonsson*
[2] *McDonald*

زیادی از آن خارج می‌شود (خوروش[1]، ۲۰۰۵). کاربرد افزودنی‌ها به سیلاژ، روشی متداول برای کنترل مراحل انجام سیلو کردن است که امروزه توسعه بسیاری یافته است. اهداف کلی در بهره‌گیری از افزودنی‌ها عبارتند از : الف- بهبود کیفیت تخمیر، ب- کاهش اتلاف منابع، پ- افزایش مصرف خوراک و خوش خوراکی و ت- بهبود عملکرد دام و واحدهای تولیدی (دانش مسگران و همکاران، ۱۳۸۱). تولید سیلاژ موفق بستگی به ارتقاء تخمیر توسط باکتری‌های مفید دارد به همین دلیل افزودنی‌های باکتریایی طی ۱۰ سال اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (زیگرس[2]، ۲۰۰۳). لاکتوباسیلوس پلانتاروم[3] اولین افزودنی باکتریایی بود که به صورت تجاری تولید شد. این افزودنی باعث بهبود تخمیر علوفه‌های با ماده خشک پایین و کربوهیدرات محلول در آب زیاد می‌شود، به خصوص وقتی که روش سیلو کردن علوفه به درستی صورت گرفته باشد. لاکتوباسیلوس پلانتاروم باعث افزایش سرعت تولید اسید لاکتیک و بهتر شدن کیفیت تخمیر سیلاژ می‌شود (فیلیا[4] و همکاران، ۲۰۰۶) . تلقیح کننده‌ها باعث تحریک تولید اسیدلاکتیک در حین تخمیر می‌شوند بنابراین مصرف خوراک و قابلیت هضم ماده آلی می‌تواند افزایش یابد (کمبرلین، ۱۹۸۲).

کربوهیدرات گروه دیگری از مواد افزودنی به سیلو است که از این جهت به مواد سیلویی اضافه می‌شوند تا انرژی در دسترس را برای رشد باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک فراهم کنند (مکدونالد و همکاران، ۱۹۹۱). غلات به عنوان افزودنی‌های کربوهیدراتی هم باعث بهبود کیفیت تخمیر شده و هم ارزش غذایی سیلاژ را افزایش می‌دهند (جونز[5]، ۱۹۸۸). قندهای محلول در آب موجود در غلات (۴۰-۳۰ گرم در هر کیلوگرم) سبب افزایش ماده خشک سیلاژ می‌شوند، که ممکن است سبب بهبود تخمیر علوفه‌های دارای قندهای محلول در آب اندک، شوند. در کارخانجات نشاسته سازی، غالباً نشاسته از دانه غلات استخراج می‌شود و در طی فرآیند استخراج نشاسته فرآورده‌ای به نام پساب نشاسته (خمیر گندم) نیز حاصل می‌شود که به دلیل نمک و رطوبت زیاد آن، فرآوری مجدد مقرون به صرفه نبوده و غالباً به صورت پساب دفع می‌شود. این فرآورده در ترکیب خود دارای حدود ۴-۳ درصد نشاسته و حدود ۱۱ درصد پروتئین بر اساس درصد ماده خشک است که می‌تواند به عنوان یک افزودنی کربوهیدراتی و پروتئینی برای بهبود کیفیت سیلاژ مورد استفاده قرار گیرد. از آنجائیکه تا کنون از اثر همزمان پساب کارخانجات نشاسته سازی و افزودنی باکتریایی مطالعه‌ای مورد ارزیابی قرار نگرفته است، بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر افزودن جداگانه و همزمان پساب نشاسته و افزودنی باکتریایی بر کیفیت تخمیر و ارزش غذایی (ترکیب شیمیایی) سیلاژ علوفه کامل ذرت بود.

---

[1] *Khorvash*
[2] *Ziggers*
[3] *Lactobacillus Plantarum*
[4] *Filya*
[5] *Jones*

فصل دوم
مروری بر پژوهش‌های پیشین

۲-۱- تاریخچه ذرت

ذرت گیاهی یکساله است که به خانواده گرامینه و جنس Zea تعلّق دارد که پرمحصول‌ترین غله دنیا محسوب می‌شود و از لحاظ مقدار تولید، پس از گندم و برنج قرار دارد. امروزه ذرت در تغذیه بسیاری از مردمان دنیا نقش اساسی دارد. همانند گرامینه‌ها میزان ماده خشک کل گیاه با بالا رفتن سن افزایش می‌یابد ولی برعکس علوفه‌های گرامینه، قابلیت هضم ذرت به طور نسبی ثابت باقی می‌ماند. اگرچه کیفیت برگ و ساقه با افزایش سن کاهش می‌یابد اما این امر از طریق افزایش نسبت دانه‌ها که، از قابلیت هضم بالاتری برخوردار است جبران می‌شود (دمیرل و همکاران، ۲۰۰۶). در طول دوره رشد رویشی قندهای محلول در آب عمده‌ترین کربوهیدرات‌های غیرساختمانی موجود در ذرت هستند، اما مقدار آنها بعد از لقاح کاهش می‌یابد و میزان نشاسته در طول مرحله بعدی رشد و نمو دانه افزایش می‌یابد (کیدی و همکاران، ۱۹۹۴). ذرت از گیاهان بومی آمریکای مرکزی و جنوبی است و سابقه کشت آن در دیگر نقاط جهان چندان طولانی نیست. به عقیده بسیاری از دانشمندان رویشگاه اصلی ذرت مکزیک و پرو است، زمانی که کریستیف کلمب قاره آمریکا را کشف کرد با این گیاه مواجه شد و آن را Mays نامید زیرا ذرت توسط سرخ پوستان قبیله ماهیز کشف شد. سال‌ها بعد لینه نیز این اسم را تایید نمود و آن را ثبت کرد. از این گیاه در گذشته نیز برای تغذیه انسان، پرندگان و دام ها استفاده می شده است. بر طبق برخی از گزارشات باستان شناسی، مشخص شده است که در حدود ۴۵۰۰ سال پیش این گیاه در کشور های آمریکای جنوبی کشت می شده است. ذرت در سال ۱۵۱۹ توسط فرناندوکورتز از امریکای جنوبی به اسپانیا وارد شد و بعد از آن جا به اروپا رفت. کشاورزان اروپایی به اهمیت و ارزش غذایی ذرت پی برده و زراعت آن در سراسر اروپا رواج یافت. در اوایل قرن ۱۶ و با آغاز اشغال کشورهای فقیر توسط اروپاییان، ذرت توسط پرتغالی‌ها به آفریقا، هند و چین برده شد (خدابنده، ۱۳۶۲). تاریخچه ورود دقیق این گیاه به ایران دقیقاً مشخص نیست و درباره‌ی نحوه‌ی ورود آن به ایران گفته‌ها متفاوت است. زراعت این گیاه در ایران تا چندین سال پیش، کم‌تر مورد توجه بوده و اکثراً آن را به عنوان زراعت فرعی کشت می‌کردند. اما در سال‌های اخیر پی بردن به نقش مهم این

گیاه در تأمین غذای انسان، دام و طیور، سطح زیر کشت آن شدیداً افزایش یافته و به عنوان یکی از زراعت‌های مهم و اصلی مطرح شده است (کریمی، ۱۳۷۵).

۲-۲- گیاه شناسی ذرت

ذرت گیاهی است یک پایه (Monoecious) بدین معنی که گل‌های نر و ماده جدا از هم ولی بر روی یک پایه قرار دارند. گل‌های ماده ذرت از جوانه‌ای که در قاعده غلاف برگ وجود دارد تولید می‌شود. دانه ذرت میوه‌ایست گندمه (Caryopsis) و پوسته آن فقط شامل پوسته میوه (Pericarp) است. ذرت دارای ساقه‌های راست و مستقیم می‌باشد. برگ‌های ذرت شبیه سایر غلات شامل پهنک برگ و غلاف است. غلاف برگ ذرت ساقه را در آغوش می‌گیرد و طول برگ به ۸۰-۳۰ و حتی ۱۵۰ سانتیمتر و عرض آن در حدود ۱۰ سانتی‌متر و ضخامت آن در حدود ۲ میلیمتر است. ذرت قدرت پنجه زدن ندارد و دارای ریشه‌های قوی و انبوه ولی سطحی است که اختلاف عمق ریشه می‌تواند به استقامت یا خوابیدگی آن کمک نماید. باید ارتفاع بوته‌های ذرت را به گونه یا زودرسی آن نسبت داد. واریته‌های زودرس تعداد برگ کم‌تر و ارقام دیررس برگ بیشتری دارند. رنگ دانه ذرت بسته به واریته‌های مختلف متفاوت است و از سفید، زرد، قرمز، ارغوانی تا سیاه تغییر می‌کند. بعضی از دانه‌های ذرت دارای اندوسپرم سخت بوده که مشخص کننده پروتئین زیادتر است. بعضی از دانه‌ها دارای اندوسپرم نشاسته‌ای هستند که نرم و آردی می‌باشند (فروزمند و همکاران، ۱۳۸۵؛ خدا بنده، ۱۳۸۲ و کریمی، ۱۳۷۵).

۲-۳- تاریخ کشت ذرت

دمای مناسب برای جوانه زدن بذر ذرت ۱۸ درجه سانتی‌گراد است و در دمای پائین‌تر ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد جوانه زدن بذر به کندی صورت می‌گیرد و حداقل درجه حرارت برای جوانه زدن بین ۹ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین درجه حرارت در زمان گرده افشانی باید کمتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد. در بیشتر مناطق ایران در اوایل فصل تابستان و بعد از برداشت غلاتی همچونی گندم و جو کشت می‌شود.

۲-۴- تاریخ برداشت ذرت علوفه ای جهت سیلوسازی

زمان مناسب برای برداشت ذرت علوفه‌ای به منظور سیلو کردن در اواخر مرحله خمیری شدن دانه‌ها می‌باشد. به طوری که هنوز دانه‌ها به اندازه کافی رطوبت داشته و با ناخن شکسته شود و تقریبا تمامی برگ‌های آن سبز و شاداب باشند. ذرت را اگر قبل از موعد تعیین شده برداشت کنند به علت آب اضافی در بافت گیاه باعث آبکی شدن شدید سیلو و ترش شدن آن می‌گردد. در مقابل اگر ذرت را دیرتر از حد معمول برداشت کنند، به علت کمبود آب در بافت گیاه و خشبی شدن آن، عمل تراکم و

فشردگی در سیلو به نحو مطلوب انجام نگرفته و هوای باقی مانده در لابلای سیلو باعث کپک زدگی و گندیدگی آن می‌شود. به علاوه کمبود آب عمل تخمیر سیلو را دچار مشکل می‌سازد. مهمتر اینکه خشبی شدن بیش از اندازه بوته‌ها، خاصیت هضم و ارزش غذایی علوفه سیلو شده را پائین می‌آورد. بنابراین ذرت علوفه ای را زمانی باید برداشت کرد که خاصیت سیلو شدن را به حد کمال داشته و از نظر اندوخته و مواد غذایی نیز ایده‌آل باشد. برداشت ذرت علوفه‌ای معمولا" به وسیله دستگاه خردکننده‌ای به نام چاپر که به وسیله تراکتور کشیده می‌شود، انجام می‌گیرد. این دستگاه ضمن قطع بوته‌های ذرت از فاصله حدود ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک، آنها را به قطعات ۳ تا ۴ سانتی‌متری خرد می‌کند و سپس داخل تیلر یا کامیونی که بایستی همزمان با دستگاه در مزرعه حرکت کند ریخته می‌شود تا به سیلو حمل گردد. مواد سیلویی را پس از انتقال به داخل سیلو به تدریج و در هر دفعه به عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر پخش کرده و پس از عملیات کوبیدن، فشرده کردن(غلتک یا تراکتور) سطح آن را با موادی مانند خاک، کاه، گل و یا پلاستیک می‌پوشانند. ذرت سیلو شده دارای ارزش غذای مناسبی است. دام‌ها ذرت سیلو شده را با رغبت و میل زیادی مصرف می‌کنند. سیلوی ذرت علوفه‌ای را می‌توان به عنوان جیره اصلی در اختیار گاوهای شیری قرار داد، زیرا نه تنها گاو این غذا را با اشتهای کامل می‌خورد، بلکه این غذا با داشتن انرژی زیاد، قسمت عمده‌ای از احتیاجات آنها را برطرف می‌سازد. میانگین مقدار ماده خشکی که دام از طریق سیلوی ذرت علوفه‌ای می‌تواند دریافت کند تقریبا معادل ۲ کیلوگرم ماده خشک به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم وزن زنده دام می‌باشد. البته باید توجه داشت که چون میزان پروتئین ذرت سیلو شده پائین است، باید همراه ذرت سیلو شده مواد غنی از پروتئین مانند یونجه خشک یا مواد متراکم پروتئینی در جیره دام گنجانده شود. از سیلوی ذرت علوفه‌ای در تغذیه دام‌های پرواری نیز استفاده می‌گردد. به عنوان مثال در تغذیه گاوهای بالغ پرواری، می‌توان روزانه ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم ذرت سیلو شده در جیره آنها گنجاند و گوسفندان پرواری نیز می‌توانند روزانه بین ۴ تا ۵ کیلو گرم ذرت سیلو شده مصرف نمایند (حق پرور و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۵- اهمیت اقتصادی و غذایی ذرت

سطح زیر کشت، میزان تولید در هکتار و مقدار مصرف ذرت، در طی سال‌های اخیر در اغلب کشورهای جهان افزایش شدیدی یافته به نحوی که در بین غلات مقام سوم را پس از گندم و برنج کسب نموده است. مهمترین کشورهای تولید کننده ذرت شامل آمریکا، آرژانتین، برزیل، کلمبیا، مکزیک و فرانسه می‌باشند.

از ذرت در موارد گوناگونی استفاده می‌شود که به طور خلاصه به آن اشاره می‌کنیم:

۲-۵-۱- تغذیه حیوانات

با توجه به غنی بودن این گیاه از پروتئین و مواد قندی، برای دام ها بسیار مفید بوده و ۸۰ تا ۸۵ درصد تولید هر کشور به مصرف تهیه ذرت سیلویی یا علوفه سبز تازه برای تغذیه دام می‌رسد.

ذرت علاوه بر نشاسته دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه، لیزین، پروتئین، مواد معدنی و سلولزی بوده که نسبت آن‌ها به طور تقریبی به صورت زیر می‌باشد:
نشاسته حدود ۷۴-۵۲ درصد، مواد چربی حدود ۱۲-۲ درصد، سلولز حدود ۳/۲-۱/۷ درصد، مواد ازته حدود ۱۶-۵/۵ درصد، مواد معدنی حدود ۴-۰/۵ درصد و رطوبت حدود ۱۵-۱۳ درصد.

۲-۵-۲- تغذیه پرندگان

دانه ذرت یکی از مهم‌ترین دانه‌های انرژی‌زا بوده و به همین دلیل از آن در تغذیه پرندگان گوشتی و تخمگذار و نیز پرورش جوجه اردک و غاز استفاده می‌شود. ذرت‌های دانه سفید برای تغذیه پرندگانی مثل غاز که گوشت سفید آن‌ها مهم است مصرف می‌شوند.

۲-۵-۳- مصارف صنعتی

از ساقه ذرت در صنایع کاغذ سازی، مقوا سازی و ... استفاده می‌شود. از آرد و جوانه ذرت استفاده‌های زیادی می‌شود و چون جوانه آن دارای مقدار زیادی روغن و نیز ویتامین E و ... می‌باشد، در صنایع روغن‌کشی از آن استفاده می‌گردد. از دیگر مصارف ذرت می‌توان به تهیه گلوتن، پلاستیک سازی، صابون سازی، غذای کودکان، صنایع الکل گیری و تولید مالت اشاره نمود (کریمی، ۱۳۷۵).

۲-۶- تاریخچه سیلو

کلمه سیلو از واژه یونانی سیروس به معنای چاله یا گودالی درون زمین برای ذخیره است. نقاشی‌های باستانی در مصر یافت شده است که مربوط به ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد می‌باشد که نشان می‌دهد مصری‌های باستان با سیلو کردن، جهت نگه‌داری و حفظ محصولات آشنا بوده‌اند. طبق نظر کریستین در خرابه‌های کارتاژ آثاری از سیلو وجود داشته که نشان می‌دهد که در آن منطقه حدوداً از ۱۲۰۰ سال قبل از میلاد علوفه سیلو می‌شده است. از سنگ نوشته‌های قدیمی که در نواحی مدیترانه یافت شده است چنین بنظر می‌رسد که غیر قابل نفوذ کردن محل نگه‌داری علوفه در برابر هوا یک روش با اهمیت بوده است (مکدونالد و همکاران، ۱۹۹۱).

۲-۷- اصول سیلو کردن

حفظ محصولات زراعی بوسیله تخمیر طبیعی، اولین مورد ضروری برای رسیدن به یک شرایط بی‌هوازی است. در عمل، شرایط بی‌هوازی را می‌توان به روش‌های گوناگون بدست آورد. اولین هدف مهم، پیشگیری از ورود مجدد و گردش هوا در مواد سیلو شده است. دومین هدف مهم، جلوگیری از فعالیت میکروارگانیسم‌های نامطلوب مانند کلستریدیوم‌ها و انتروباکتریها است. به محض آن که شرایط درون سیلو بی‌هوازی شد، کلستریدیوم‌ها شروع به تکثیر می‌نمایند. رشد این موجودات نامطلوب است، زیرا اسید بوتیریک تولید کرده و اسیدهای آمینه را به فرآورده‌های با ارزش غذایی پایین، تجزیه

می‌کنند. انتروباکتریها از جمله موجودات بی‌هوازی اختیاری هستند که قندها را به اسید استیک تبدیل می‌کنند و توانایی تجزیه اسیدهای آمینه را نیز دارند. متداول‌ترین روش پیشگیری از رشد این میکروارگانیسم‌های نامطلوب، افزایش تخمیر اسید لاکتیکی است (پاهلو[1] و همکاران، ۲۰۰۳) .

۲-۸- تهیه سیلاژ

اساس سیلو کردن بر پایه تخمیر توسط باکتری‌های مولد اسید لاکتیک است که تحت شرایط بی‌هوازی قندها را به اسیدها (عمدتاً اسید لاکتیک) تبدیل می‌کنند. تخمیر بی‌هوازی در سیلو باعث ایجاد محیطی اسیدی شده که می‌تواند سیلاژ را برای مدت طولانی و بدون فاسد شدن نگه‌داری کند (کای[2] و همکاران، ۲۰۰۲). هدف اصلی از تهیه سیلاژ، کمک به حفظ گیاه با حداقل کاهش ارزش غذایی بوسیله تخمیر کربوهیدرات‌های محلول در یک محیط بی‌هوازی به اسیدهای آلی ترجیحاً اسید لاکتیک و در نتیجه کاهش pH است (ساریسالو[3] و همکاران، ۲۰۰۷؛ بایتوک[4] و همکاران، ۲۰۰۵).

آکاستا آرگان[5] (۲۰۱۲) به نقل از مری[6] و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند، عوامل کلیدی مؤثر بر ارزش تغذیه‌ای سیلاژ عبارتند از: ویژگی‌های محصول قابل سیلو، مرحله توسعه محصول در سیلو، میزان و نوع تخمیر ایجاد شده در سیلو.

۲-۹- محصولات قابل سیلو

سیلاژ می‌تواند از گیاهان متنوع و زیادی تهیه شود که تعدادی از آنها منحصراً به منظور تهیه سیلاژ، کشت می‌گردند اما برخی دیگر به علت مازاد بر احتیاج فوری سیلو می‌شوند. ویژگی‌های یک گیاه مطلوب جهت سیلو کردن شامل برخورداری از سطح مناسب مواد قابل تخمیر به شکل کربوهیدرات‌های محلول در آب، ظرفیت بافری نسبتاً پائین و میزان ماده خشک بیش از ۲۰۰ گرم در کیلوگرم می‌باشد. گیاهان زیادی شرائط فوق را ندارند لذا، برای سیلو کردن آنها عملیات اولیه از قبیل پژمردن در مزرعه، خرد کردن و یا استفاده از مواد افزودنی ممکن است ضروری باشد (ولی زاده و همکاران، ۱۳۸۲).

۲-۱۰- مراحل تخمیر در سیلو

فرآیند سیلو به چهار مرحله اصلی تقسیم بندی می‌گردد که عبارتند از:

---

[1] *Pahlow*
[2] *Cai*
[3] *Saarisalo*
[4] *Baytok*
[5] *Acosta Aragon*
[6] *Merry*

۲-۱۰-۱- تنفس

وقتی گیاه قطع می‌شود سلول‌ها ساختارشان را از دست می‌دهند ولی آنها به مصرف اکسیژن ادامه می‌دهند. در این فرآیند سلول‌های گیاهی و میکروارگانیسم‌های هوازی گیاه شروع به از بین رفتن می‌کنند، اکسیژن، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین، به آب، دی‌اکسید کربن، گرما و آمونیاک آزاد تبدیل می‌گردند. بنابراین تنفس منتج به از دست دادن ماده خشک و انرژی در دسترس می‌شود. به علاوه گرمای تولیدی دمای علوفه را بالا می‌برد. دماهای بالاتر از۳۲-۲۶ درجه سانتیگراد ممکن است موجب از بین رفتن مواد مغذی شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش دما در سیلوهای خوب بسته شده خیلی کمتر از سیلوهای ضعیف بسته شده می‌باشد. بنابراین خروج سریع اکسیژن از سیلو مطلوب است زیرا هم تنفس را کاهش داده هم از دست رفتگی مواد مغذی را کاهش می‌دهند. به طور طبیعی دوره تنفس یک تا دو روز ادامه می‌یابد، و با پایان یافتن اکسیژن سیلو خاتمه می‌یابد، سرعت پر کردن سیلو در این مرحله بسیار مؤثر می‌باشد (مشتاقی‌نیا و ویتنبرگ[1]، ۱۹۹۹ و باکستون[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۱۰-۲- تخمیر انتروباکتریایی

این فاز گاهی توسط برخی از مؤلفین، فاز تأخیری یا فاز رکود هم بیان شده است. همان طور که از نامش پیداست سرنوشت سیلو کردن تا حد زیادی وابسته به ما حصل این فاز تخمیری مهم است. در هر گرم علوفه تازه برداشت شده، میزان $۱۰^{۷}$ تا $۱۰^{۱۰}$ میکروارگانیسم موجود است و اغلب آنها برای فرآیند محافظت سیلو نامطلوبند. بیشتر این ارگانیسم‌ها برای رشد خود نیازمند به اکسیژن هستند، بنابراین بستن خوب سیلو با کاهش اکسیژن، رشد این باکتری‌های هوازی را کاهش می‌دهند. مادامی که اکسیژن محو می‌شود و تخمیر شروع می‌شود ،باکتری‌هایی که غالب می‌شوند آنهایی هستند که توانایی زندگی در هر دو شرایط هوازی و بی‌هوازی را دارند. این گروه شامل انتروباکتریها می‌باشند که قندها را به اسیدهای مختلف (اسید فرمیک، اسید استیک و گاهی اسید بوتیریک)، دی اکسید کربن و هیدروژن تبدیل می‌کند. این اسیدها مسئول کاهش اولیه pH در سیلو هستند. همان طور که تخمیر پیش می‌رود قدرت رقابت انتروباکتریها به علت حساسیت به pH پایین کاهش می‌یابد. رشد انتروباکتریها زمانی که pH به کمتر از ۴/۵ می‌رسد مهار می‌شود. با این حال انتروباکتریها جایی که pH به آهستگی کاهش می‌یابد، برای مثال سیلوی پژمرده، دوره‌ی طولانی‌تری در سیلو باقی می‌مانند، این فاز هم ۱ تا ۲ روز به طول می‌انجامد. در نهایت نشانه خارجی تخمیر تولید گاز، تولید پساب و کوچک شدن توده‌ی سیلاژ به خصوص در علوفه‌هایی با رطوبت بالا می‌باشد و تغییرات میکروبی طی این فاز عمدتاً ناپدید شدن انتروباکتریها و غالبیت باکتری‌های مولد اسید لاکتیک در سیلاژهایی با تخمیر موفق می‌باشد. سرعت این تغییرات وابستگی نزدیکی با سرعت کاهش pH و تولید اسید لاکتیک دارد (مشتاقی‌نیا و ویتنبرگ، ۱۹۹۹ و باکستون و همکاران، ۲۰۰۳).

---

[1] *Wittenberg*
[2] *Buxton*