

مدل نظری رشد گوساله‌های پیش‌نشخوارکننده براساس انرژی خالص و پروتئین قابل هضم ظاهری

* بهنام صارمی^۱، عباسعلی ناصریان^۲، محمد بنایان اول^۲ و فرج‌ا... شهریار^۲

^۱ عضو هیات علمی مجتمع آموزش جهاد کشاورزی خراسان رضوی، ^۲ اعضای هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۳/۶/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۵/۸

چکیده

مدل نظری طراحی شده، به شبیه‌سازی رشد گوساله‌های پیش‌نشخوارکننده براساس سه شاخص مختلف (انرژی خالص، پروتئین قابل هضم ظاهری و میانگین این دو شاخص) می‌پردازد. در این دو مدل دوره رشد گوساله‌ها براساس سه دوره کلی تقسیم می‌شود: (۱) گوساله شیرخوار (۲) دوره تغذیه گوساله با شیر و کنسانتره شروع‌کننده (۳) دوره پس از شیرگیری. در ساخت این مدل به منظور تخمین احتیاجات، از معادلات موجود در NRC 2001 استفاده شد. روابط موجود در قالب شش بخش تهیه و تدوین گردید: (۱) معرفی متغیرها (۲) تخمین مصرف خوراک روزانه (۳) تخمین مواد مغذی و راندمان استفاده از آنها برای نگهداری یا افزایش وزن (۴) تخمین احتیاجات پروتئینی (۵) تخمین احتیاجات انرژی (۶) تخمین مقدار افزایش وزن بر اساس انرژی خالص و پروتئین قابل هضم ظاهری. در این مدل هدف تخمین مناسب از احتیاجات گوساله و نیز شبیه‌سازی روند رشد (وزن دام و افزایش وزن روزانه) و مصرف خوراک از زمان تولد تا ۹۰ روزگی می‌باشد. نتایج حاصل از عملکرد مدل نشان داد که مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل براساس شاخص‌های مختلف (انرژی خالص، پروتئین قابل هضم ظاهری و میانگین آن دو) کاملاً در محدوده گزارش شده در دیگر مطالعات قرار داشت. رفتار مدل در تخمین افزایش وزن روزانه بر اساس شاخص‌های مختلف، تابع روند مشاهده شده در مورد وزن بدن در روزهای مختلف بود. در مورد ماده خشک مصرفی نیز با وجود اینکه در زمان از شیرگیری کاهش ناگهانی مصرف خوراک وجود داشت، اما همچنان مدل در کل ۹۰ روز به خوبی مصرف ماده خشک را تخمین زد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد براساس معادلات توصیه شده برای رشد گوساله تا ۹۰ روزگی، این مدل نظری توانسته است به خوبی مراحل رشد را شبیه‌سازی نماید.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، مدل نظری، گوساله، رشد

مقدمه

تبدیل تمامی شکل‌های انرژی به گرماسمت و در مطالعات کالریمتری که توسط متخصصان تغذیه صورت می‌گیرد، نقش اساسی دارد. اولین مدل‌های متابولیسم حیوانی و تخمین احتیاجات براساس ورودی و خروجی انرژی و پروتئین برای یک وضعیت خاص و ثابت

آغاز استفاده از مدل‌های ریاضی در تغذیه دام با کشف قوانین ترمودینامیک در ۱۹۸۰ شروع شد که اولین قانون آن مربوط به بقاء انرژی است و در محاسبات مختلفی که معمولاً توسط متخصصان تغذیه صورت می‌گیرد، نقش اساسی دارد. قانون دوم، در بخشی بیانگر

محدوده وسیعی از واقعیات و شرایط مختلف محیطی قابل بسط است (ریگز، ۱۹۶۳).

اغلب اختلاطی از چند نوع مدل در قالب یک مدل دیده می‌شود. اخیراً یک مدل شبیه‌سازی رشد از نوع نظری تهیه شده است که به بیان متابولیسم انرژی و پروتئین در گوساله‌های پیش‌نشخوارکننده^۲ با وزن زنده بین ۸۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم می‌پردازد (گرتیس و همکاران، ۱۹۹۷ الف و ۱۹۹۷ ب). این مدل قابلیت تخمین اضافه وزن، چربی و پروتئین از مواد مغذی خورده شده را داشته و در برنامه‌ریزی‌های تغذیه‌ای در گوساله‌های پیش‌نشخوارکننده قابل استفاده است. به‌طور خلاصه این مدل به شبیه‌سازی تقسیم‌بندی مواد مغذی خورده شده از طریق متابولیسم حد واسطه به رشد می‌پردازد. این مدل حاوی ۱۰ متغیر کلی: اسیدهای چرب، گلوکز، استیل کوآنزیم A و اسیدهای آمینه به‌عنوان بخش متابولیت^۳، خاکستر و پروتئین در ماهیچه، پوست، استخوان و احشاء به‌عنوان بخش اجزاء بدن^۴ می‌باشد. گردش پروتئین و چربی نیز در نظر گرفته شده است. این مدل همچنین شامل رویه‌ای برای بررسی عدم تعادل اسیدهای آمینه بوده و توانایی تخمین احتیاجات به اسیدهای آمینه را نیز دارد. با توجه به اینکه تاکنون کوشش‌هایی در زمینه شبیه‌سازی رشد گوساله‌ها انجام شده است و با در نظر گرفتن این نکته که مدل‌های موجود در حد کارهای پژوهشی قابلیت استفاده دارند، از این رو در این تحقیق سعی در ساخت مدلی به منظور شبیه‌سازی رشد (وزن بدن و افزایش وزن روزانه) و مصرف خوراک گوساله‌ها از زمان تولد تا سن ۹۰ روزگی براساس اصول مدل‌های نظری بود تا با استفاده از آن بتوان جیره‌های مورد استفاده در مزارع گاو شیری را ارزیابی نمود. همچنین میزان تطابق این مدل با مشاهدات انجام شده در دیگر آزمایش‌ها بررسی شد.

عمل می‌کردن و احتیاجات موجود براساس تخمین‌های مجزایی که از احتیاجات مواد مغذی برای نگهداری، رشد، تولید شیر و آبستنی به‌دست می‌آید، محاسبه می‌شد (ریگز، ۱۹۶۳).

در حالی که هنوز بسیاری از محققان به تحقیقات خود در زمینه تعادل ورودی و خروجی براساس سیستم‌های قدیم تغذیه ادامه می‌دهند، سوالات بی‌پاسخ بسیاری که در این مطالعات حاصل گردید باعث توجه برخی از محققین به تعیین احتیاجات حیوان به مواد مغذی خاص و متابولیسم حد واسطه شده است. در سال ۱۹۴۰ و اوایل ۱۹۵۰ چندین محقق برجسته به این نتیجه رسیدند که مدل‌هایی که بر پایه روش ورودی - خروجی تدوین شده‌اند، چندین محدودیت اساسی ایجاد می‌نمایند و فقط با توسعه و درک دینامیک فرآیندهای متابولیک و فیزیولوژیک پایه‌ای می‌توان از آنها استفاده نمود و تحقیقات خود را در این زمینه‌ها ادامه داد (ریگز، ۱۹۶۳).

یکپارچه‌سازی و خلاصه‌سازی ایده‌ها و اطلاعات به‌دست آمده از تکنیک‌های شبیه‌سازی ریاضی بر پایه استفاده از رایانه نه تنها بینش ما را گسترده‌تر نموده است بلکه در استفاده مؤثرتر از اطلاعات موجود در طرح‌ها و تفسیر آنها نیز به کار می‌آید (بالدوین، ۱۹۹۵). مدل‌های ریاضی ما را قادر نموده است که بسیاری از اطلاعات موجود را به‌منظور تخصیص بهینه منابع به کار بریم. این مدل‌ها همچنین برای درک مستقیم بسیاری از مسایل پیچیده به کار می‌آیند (بالدوین، ۱۹۹۵).

مدل‌های نظری^۱ براساس برخی نظریه‌ها یا فرضیه‌ها در رابطه با شالوده طبیعی سیستم استوار هستند. بنابراین یک مدل نظری به خوبی می‌تواند تمامی اعداد حاصل از مطالعات مشابه را توصیف نماید و علل وجود چنین رابطه را توضیح دهد. هنگامیکه یک مدل براساس معادلات نظری استوار می‌شود، تمامی روابط سببی بین اجزاء سیستم به خوبی برقرار می‌شوند و نتایج حاصل به

2- Preruminant calves
3- Metabolite pool
4- Body constitution pool

1- Mechanistic models

مواد و روش‌ها

نوع مدل: در تهیه این مدل به منظور تخمین احتیاجات، از معادلات موجود در **NRC 2001** استفاده شد. این مدل در قالب مدل‌های نظری قرار می‌گیرد، یعنی محدود به اطلاعات حاصل از اعداد طرح‌های آزمایشی نمی‌باشد و بر اساس مکانیسم‌های فیزیولوژیک دام قادر به شبیه‌سازی در شرایط مختلف است (بالدوین، ۱۹۹۵).

اهداف مدل: در این مدل هدف تخمین مناسب از احتیاجات گوساله و نیز شبیه‌سازی روند رشد (وزن دام و افزایش وزن روزانه) و مصرف خوراک از زمان تولد تا ۹۰ روزگی می‌باشد.

اجزای مدل: در این مدل دوره رشد گوساله براساس سه دوره کلی طبقه‌بندی شد: (۱) گوساله شیرخوار (۲) دوره تغذیه گوساله با شیر و کنسانتره شروع کننده (دوره پیش از شیرگیری) (۳) دوره پس از شیرگیری. برای ساخت این مدل، سعی شد تا روابط موجود در قالب شش بخش جداگانه تهیه و تدوین گردد. این بخش‌ها به ترتیب عبارت بودند از: (۱) معرفی متغیرها (مواد غذایی و درصد استفاده شده، شرایط آب و هوایی و وزن تولد گوساله) (۲) تخمین مصرف خوراک روزانه (۳) تخمین مواد مغذی و راندمان استفاده از آنها برای نگهداری یا افزایش وزن (۴) تخمین احتیاجات پروتئینی (۵) تخمین احتیاجات انرژی خالص و پروتئین قابل هضم ظاهری و در نهایت شمای کلی مدل

مطابق شکل ۱ ساخته شد و بخش‌های مختلف مدل و ارتباط بین آنها نشان داده شده شد.

توصیف ریاضی مدل: در ساخت مدل از معادلات زیر استفاده گردید:

(۱) راندمان مصرف خوراک برای نگهداری ($Calfk_m$) و افزایش وزن ($Calfk_g$): در صورتی که خوراک از محصولات شیر تهیه شده باشد، طبق مقادیر گزارش شده در منابع با راندمان ۰/۸۶ برای نگهداری (جانسون و الیوت، ۱۹۷۲؛ وان اس و همکاران، ۱۹۶۹؛ ورمورل و همکاران، ۱۹۷۴؛ اوکاموتو و همکاران، ۱۹۸۶؛ گنزالس - جیمینزو بلکستر، ۱۹۶۲) و با راندمان ۰/۶۹ (الکساندر و همکاران، ۱۹۷۵؛ دانلی و هاتن، ۱۹۷۶؛ و ب ۱۹۷۶؛ نیرگارد، ۱۹۷۶؛ تولک، ۱۹۸۹) برای افزایش وزن مورد استفاده قرار می‌گیرد و از معادلات زیر برای محاسبه $Calfk_m$ و $Calfk_g$ در یک جیره فرضی استفاده می‌شود:

$$Calfk_m = Calfk_{m+} (0.86 \times (Feed_x DMFed \times Feed_x cMEng))$$

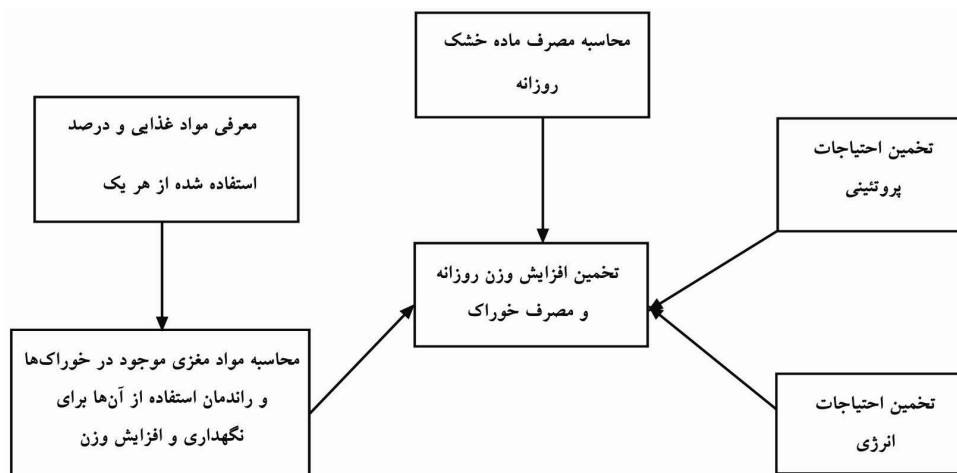
$$Calfk_g = Calfk_{g+} (0.69 \times (Feed_x DMFed \times Feed_x cMEng))$$

که در آن $Feed_x DMFed$ مقدار ماده خشک مصرف

شده از هر یک از خوراکی‌ها (کیلوگرم) و $Feed_x cMEng$ انرژی متابولیسمی موجود در هر یک از خوراکی‌ها (مگا کالری بر کیلوگرم) است. تمامی خوراکی‌های دیگر (با منبع غیر از شیر) با راندمان ۰/۷۵ و ۰/۵۷ به ترتیب برای $Calfk_m$ و $Calfk_g$ در جیره مورد نظر استفاده می‌شود:

$$Calfk_m = Calfk_{m+} (0.75 \times (Feed_x DMFed \times Feed_x cMEng))$$

$$Calfk_g = Calfk_{g+} (0.57 \times (Feed_x DMFed \times Feed_x cMEng))$$



شکل ۱- ساختار مدل که بیانگر اجزای مدل و روابط بین آنها می‌باشد.

که در آن $Feed_{DMFed}$ مقدار ماده خشک مصرف شده از هر یک از خوراکی‌ها (کیلوگرم) و $Feed_{cMEng}$ انرژی متابولیسمی موجود در هر یک از خوراکی‌ها (مگاکالری بر کیلوگرم) است (آریلی و همکاران، ۱۹۹۵؛ دیویس و دراکلی، ۱۹۸۸؛ گریس و همکاران، ۱۹۹۶؛ انجمن تحقیقات ملی، ۱۹۸۹).

۲) معادلات مورد استفاده در محاسبه احتیاجات انرژی (انجمن تحقیقات ملی، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۱): در محاسبه احتیاجات انرژی برای نگهداری در گوساله بر حسب مگاکالری (NE_mCalf) در سنین مختلف از معادله زیر استفاده شد که به خوبی با نتایج آزمایش‌های متابولیسم گرسنگی (دیویس و دراکلی، ۱۹۸۸) در گوساله‌های تغذیه شده با فقط شیر همخوانی داشت:

$$NE_mCalf = 0.086 \times (CalfLW^{0.75})$$

که در آن $CalfLW$ وزن زنده گوساله (کیلوگرم) می‌باشد. گوساله نوزاد تنها برای یک روز ذخایر چربی و گلیکوژن برای گذراندن دوره استرس سرمایی دارد (انجمن تحقیقات کشاورزی، ۱۹۸۰؛ روان، ۱۹۹۲؛ اسکرما، ۱۹۹۳). پس از آن به دلیل تاثیر دمای محیط بر احتیاجات انرژی موجود زنده، معادله فوق باید برای دمای

هوا تصحیح شود. برای این منظور از جدول ۱ استفاده شد (بلکستر و میشل، ۱۹۴۸). پس از استخراج ضریب تصحیح^۱ ($Factor$) با استفاده از فرمول زیر احتیاجات انرژی اصلاح گردید:

$$NE_mCalf = (NE_mCalf \times (1 + Factor))$$

و با استفاده از احتیاجات جدید اصلاح شده و راندمان استفاده از جیره مورد نظر برای نگهداری ($Calfk_m$) به محاسبه انرژی متابولیسمی جهت نگهداری گوساله با استفاده از معادله زیر پرداخته شد. لازم به ذکر است که در NRC 2001 محاسبه احتیاجات گوساله براساس انرژی متابولیسمی استوار است و دیگر مقادیر برای استفاده کاربران خاص قرار داده شده‌اند.

$$ME_{main} = \frac{NE_mCalf}{TotalDietNE_m}$$

برای محاسبه احتیاجات انرژی مورد نیاز برای رشد از روش تفاضل استفاده شد (انجمن تحقیقات ملی، ۲۰۰۱). بدین صورت که ابتدا مقدار ماده خشک مصرفی به منظور تامین احتیاجات انرژی برای نگهداری (DMI_{forNE_mCalf}) بر حسب کیلوگرم با استفاده از معادله زیر به دست آمد:

جدول ۱- ضرایب تصحیح احتیاجات انرژی در دماهای مختلف ($Factor$).

دما (درجه سانتی‌گراد)	گوساله بیش از دو ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)	گوساله کمتر از دو ماه
> ۵	صفر	> ۱۵	صفر
صفر تا ۵	۰/۱۳	۱۵ تا ۱۰	۰/۱۳
-۵ تا صفر	۰/۲۷	۱۰ تا ۵	۰/۲۷
-۱۰ تا -۵	۰/۴۰	صفر تا ۵	۰/۴۰
-۱۵ تا -۱۰	۰/۵۴	-۵ تا صفر	۰/۵۴
-۲۰ تا -۱۵	۰/۶۸	-۱۰ تا -۵	۰/۶۸
-۲۵ تا -۲۰	۰/۸۱	-۱۵ تا -۱۰	۰/۸۶
-۳۰ تا -۲۵	۰/۹۴	-۲۰ تا -۱۵	۰/۹۴
< -۳۰	۱/۰۷	-۲۵ تا -۲۰	۱/۰۸
		-۳۰ تا -۲۵	۱/۲۱
		< -۳۰	۱/۳۴

$$ADP_{main} = 6.25 \times \left[\left[\left(\frac{1}{BV} \right) \times (EUN + MFN) \right] - MFN \right]$$
 که در آن EUN نیتروژن ادراری با منشاء داخلی (برحسب گرم در روز) بوده و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (بلکستر و وود، ۱۹۵۱) که در آن LW وزن بدن بوده و برحسب کیلوگرم بیان می‌شود. اعداد حاصل از این معادله در محدوده اعداد گزارش شده در دیگر منابع علمی می‌باشد (انجمن تحقیقات ملی، ۱۹۷۸؛ روی، ۱۹۷۰ و روی، ۱۹۸۰):

$$EUN = 0.2 \times (LW^{0.75})$$
 نیتروژن با منشاء متابولیک در مدفوع (MFN) (برحسب گرم در روز) به میزان $1/9$ گرم به ازاء کیلوگرم ماده خشک مصرفی از شیر یا جایگزین شیر و $3/3$ گرم به ازاء کیلوگرم ماده خشک مصرفی از کنسانتره شروع کننده در نظر گرفته شد (انجمن تحقیقات ملی، ۱۹۹۶) و با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$MFN = (MilkDMI \times 1.9) + (StarterDMI \times 3.3)$$
 ارزش بیولوژیکی (BV) در مورد پروتئین‌های شیر به راندمان استفاده از نیتروژن برای رشد پس از تأمین احتیاجات نگهداری گفته می‌شود و با مقدار عددی $0/8$ نشان داده می‌شود (نیرگارد، ۱۹۷۶). در مورد نگهداری نیز عدد مشابهی به کار می‌رود. ارزش بیولوژیکی در مورد پروتئین جذب شده از منشاء کنسانتره شروع کننده، $0/70$ در نظر گرفته شده است (انجمن تحقیقات ملی، ۱۹۷۸) و از معادله زیر برای محاسبه ارزش بیولوژیکی استفاده گردید:

$$BV = \left(0.8 \times \left(\frac{TotalMilkCP}{TotalCP} \right) \right) + \left(0.7 \times \left(\frac{TotalStarterCP}{TotalCP} \right) \right)$$
 برای محاسبه احتیاجات پروتئین گوساله برای نگهداری (CP_mCalf) ابتدا ($ADP-to-CP$) به‌عنوان نسبت پروتئین قابل هضم ظاهری به کل پروتئین خوراک محاسبه شد. سپس با استفاده از رابطه زیر احتیاجات پروتئین گوساله برای نگهداری (CP_mCalf) (برحسب گرم در روز) محاسبه گردید:

$$ADP-to-CP = \frac{TotalDietADP}{(TotalMilkCP + TotalStarterCP) \times 1000}$$

که در آن $TotalDietNE_m$ انرژی نگهداری موجود در خوراک مصرفی (مگا کالری) می‌باشد. سپس ماده خشک مورد نیاز برای رشد ($DMI_{forGrowth}$) برحسب کیلوگرم و انرژی خالص در دسترس برای رشد نیز بر حسب مگا کالری (NE_gCalf) و براساس مقدار ماده خشک در دسترس برای افزایش وزن با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند:

$$DMI_{forGrowth} = (TotalDMFed - DMI_{forNE_m}Calf)$$

$$NE_gCalf = DMI_{forGrowth} \times TotalDietNE_gCalf$$
 ۳) محاسبه احتیاجات پروتئین: گوساله‌هایی که کنسانتره شروع کننده مصرف می‌کنند، بخشی از احتیاجات پروتئینی خود را از پروتئین میکروبی تولیدی در شکمبه دریافت می‌کنند. به دلیل اطلاعات اندکی که در مورد پروتئین قابل هضم در شکمبه و پروتئین غیرقابل هضم در شکمبه گوساله‌ها وجود دارد از روش فاکتوریل (کانینگهام و بریستون، ۱۹۷۵) با استفاده از پروتئین قابل هضم ظاهری برای محاسبه احتیاجات پروتئینی استفاده شد.

قابلیت هضم ظاهری پروتئین جیره ($TotalDietA$) (DP) (برحسب گرم) با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید که در آن قابلیت خوراک‌های بر پایه شیر برابر $0/93$ است (بلکستر و وود، ۱۹۵۱). نکته قابل توجه این است که احتیاجات پروتئین قابل هضم و پروتئین خام در مورد خوراک‌هایی کارآیی دارد که بر پایه پروتئین شیر هستند و قابلیت هضم و ارزش بیولوژیکی بالایی دارند (دیویس و دراکلی، ۱۹۹۸). برای خوراک‌های بر پایه کنسانتره شروع کننده قابلیت هضمی معادل $0/75$ در نظر گرفته شد (بلکستر و وود، ۱۹۵۱).

$$TotalDietA DP = \left(\frac{(TotalMilkCP \times 0.93) + (TotalStarterCP \times 0.75)}{TotalMilkCP} \right) \times 1000$$
 در این معادله $TotalMilkCP$ کل پروتئین حاصل از شیر مصرفی روزانه (برحسب گرم) و $TotalStarterCP$ کل پروتئین حاصل از کنسانتره شروع کننده مصرفی روزانه (برحسب گرم) می‌باشد.

احتیاجات نگهداری برای پروتئین قابل هضم نیز (ADP_{main}) (برحسب گرم در روز) از معادله زیر محاسبه شد (انجمن تحقیقات ملی، ۲۰۰۱):

مصرف ماده خشک پیشنهاد شده است (دانلی و هاتن، ۱۹۷۶ ب).

$$DMI = \frac{(LW^{0.75} \times (0.2435 \times NE_m Calf - 0.0466 \times NE_m Calf^2 - 0.1128))}{NE_m Calf}$$

که در آن LW وزن زنده برحسب کیلوگرم، $NE_m Calf$ انرژی خالص جیره برای نگهداری برحسب مگا کالری بر کیلوگرم می باشد.

۵) سه تخمین از افزایش وزن روزانه برای شبیه سازی رشد گوساله ها به کار برده شد که به ترتیب عبارت بودند از:

الف) LW -Energy که براساس $Energy$ -to-Gain به شبیه سازی وزن در روزهای مختلف در طی دوره رشد می پردازد (انجمن تحقیقات ملی، ۱۹۸۹؛ ورمورل و همکاران، ۱۹۷۴). $Energy$ -to-Gain مقدار افزایش وزن حاصل از آن بخش از انرژی جیره است که می تواند صرف افزایش وزن شود و با استفاده از معادله زیر (برحسب کیلوگرم) تخمین زده شد:

$$Energy - to - Gain = \frac{EnergyADGCalf}{(0.625 \times 0.84 \times LW^{0.355})^{12}}$$

که در آن مقدار انرژی مورد نیاز برای میانگین افزایش وزن روزانه گوساله ($EnergyADGCalf$) با استفاده رابطه زیر به دست آمد (انجمن تحقیقات ملی، ۲۰۰۱):

$$EnergyADGCalf = Exp\left(0.8333 \times \frac{Log(1.19 \times NE_g Calf)}{(0.69 \times LE^{0.355})}\right)$$

که در آن LW وزن زنده گوساله (برحسب کیلوگرم) می باشد.

ب) LW -ADP که براساس ADP AllowGain به شبیه سازی رشد می پردازد. ADP AllowGain افزایش وزن حاصل از آن بخش از قابلیت هضم ظاهری پروتئین است که می تواند صرف افزایش وزن شود و برحسب گرم در روز با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (انجمن تحقیقات ملی، ۲۰۰۱):

$$ADPAllowGain = \frac{(TotalDietADP - ADP_{main}) \times BV}{0.188}$$

$$CP_m Calf = \frac{ADP_{main}}{ADP - to - CP}$$

احتیاجات پروتئین قابلیت هضم برای رشد (ADP_{growth}) نیز از معادله زیر محاسبه شد: (برحسب گرم در روز)

$$ADP_{growth} = \frac{ProteinAllowADGCalf \times 1000}{BV}$$

که در آن مقدار پروتئین خام مورد نیاز (برحسب گرم در روز) برای میانگین افزایش وزن روزانه گوساله ($ProteinAllowADGCalf$) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$ProteinAllowADGCalf = Gain \times 0.188$$

(۳۰ گرم نیتروژن به ازاء کیلوگرم اضافه وزن = ۱۸۷/۵ گرم پروتئین خالص به ازاء کیلوگرم اضافه وزن)

۴) معادلات مورد استفاده در محاسبه ماده خشک مصرفی: برای محاسبه مصرف شیر روزانه، در دوره ای که گوساله شیر مصرف می نماید (صفر تا ۴۵ روزگی) از رابطه زیر استفاده گردید (انجمن تحقیقات ملی، ۲۰۰۱):

$$DMmilkFed = 0.1 \times CalfBW \times 0.125$$

که در آن $DMmilkFed$ ماده خشک مصرفی از شیر (کیلوگرم) و $CalfBW$ وزن تولید گوساله (کیلوگرم) و ۰/۱ استاندارد تغذیه گوساله ها با شیر براساس وزن تولد و ۰/۱۲۵ ماده خشک شیر خام می باشد (دیویس و دراکلی، ۱۹۹۸). برای محاسبه کنسانتره شروع کننده مصرفی در گوساله تا زمان شیرگیری (۴۵ روزگی) از معادله رگرسیون زیر استفاده گردید (کویگلی، ۲۰۰۱):

$$StarterIntake = 0.4497t^2 + 10.353t - 43.156$$

که در آن $StarterIntake$ مصرف ماده خشک از کنسانتره شروع کننده (کیلوگرم) و t سن گوساله به روز می باشد. برای محاسبه مصرف کنسانتره شروع کننده پس از شیرگیری از معادله زیر استفاده گردید. شایان ذکر است که این معادله با این که از کتاب احتیاجات غذایی گاو گوشتی چاپ ۱۹۹۶ اخذ شده است اما تست با داده های آزمایشی بر روی تعداد ۲۷۲۷ گوساله و تلیسه با وزن ۵۸ تا ۵۸۸ کیلوگرم انجام شد، این معادله برای تخمین

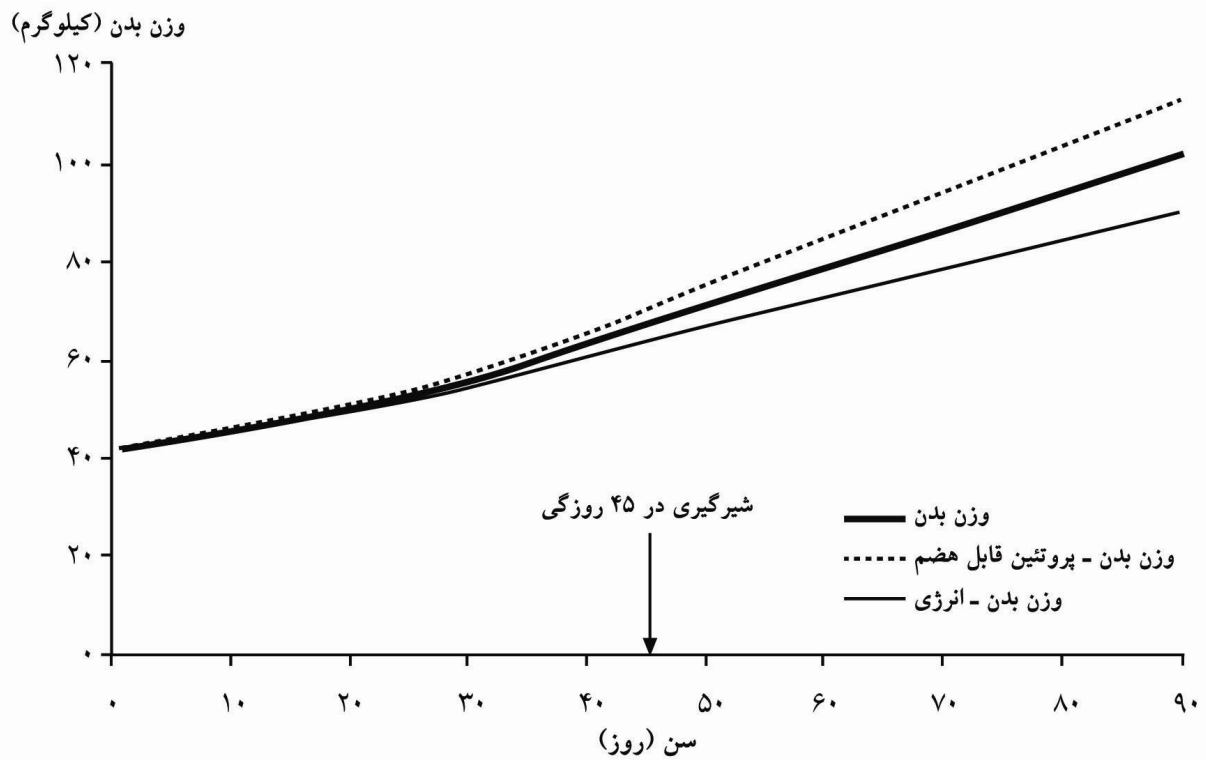
ج) LW که با استفاده از میانگین تخمین براساس انرژی و پروتئین قابل هضم ظاهری، رشد گوساله‌ها را در طی دوره رشد تا ۹۰ روزگی شبیه‌سازی می‌نماید.

در ساخت این مدل از نرم افزار Model Maker 3.0.3 استفاده گردید (www.chrwell.com). شایان ذکر است که این نرم افزار تحت لیسانس Cherwell Scientific Publishing Ltd می‌باشد.

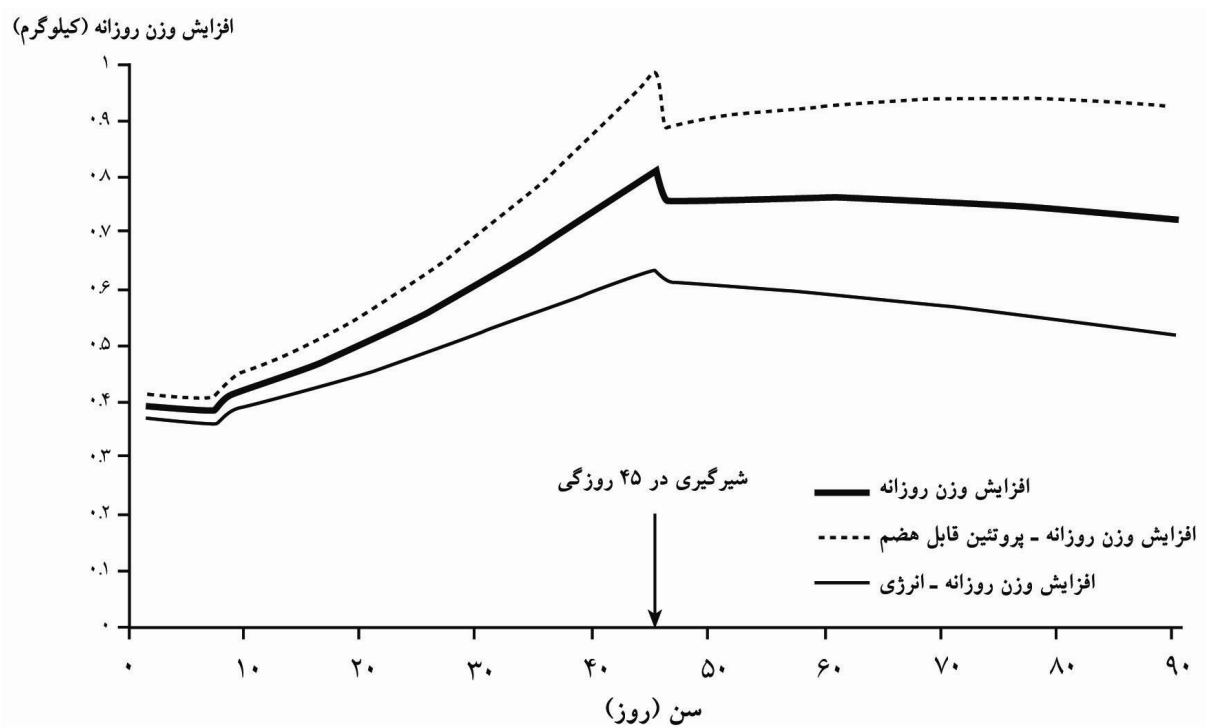
نتایج و بحث

رفتار و عملکرد مدل: شکل ۲ رفتار مدل در شبیه سازی وزن بدن گوساله را از تولد تا سن ۹۰ روزگی نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است، تخمینی که براساس انرژی فراهم شده است، کمترین مقدار را در روزهای مختلف نشان می‌دهد و تخمینی که براساس پروتئین قابل هضم ظاهری فراهم شده است، بیشترین مقدار عددی را در روزهای مختلف از خود نشان می‌دهد و مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل براساس شاخص‌های مختلف (انرژی، پروتئین قابل هضم ظاهری و میانگین آن دو) کاملاً در محدوده گزارش شده دیگر مطالعات قرار دارد و وزن بدن در روزهای مختلف مشابه با دیگر گزارش‌ها است (فرانکلین و همکاران، ۱۹۹۸؛ کوئیگی و برنارد، ۱۹۹۶ و اسپانسی و همکاران، ۱۹۹۷). در این مدل وزن تولد ۴۵ کیلوگرم در نظر گرفته شده است و مدل وزن زمان از شیرگیری را براساس شاخص‌های انرژی، پروتئین قابل هضم ظاهری و میانگین آن دو به ترتیب معادل ۶۳، ۷۰ و ۶۶/۵ کیلوگرم و در ۹۰ روزگی به ترتیب ۸۹، ۱۱۱ و ۱۰۰ کیلوگرم شبیه‌سازی نمود.

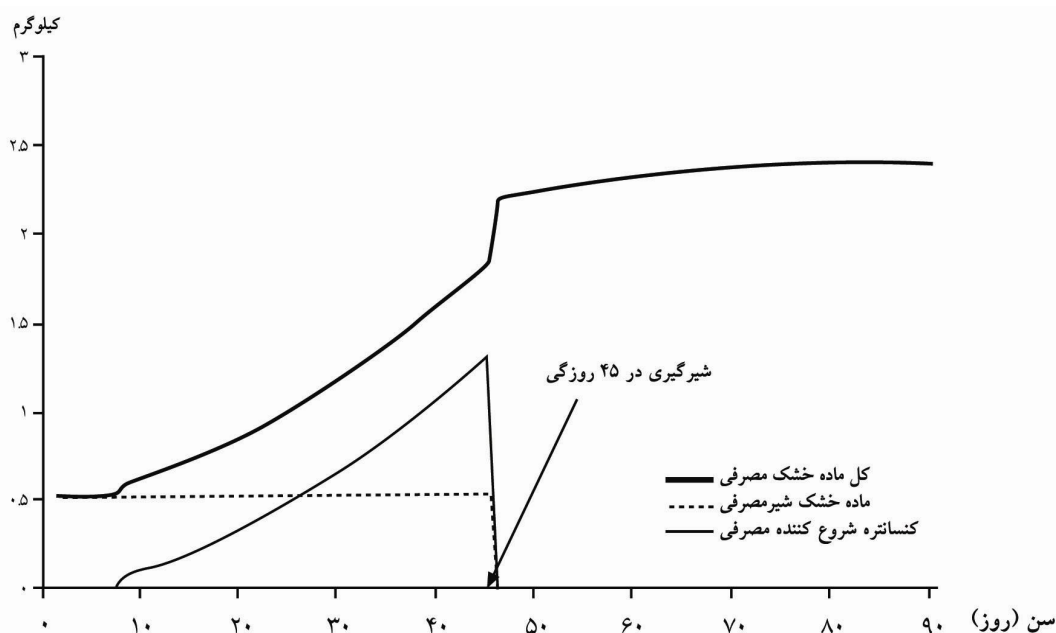
همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، رفتار مدل در تخمین افزایش وزن روزانه براساس شاخص‌های مختلف از روند مشاهده شده در مورد وزن بدن در روزهای مختلف تبعیت می‌کند و در این مورد نیز شبیه سازی انجام شده و در مورد افزایش وزن روزانه مشابه با اعداد گزارش شده در دیگر منابع بود (دپیو و همکاران، ۱۹۹۸؛ کیگی و همکاران، ۱۹۹۷ و کوئیگی و همکاران، ۱۹۹۷) و اعداد شبیه سازی شده براساس شاخص‌های انرژی، پروتئین قابل هضم ظاهری و میانگین آن دو در ۴۵ روزگی به ترتیب معادل ۰/۶۱، ۰/۸۸ و ۰/۷۵ کیلوگرم و در ۹۰ روزگی به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۹۲ و ۰/۷۲ بودند. در مورد ماده خشک مصرفی (شکل ۴) نیز با وجود این که، در زمان از شیرگیری کاهش ناگهانی مصرف خوراک ناشی از استرس شیرگیری وجود داشت، اما همچنان مدل در طی ۹۰ روز دوره رشد به خوبی مصرف ماده خشک را تخمین زد و اعداد حاصل از شبیه سازی مدل در محدوده اعداد گزارش شده در دیگر منابع علمی است (کوئیگی و برنارد، ۱۹۹۶؛ کوئیگی و همکاران، ۱۹۹۷) و اعداد شبیه سازی شده در ۴۵ و ۹۰ روزگی به ترتیب معادل ۱/۳۱ و ۲/۳۸ کیلوگرم بودند. با تخمین‌های مناسبی که در مدل توصیف شده مشاهده می‌شود، مدل مذکور می‌تواند به عنوان نقطه شروعی برای طراحی مدل‌های پیچیده‌تر مربوط به رشد و توسعه گوساله‌های مطرح باشد و به طور کلی به نظر می‌رسد، از آنجایی که رفتار مدل توانسته است روند صحیح مشاهدات را تخمین بزند، مدل مطلوبی باشد.



شکل ۲- نمایی از شبیه سازی رشد توسط مدل.



شکل ۳- نمایی از شبیه سازی افزایش وزن روزانه توسط مدل.



شکل ۴- نمایشی از شبیه سازی مصرف ماده خشک روزانه توسط مدل

منابع

1. Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Farnham Royal, Slough, England: Commonwealth Agricultural Bureaux.
2. Alexander, G., Bennett, J.W., and Gammell, R.T. 1975. Brown adipose tissue in the newborn calf (*Bos Taurus*). *J. Physiol.* 244: 223-234.
3. Arieli, A., Schrama, J.W., Van Der Hel, W., and Verstegen, M.W.A. 1995. Development of metabolic partitioning of energy in young calves. *J. Dairy Sci.* 78:1154-1162.
4. Baldwin, R.L. 1995. Modeling ruminant digestion and metabolism. Chapman and Hall Press.
5. Blaxter, K. L., and Mitchell, H.H. 1948. The factorization of the protein requirements of ruminants and of the protein value of feeds, with particular reference to the significance of the metabolic fecal nitrogen. *J. Anim. Sci.* 7:351-372.
6. Blaxter, K.L., and Wood, W.A. 1951. The nutrition of the young Ayrshire calf. 4. Some factors affecting the biological value of protein determined by nitrogen balance method. *Br. J. Nutr.* 5:55-67.
7. Cunningham, H.M., and Brisson, G.J. 1957. The endogenous urinary and metabolic fecal nitrogen excretions newborn dairy calves. *Can. J. Anim. Sci.* 37:152-156.
8. Davis, C.L., and Drackley, J.K. 1998. The Development, Nutrition, and Management of the young Calf. Iowa state University Press, Ames, Iowa.
9. Depew, C.L., Bunting, L.D., Fernandez, J.M., Thompson, JR., D.L., and Adkinson, R.W. 1998. Performance and chromium tripicolinate. *J. Dairy Sci.* 81:2916-2923.
10. Donnelly, P.E., and Hutton, J.B. 1967a. Effects of dietary protein and energy on the growth of Friesian bull calves. I. Food intake, growth and protein requirements. *N.Z.J. Agric. Res.* 19: 289-297.
11. Donnelly, P.E., and Hutton, J.B. 1976b. Effects of dietary protein and energy on the growth of Friesian bull calves. II. Effects of level of feed intake and dietary protein content on body composition. *N.Z.J. Agric. Res.* 19:409-414.
12. Franklin, S.T., Sorenson, C.E., and Hammell, D.C. 1998. Influence of vitamin A supplementation in milk on growth, health, concentration of vitamins in plasma, and immune parameters of calves. *J. Dairy Sci.* 81: 2623-2632.
13. Gerrits, W.J.J., Tolman, G.H., Schrama, J.W., Tamminga, S., Bosch, M.W., and Verstegen, M.W.A. 1996. Effect of protein and protein free energy intake on protein and fat deposition rates in preruminant calves of 80 to 240 kg live weight. *J. Anim. Sci.* 74:2129-2139.
14. Gerrits, W.J.J., Dijkstra, J., and France, J. 1997a. Description of a model integrating protein and energy metabolism in preruminant calves. *Journal of Nutrition.* 127:1229-1242.

15. Gerrits, W.J.J., France, J., Dijkstra, J., Bosch, M.W., Tolman, G.H., and Tamminga, S. 1997b. Evaluation of a model integrating protein and energy metabolism in preruminant calves. *Journal of Nutrition*. 127:1243-1252.
16. Gonzalez-jimenez, E., and Blaxter, K.L. 1962. The metabolism and thermal regulation of calves in the first month of life. *Br. J. Nutr.* 16:199-212.
17. Holmes, C.W., and Davey, A.W.F. 1976. The energy metabolism of young Jersey and Friesian calves fed fresh milk. *Anim. Prod.* 23:43-53.
18. Johnson, P.T.C., and Elliott, R.C. 1972a. Dietary energy intake and utilization by young Friesian calves. 2. Digestibility and metabolizable energy contents of whole milk and spray-dried skim milk powder, and energy retentions of calves given these foods. *Rhod. J. Agric. Res.* 10:125-133.
19. Johnson, P.T.C., and Elliott, R.C. 1972b. Dietary energy intake and utilization by young Friesian calves. 3. The utilization by calves of energy in whole milk. *Rhod. J. Agric. Res.* 10:135-142.
20. Kegeley, E.B., Spears, J.W., and Eisemann, J.H. 1997. Performance and glucoide metabolism in calves fed a chromium-nicotinic acid complex or chromium chloride. *J. Dairy Sci.* 80:1744-1750.
21. National Research Council. 1978. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 5th rev. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences.
22. National Research Council, 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 5th rev. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences.
23. National Research Council. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7th rev. ed. 1996. Washington DC: National Academy of Sciences.
24. National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
25. Neergard, L. 1976. A comparative study of nitrogen and energy metabolism in young calves fed three liquid diets. In *energy metabolism of farm Animals*, edited by M. Vermorel, 205-208. European Association of Animal Production, Claremont-Ferrand, France.
26. Okamoto, M., Robinson, J.B., Christopherson, R.J., and young B.A. 1986. Summit metabolism of newborn calves with and without colostrums feeding. *Can. J. Anim. Sci.* 66:937-944.
27. Quigley, J.D., III, and Bernard, J.K. 1996. Milk replacers with or without animal plasma for dairy calves. *J. Dairy Sci.* 79:1881-1884.
28. Quigley, J.D., III, Drewry, J.J., Murray, L.M., and Ivey, S.J. 1997. Body weight gain, feed efficiency, and fecal scores of dairy calves in response to galactosyl-lactose or antibiotics in milk replacers. *J. Dairy Sci.* 80:1751-1754.
29. Quigley, J. 2001. *Methods of feeding water*. Calf Note #77. (<http://www.calfnotes.com>).
30. Riggs, D.S. 1963. *The mathematical approach to physiological problems*. MIT Press, Cambridge, MA.
31. Rowan, T.G. 1992. Thermoregulation in neonatal ruminants. In *Neonatal Survival and Growth*, edited by M.A. Varley, P.E.V. Williams, and T.L. J. Lawrence, Occasional Publ. No. 15, 13-24; Edinburgh, UK: Br. Soc. Anim. Prod.
32. Roy, J.H.B. 1970. Protein in milk replacers for calves. *J. Sci. Food Agric.* 21:346-351.
33. Roy, J.H.B. 1980. *The calf*, 4th ed. Boston: Butterworths.
34. Schrama, J.W. 1993. *Energy metabolism of young Unadapted Calves*. Ph.D. diss., Department of Animal Husbandry and Department of Animal Nutrition, Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University.
35. Spanski, N.A., Drackley, J.K., Davis, C.L., and Jaster, E.H. 1997. Utilization of supplemental triglycerides or free fatty acids by calves from 4 to 10 weeks of age. *J. Dairy Sci.* 80:573-585.
36. Toullec, R. 1989. Veal calves. In *Ruminant Nutrition-Recommended Allowances and feed tables*, edited by R. Jarrige. London; INRA, John Libby.
37. Van Es, A.J.H., Nijkamp, H.J., Vanweerden, E.J., and Hellemond, K.K. 1969. Energy, carbon, and nitrogen balance experiments with veal calves. In *Energy Metabolism of farm animals*, edited by K.L. Blaxter, J. Kielowski, and Thorbeck, G. 197-202, Oriel Press, Newcastle-upon-Tyne, UK.
38. Vermorel, M., Bouvier, J.C., Thivend, P., and Toullec, R. 1974. Utilisation energetique des aliments d'allaitement par le veau preuminant a l'engrais de differents poids. In *energy metabolism of animals*, edited by K.H. menke, H.J. Lantzch, and J.R. Reichl, 143-146, Univesitat Hohenheim Dokumentationsstelle, Hohenheim, BRD.
39. Webster, A.J.F., Donnelly, H., Brockway, J.M., and Smith, J.S. 1975. Energy exchanges of veal calves fed high-fat milk replacer diet containing different amounts of iron. *Anim. Prod.* 20:69-75.
40. www.chrwell.com, Cherwell Scientific publishing Ltd. The Magdalen Centre, Oxford Science Park, Oxford, OX4 4GA.

Description of a mechanistic model integrating preruminant calves growth based on net energy and apparently digestible protein

B. Saremi¹, A.A. Naserian², M. Bannayan² and F. Shahriary²

¹Education center of Jihad-e Agriculture, Mashhad, Iran, ²Faculty members of Agriculture College of Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

The objective of this study was to describe a mechanistic model, which stimulates preruminant calves growth based on three different indexes (Net energy, Apparently digestible protein and mean of them). Calves growth period was divided into: 1) Milk fed calves, 2) Milk+calf starter fed calves (Pre-weaning period) and 3) Post-weaning period. Model contains six pools: 1) Daily dry matter intake stimulation, 2) Feeds and their percent, Weather condition and calves birth weight, 3) Stimulation of feed's nutrients and their efficiency for growth or maintenance, 4) Simulation of protein requirement of calves, 5) Simulation of energy requirements of calves and 6) Simulation of weight gain, based on net energy and apparently digestible protein. The lowest estimation is based on net energy and highest one is based on apparently digestible protein in growth period, but simulation values based on net energy, apparently digestible protein and mean of them are in the range of other studies. Model behavior about daily weight gain is similar to body weight at different days. Model made good dry matter intake stimulation in 90 days, although it was really hard to stimulate the dropping dry matter intake at weaning. Generally, it seems that based on recommended equations for calves growth up to 90 days of age, this mechanistic model could simulate calves growth completely sound.

Keywords: Modeling, Mechanistic model, Calf, Growth