بهینه‌سازی زنجیره تامین لبنی در استان کردستان با در نظر گرفتن محصولات ثانویه

سیده روزیتا ابراهیمی[۱]، فرید خوش‌الحان[۲*] و حامد قادرزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۲

چکیده

صنعت لبنی جایگاهی ویژه در صنایع غذایی جهانی دارد. ویژگی‌های خاص این زنجیره همانند فسادپذیربودن محصولات و ضایعات قابل برگشت بر لزوم توجه به زنجیره تامین لبنی تاکید می‌کند. در این میان موضوع محصولات ثانویه در کاهش ضایعات، ایجاد ارزش افزوده بالا و کاهش اثرات زیست‌محیطی متناظر به عنوان بخشی از مولفه‌های زنجیره تامین لبنی قابل طرح است. چرا که به دلیل ارزش غذایی و هم‌چنین، شامل شدن هزینه‌های تولیدی این محصولات انجام تمهیداتی بمنظور کاهش ضایعات و تامین غذای بیش‌تر، اقتصادی به نظر می‌رسد. در بین محصولات ثانویه در فرایند فراوری محصولات لبنی، آب پنیر به عنوان مهم‌ترین و مغذی‌ترین ماده‌ی ثانویه شناخته شده است. این مقاله تلاش می‌کند، با توسعه مدل‌های موجود در زنجیره تامین لبنی و افزودن متغیر تصمیم محصولات ثانویه به آن، گامی در راستای رسیدن به این اهداف بردارد. با تحلیل و آنالیز مدل نوین با بهره‌گیری از داده‌های صنعت لبنیات استان کردستان سودآوری این زنجیره پس از دخیل کردن تاثیر محصول ثانویه آب پنیر، به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان با استفاده از نتایج بدست آمده امکان بهبود شرایط اقتصادی حاکم بر صنعت لبنیات کشور با بهینه‌سازی الگوی فراوری، راه‌کاری جدید را با بهره‌گیری علمی از دانش تخصصی صنعت مواد غذایی و سایر علوم از قبیل اقتصاد، مدیریت و مهندسی صنایع به فعالان این بخش ارائه و پاسخ‌گویی منطقی را بر پایه‌ی اقتصاد سلامت به تقاضای فراور ارائه کرد.

طبقه‌بندی JEL: Q_{12}, C_6, C_{61},

واژه‌های کلیدی: زنجیره تامین لبنی، بهینه‌سازی، حل دقیق برنامه‌ریزی غیرخطی، محصولات ثانویه، ضایعات مواد غذایی، استان کردستان ایران.

---

[۱] -گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[۲] -عضو هیئت علمی گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[۳]- عضو هیئت علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه کردستان.

*- نویسنده مسئول مقاله: Khoshalhan@kntu.ac.ir

پیش‌گفتار

با افزایش نگرش جهانی شدن اقتصاد (ارتقای GATT[1] به WTO در سال ۱۹۹۵)، افزایش هزینه‌ها، محسوس‌تر شدن کمبود منابع، کوتاه شدن دوره‌ی عمر محصول (ناشی از تغییرات فناوری و استانداردها)، لزوم کوتاه‌تر شدن زمان پاسخ‌گویی به مشتری و افزایش رقابت بازار، صنایع گوناگون ملزم به مدیریت کاراتر و موثرتر شده تا از این مسیر، هزینه‌های خود را کاهش و امکان حضور در بازار جهانی را کسب یا حفظ کنند. اهمیت زنجیره‌های مواد غذایی و کاهش هدررفت مواد غذایی گوناگون در این زنجیره‌ها بمنظور بهبود وضعیت سیستم غذایی جهانی، با توجه به رشد جمعیت جهان و کمبود و محدودیت منابع غذایی، روز به روز افزایش می‌یابد. از جمله این تلاش‌ها می‌توان به موضوع ارزش‌افزایی[2] اشاره کرد. هم‌چنین، در این راستا، می‌توان به برخی پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه زنجیره تامین غذایی همانند، مقاله Hovelaqu *et al.*(2008) اشاره داشت که به موضوع قراردادهای قیمت در زنجیره تامین غذایی پرداخته است و بر این مبنا مدلی کنترل موجودی[3] ارائه داده و در نهایت نشان داده که استفاده از قراردادها منجر به بهبود عایدی زنجیره یکپارچه خواهد شد. Guan and Philpott (2009) پژوهشی را در حوزه زنجیره تامین لبنی نیوزیلند انجام دادند که با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی چندسطحی نتایج مدل را بر روی مورد مطالعاتی بررسی نموده، با پایش تغییرات و نواسانات پارامترهای احتمالی عایدی کلی زنجیره‌ی لبنی نیوزلند را آنالیز کردند. Zarei *et al.* (2011) مدلی QFD[4] را در راستای فرایند ناب‌سازی زنجیره تامین غذایی ارائه دادند و بر این اساس شاهد بهبود همه‌جانبه در زنجیره‌ی مودر مطالعه بودند. Vellinga *et al.*(2011) در زمینه تولید محصولات لبنی مدلی ارائه کرده که با سیستم‌های تولید جدید مطابقت دارد. در این مدل مقدار متان و نیترات موجود در علوفه مورد مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و ترکیب بهینه‌ای برای این مقادیر معرفی شد. Yu and Nagurney (2012) رقابت میان زنجیره‌های غذایی را بمنظور تولید محصولات تازه مورد بررسی قرار دادند و با بررسی و آنالیز فضای رقابتی، عوامل تاثیرگذار بر فضای رقابتی را معرفی کرده و به بحث گذاشتند. Bourlakis *et al.*(2013) عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی و ارتباط آن با اندازه سازمان یا زنجیره را در سازمان‌های کوچک و متوسط مورد بررسی قرار دادند، این پژوهش با ورود به زنجیره‌تامین‌های دوست‌دار محیط زیست، دیدگاه تازه‌ای در این حوزه ارائه دادند. Pinior, *et al.* (2014) پژوهشی را در حوزه‌ی تصمیم‌گیری مدیران در شرایط ریسک مورد بررسی قرار داده‌اند که

---

[1]- General Agreement on trade and tariff
[2]- Valorization
[3]- Inventory Model
[4]- Quality Function Deployment

در این پژوهش از یک زنجیره تامین لبنی به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است. Sethanan and Pitakaso (2015) الگوریتم تکاملی تفاضلی [1](DE)، نوینی را در زمینه زمان‌بندی حمل و نقل شیر خام ارائه داده‌اند و با استفاده از این مدل بهبودی در عایدی و زمان‌بندی سیستم حمل و نقل ایجاد کردند. Perrot *et al*. (2015) مروری بر روی رویکردهای محاسباتی مورد استفاده در سیستم‌های غذایی و کشاورزی داشته‌اند و با پایش پژوهش‌های انجام گرفته در این حوزه، به دسته‌بندی آن‌ها پرداختند.

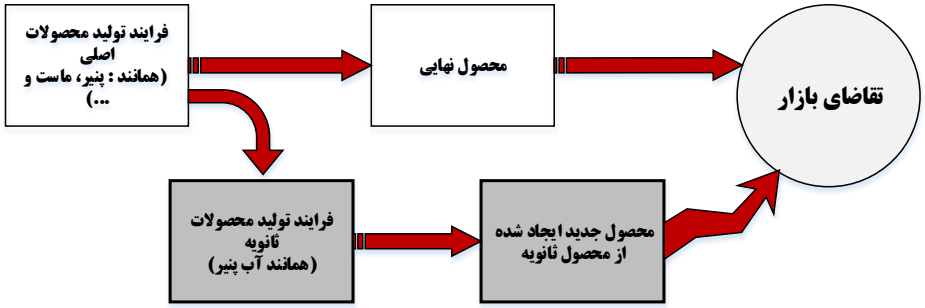
فعالیت‌ها و اقدام‌های موجود در زنجیره تامین محصولات کشاورزی نتیجه چندین عامل همانند توجهات ملی به تولید محصولات تازه و سالم (Van der vorst, 2006) تغییر نگرش در مورد معیارهای سلامتی و تقاضای مصرف‌کنندگان برای دانستن داده‌های بیش‌تری در مورد فرایند کشت و بازاریابی و توزیع محصولات کشاورزی که در قفسه سوپرمارکت‌ها دیده می‌شوند، می‌باشد. این موشکافی بی‌گمان منجر به ایجاد قوانین جدید و استانداردهایی که تمامی مراحل طراحی و عملیات یک زنجیره تامین پیچیده را تحت تاثیر قرار می‌دهند، خواهد شد. این پیچیدگی در دنیای واقعی زمانی‌که محصول مورد بررسی قابلیت فسادپذیری بالایی داشته باشد بیش‌تر شده و تمامی عوامل مرتبط با حمل ونقل، زمان تحویل کالا، پیش‌بینی تقاضا و غیره را تحت تاثیر قرار خواهد داد. در فرایند تولید محصولات لبنی، محصولات ثانویه‌ای نیز که دارای ارزش غذایی هستند تولید می‌شوند. از آن‌جا که این موادغذایی به گونه ناخواسته و برنامه‌ریزی نشده تولید شده و از سوی دیگر، هزینه‌های تولیدی نیز شامل آن‌ها می‌شود، لازم است در راستای کاهش اتلاف مواد غذایی و هم‌چنین کاهش هزینه‌ها، بهترین استفاده را از این مواد مغذی تولید شده کرد. یکی از این محصولات ثانویه آب پنیر[2] است که حین فرایندهای هشت‌گانه فراوری، ایجاد شده و سرشار از پروتئین و مواد مغذی می‌باشد. مطالعات بسیاری در راستای استفاده و بکارگیری این محصول در تولید محصولات دیگر یا محصولات جدید صورت گرفته است. یکی از مهم‌ترین مطالعات، پژوهش(2014) Banaszewska بوده که فرایند ارزش‌گذاری زنجیره تامین لبنی را با در نظر گرفتن اهمیت استفاده از آب پنیر مدل‌بندی کرد. در این مقاله آب پنیر به عنوان بزرگ‌ترین محصول ثانویه (Koutinas *et al*., 2009) در فرایند فراوری محصولات لبنی معرفی و مورد توجه قرار گرفته است. صنعت لبنی بر روی بیشنیه کردن مقدار مواد غذایی موجود در محصولات خام اولیه (شیر خام) تمرکز دارد. محصولات ثانویه، شامل مواد بسیار مغذی هستند بنابراین، استفاده دوباره از آن‌ها

[1]- Differential Evolutionary Algorithm
[2]- Whey

در فرایند تولید و فراوری منجر به استفاده کامل و بهینه از تمامی مواد مغذی موجود در شیر خام خواهد شد.

ادبیات موضوع رویکردهای متنوعی را برای بیشینه‌سازی سود حاصل از تولید محصولات لبنی نشان می‌دهد. این مطالعات با شروع از فرایندهای عمومی تولید این محصولات (Roupas, 2008) و در ادامه با مدل‌های تخصیص که بخش‌هایی از فرایند تولید را به تصویر می‌کشند همانند پژوهش‌های Papadatos *et al.*(2002)، Burke, 2006، Doganis and Sarimveis (2007)، Kerrigan and Norback (1986) و هم‌چنین، مدل‌های تخصیصی که با هدف تخصیص شیر به تمامی محصولات لبنی در سبد این محصولات طراحی شده‌اند، همانند پژوهش‌های Mellalieu and Hall (1983) ، Benseman (1986) و مدل‌هایی که تمامی زنجیره تامین لبنی را نمایش می‌دهند، همانند مطالعات Vaklieva-Bancheva, *et al.* (2007) ، Guan and Philpott (2011) و Wouda *et al.* (2002) ارائه می‌دهد.

جدول ۱ پژوهش‌های مدنظر در ادبیات موضوع را دسته‌بندی کرده و از نظر رویکرد مدل‌بندی و رویکرد حل، فضای ادبیات موضوع را شفاف‌تر نموده و به طور خلاصه نمایش می‌دهد (یافته‌های پژوهش). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بیش‌تر پژوهش‌های صورت گرفته، با استفاده از رویکردهای ابتکاری و فراابتکاری و هم‌چنین رویکرد فازی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. پژوهش‌های اندکی از رویکرد نظریه بازی‌ها به عنوان ابزاری برای تحلیل و آنالیز مدل‌های موجود استفاده کرده‌اند. توجه به بحث ارزش‌افزایی (تعیین ارزش) در زنجیره تامین لبنی به ندرت در میان پژوهش‌های صورت گرفته به چشم می‌خورد. بیش‌تر پژوهش‌ها حول محور کنترل موجودی در زنجیره تامین لبنی انجام گرفته است. در نظر گرفتن هزینه‌های حمل و نقل و آنالیز تاثیرات آن بر عملکرد زنجیره تامین لبنی نیز از دیگر موضوع‌هایی است که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش‌های ارائه شده تاکنون، ارائه یک مدل بهینه‌سازی که کلیه‌ی عوامل حمل‌ونقل، زمان‌بندی فراوری و هم‌چنین، محصولات ثانویه را در نظر گرفته باشد، مشاهده نشده است. در پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه‌ی زنجیره تامین لبنی، پژوهشی که زنجیره تامین لبنی استان کردستان-ایران را به منظور بهینه‌سازی به عنوان مورد مطالعاتی مدنظر قرار دهد، مشاهده نشده است.



شکل ۱- نمایی از جایگاه محصولات ثانویه در فراوری محصولات لبنی

ماخذ: یافته‌های پژوهش.

شکل ۱، نمایی از جایگاه محصولات ثانویه در فراوری محصولات لبنی را به نمایش می‌گذارد. در این پژوهش با ارائه مدلی به بررسی و بهینه‌سازی زنجیره تامین لبنی استان کردستان- ایران پرداخته و با در نظر گرفتن تولید محصول ثانویه در حین تولید سه محصول گوناگون تاثیر آن را در مقدار عایدی کل زنجیره تحلیل می‌کند. مدل‌های بهینه‌سازی در حوزه ارزش‌افزایی زنجیره تامین لبنی دربرگیرنده مدل‌های خطی با در نظرگرفتن قطعیت در توابع عرضه و تقاضا می‌باشند. از جمله کارهای پژوهشی صورت گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش ارائه شده به وسیله Vaklieva-Bancheva et al. (2007) اشاره کرد. هم‌چنین، پژوهش ارائه شده به وسیله Banaszewska et al. (2013) مدلی در حوزه ارزش‌افزایی زنجیره تامین لبنی است.

جدول ۱ - طبقه‌بندی ادبیات موضوع زنجیره تامین لبنی.

Table 1- The classification of Dairy Supply Chain's Literature review

رویکرد مدل‌بندی(Modeling method)			رویکرد حل (Solution method)		
برنامه‌ریزی خطی (linear programming)	بهینه‌سازی چند هدفه (Multiple optimization)	برنامه ریزی غیرخطی (Non linear programming)	رویکردهای ابتکاری و فراابتکاری و فازی (Heuristic, Metaheuristic and phazzy approaches)	تئوری بازی‌ها (Game theory)	مرجع
✓					Yates and Rehman (1998)
		✓	✓		Yates and Rehman (1997)
	✓	✓			Strande and Lidauer

(2001)							
Vaklieva et al. (2007)	✓			✓			
Hovelaque et al. (2008)		✓		✓			
Roupas (2008)				✓			

ادامه جدول ۱ – طبقه‌بندی ادبیات موضوع زنجیره تامین لبنی.

واژه‌ها و نکات کلیدی(Key wors and points)							
مرجع	وجود عدم قطعیت (uncertainty condition)	مسیریابی (Routing)	هزینه حمل و نقل (Transportation costs)	ارزش‌افزایی (valorization)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)
Yates and Rehman (1998)								✓
Yates and Rehman (1997)							✓	✓
Strande and Lidauer (2001)							✓	
Vaklieva et al. (2007)						✓	✓	
Hovelaque et al. (2008)					✓			
Roupas (2008)							✓	

ادامه جدول ۱ - طبقه‌بندی ادبیات موضوع زنجیره تامین لبنی

رویکرد حل (Solution method)		رویکرد مدل‌بندی(Modeling method)			
موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)
Guan and Philpott (2009)		✓	✓		
Vellinga et al. (2011)			✓		
Yu & Nagurney (2012)		✓	✓		
Gold et al. (2012)		✓	✓		
Bello et al. (2012)		✓	✓		
Duan et al. (2013)		✓	✓		
Bourlakis et al. (2013)		✓	✓		

ادامه جدول ۱ - طبقه‌بندی ادبیات موضوع زنجیره تامین لبنی.

واژه‌ها و نکات کلیدی(Key wors and points)							
موجودی (Inventory)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)
Guan and Philpott (2009)						✓		
Vellinga et al. (2011)						✓		
Yu & Nagurney (2012)						✓	✓	✓

Gold et al. (2012)	✓				✓	
Bello et al. (2012)					✓	
Duan et al. (2013)	✓				✓	
Bourlakis et al. (2013)					✓	

ادامه جدول ۱ - طبقه‌بندی ادبیات موضوع زنجیره تامین لبنی.

	رویکرد حل (Solution method)		رویکرد مدل‌بندی(Modeling method)			
موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)
Doole et al (2013)			✓			
Validi et al. (2014)		✓	✓	✓		
Pinior et al. (2015)		✓				
Sadeghi et al. (2014)		✓	✓			
Sethanan and Pitakaso (2016)		✓	✓			
Perrot et al. (2015)		✓	✓			

ادامه جدول ۱ - طبقه‌بندی ادبیات موضوع زنجیره تامین لبنی.

واژه‌ها و نکات کلیدی(Key wors and points)							
موجودی (Inventory)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)	مسائل جایگزینی محصولات لبنی (Replacement problems)	مدل‌های پیشگویانه (predictive models)	قراردادها (Contracts)	موجودی (Inventory)
Doole et al (2013)				✓			✓
Validi et al. (2014)							✓
Pinior et al. (2015)							✓
Sadeghi et al. (2014)			✓				✓
Sethanan and Pitakaso (2016)		✓					
Perrot et al. (2015)							✓

مدل و روش پژوهش

در این بخش مدل ریاضی توسعه‌یافته، تشریح و تفسیر شده و پارامترها و متغیرها، محدودیت‌های مدل و توابع هدف آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پارامترها

درصد محصول ثانویه تولید شده از هر واحد محصول هدف (نسبت)	$Fraction_p$
مقدار تقاضای بازار mام برای محصول pام	$D_{m,p}$
بیش‌ترین ظرفیت مرکز جمع آوری شیر خام sام	M_s
مقدار شیر موردنیاز برای تولید هر محصول در مرکز فراوری iام	$Q_{i,p}$
مقدار خامه موردنیاز برای فراوری	QC_i
درصد چربی خامه	$F1$
درصد چربی موجود در محصول pام	$F2_p$
درصد چربی شیر خام	$F3$
میانگین مقدار محصول p تولید شده از یک واحد شیر (تُن شیر / تُن محصول)	YF_P
درصد چربی شیر پرچرب	$F4$
۰,۲۰۲	$F5$

سایز محصول p تولیده شده در بخش nام (m^3/ton)	$SF_{p,n}$
زمان فراوری محصول pام در بخش nام (ساعت)	$T_{p,n}$
خلاصه مقدار ظرفیت بخش nام در کارخانه یا مرکز فراوری iام	$U_{i,n}$
ظرفیت بازار mام برای محصول Pام	$D_{m,p}$
مقدار ظرفیت شیر خام موردنیاز مرکز فراوری iام	$B_{p,i}$
قیمت فروش محصول pام به بازار mام	$C1_{m,p}$
هزینه‌های تولید محصول pام و محصول ثانویه bام در مرکز فراروی iام	$C2_{i,p}$
هزینه خرید شیر خام از مرکز فراوری sام	$C3_s$
فاصله مرکز جمع آوری sام و مرکز فراوری iام	$L1_{i,s}$
هزینه انتقال محصول از مرکز فراوری iام به بازار mام	$C5_{i,m}$
فاصله مرکز فراوری iام به بازار mام	$L2_{i,m}$
هزینه انتقال هر واحد شیر خام از مرکز جمع آوری sام به واحد فراوری iام	$C4_{i,s}$

متغیرها

- متغیرهای تصمیم‌گیری $(X_i)_{p,m}$ بمنظور نشان دادن مقدار محصول حمل شده p از کارخانه فراوری i و فروخته شده در بازار m طراحی می‌شوند. این متغیرها در بازه زیر تعریف می‌شوند:

$$0 \leq (X_i)_{p,m} \leq D_{m,p} \quad , \quad \forall i, \forall p, \forall m \qquad (۱)$$

- متغیرهای $(Y_i)_s$ مربوط به مقدار شیر خریداری شده توسط کارخانه‌ی فراوری i از مرکز جمع‌آوری s می باشد و در بازه‌ی زیر تعریف می شوند :

$$0 \leq (Y_i)_s \leq M_s \quad , \quad \forall i, \forall s \qquad (۲)$$

- متغیرهای طراحی - $QP_{i,p}$ مقدار هر محصول p که باید در کارخانه فراوری i در بازه‌ی زمانی مشخص H تولید شود را تعیین می‌کند.
- متغیرهای محصول ثانویه – $B_{i,p}$ مقدار محصول ثانویه که در فرایند تولید محصول pام در کارخانه iام تولید می‌شود.
- متغیرهای باینری -

$$\chi_{m,i} = \begin{cases} 1 & \text{اگر کارخانه } i \text{ با بازار } m \text{ مرتبط شود} \\ 0 & \text{سایر} \end{cases}$$

$$\gamma_{s,i} = \begin{cases} 1 & \text{اگر کارخانه } i \text{ با مرکز جمع آوری شیر } s \text{ مرتبط شود} \\ 0 & \text{سایر} \end{cases}$$

معادلات تعادل کالا در زیر مجموعه های لبنی – بازارها و کارخانجات فراوری – مراکز جمع آوری شیر.

فرض می‌کنیم زنجیره تامین در طول افق برنامه‌ریزی H بدون تغییر بوده و امکان ذخیره‌سازی شیر و محصولات وجود ندارد.

$$QP_{i,P} = \sum_{m=1}^{M} (X_i)_{P,m} \cdot \chi_{m,i} \ , \quad \forall P \ , \forall i \qquad and \qquad Q_i = \sum_{s=1}^{S} (Y_i)_s \cdot \gamma_{s,i} \quad , \ \forall i \tag{۳}$$

مقدار شیر موردنیاز برای تولید فراورده‌های لبنی موردنیاز کارخانجات :

$$Q_i = Q_{i,1} + Q_{i,2} + Q_{i,3} \quad \forall i, \tag{۴}$$

مقدار شیر موردنیاز برای تولید محصول P_1 و مقدار خامه برابر است با :

$$Q_{i,1} = QP_{i,1} \frac{F1 - F2_1}{F1 - F3} \qquad and \qquad QC_{i,1} = QP_{i,1} \left(\frac{F1 - F2_1}{F1 - F3} - 1 \right) \quad \forall i \tag{۵}$$

کل شیر موردنیاز برای تولید ماست و خامه حاصله :

$$Q_{i,2} = \frac{QP_{i,2}}{YF} \frac{F1 - F2_2}{F1 - F3} \qquad and \qquad QC_{i,2} = \frac{QP_{i,2}}{YF} \left(\frac{F1 - F2_2}{F1 - F3} - 1 \right) \quad \forall i \tag{۶}$$

مقدار خامه مورد نیاز برای تولید پنیر:

$$QC_i = QP_{i,3} \frac{F2_3 - F5}{F1 - F5} \ , \quad where \qquad QC_i = QC_{i,1} + QC_{i,2} + QC_{i,3} \tag{۷}$$

فارغ از تولید محصولات P_1 وP_2، خامه می‌تواند در تمام مراحل چربی‌گیری بدست آید در صورتی که مورد نیاز باشد:

$$QC_{i,3} = \begin{cases} QC_i - (QC_{i,1} + QC_{i,2}) \ , & if \quad QC_i > QC_{i,1} + QC_{i,2} \ ; \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{۸}$$

با توجه به رابطه بالا مقدار خامه تولید شده از شیر برابر است با :

$$Q_{i,3} = QP_{i,3} \frac{F2_3 - F5}{F1 - F5} . \frac{F1 - F4}{F3 - F4} \ , \qquad \forall i \tag{۹}$$

محدودیت‌ها

مراکز فراوری به عنوان کارخانجات دسته‌ای چند منظوره، دربرگیرنده واحدهای اصلی و نیمه‌پیوسته انواع و سایزهای گوناگون همانند، تفکیک‌کننده شیر، پاستوریزاسیون، ماشین‌های بسته‌بندی و ... می‌باشد. هر مرکز فراوری فرصتی برای تولید همزمان مجموعه‌ای از محصولات لبنی را در بازه زمانی (افق برنامه‌ریزی) H در اختیار دارد. زمان‌بندی نقش مهمی ایفا می‌کند. هر محصول می‌تواند در گروههای گوناگون واحدهای فراروی در مسیرهای مشخصی قابل تولید باشد. بسته به مقدار تخصیص و مقدار محصول تولید شده، ظرفیت واحدهای موجود بین محصولات گوناگون تقسیم شده و در زمان‌های گوناگون از افق برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پی آن، زمان می‌تواند به عنوان معیاری انعطاف‌پذیر برای ارزیابی ظرفیت کارخانه در مورد محصولات گوناگون مورد استفاده قرار گیرد. تلاش برای پایه‌ریزی یک چارچوب مناسب از سبد پورت فولیو[1] محصولات برای هر مرکز فراروی، منجر به اجرای تخصیص منبع زمان در بخش‌های گوناگون در افق برنامه‌ریزی تعیین شده می‌شود (بانچاوا و همکاران، ۲۰۰۷)[2].

برای تشریح این رویکرد، تعداد P محصول را در نظر گرفته، $(p = 1 , \dots , P)$ که در مرکز فراروی تولید شده و هر کدام سهم QP_p (تُن) از سبد محصولات را تشکیل می‌دهند. افزون بر این، مرکز فراوری با استفاده از ساختار کلی و جامع آن تعریف می‌شود وقتی‌که تمامی محصولات در دسته‌های با نوع $n (n=1 ,\dots,N)$ در گرههای[3] (هر بخش از فرایند فراوری را یک گره می‌نامیم) مربوطه تفکیک و دسته‌بندی می‌شوند. هر گره با مقداری با عنوان U_n به عنوان مجموعی از مقادیر واحدهای مذکور است. افزون بر این، فرض می‌شود که تولید هر محصول با عبور از تمامی گره‌ها انجام می‌گیرد. اگر یک محصول، از یک گره استفاده نکند یک فرایند ساختگی برای آن تعریف کرده، تا با گره‌ای که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد مرتبط شود. بنابراین، تعداد اقدامات صورت گرفته برای تولید هر محصول برابر با تعداد گره‌های موجود در کل فرایند فراروی است.

عامل‌های اندازه و مقدار – $SF_{p,n}$ (تُن/ متر مکعب) برای تمامی اقدام‌های همه محصولات در دسترس است. این مقادیر نشان‌دهندهِ مقدار ماده‌ای است که باید در کارهایی که باید برای تولید محصول نهایی صورت گیرد، شرکت داشته باشد.

زمان‌های فراروی مربوطه – $T_{p,n}$ (ساعت) که در صورت لزوم، دربرگیرنده برآورد متوسط برای زمان آماده‌سازی نیز است. برای فعالیت‌ها یا اقدام‌های مصنوعی و ساختگی، اندازه، مقدار و زمان فراوری صفر در نظر گرفته می‌شود.

---

[1]- Portfolio
[2]- Shopova et al.
[3]- Node

حاصل ضرب عامل مقدار و اندازه در مقدار QP_p - QP_p . $SF_{p,n}$ (مترمکعب)، برای تمام n و p ها مقادیر موادی که در فرایند فراوری شرکت می‌کنند را تعیین می‌کند. سپس آن‌ها با این مقادیر به گره‌های فراروی نسبت داده می‌شوند - $(\forall n, \forall p)$ $\frac{SF_{p,n}\, QP_p}{U_n}$، بخش‌های ظرفیتی که برای تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند – QP_p پیدا خواهند شد.

این روابط هم‌چنین، می‌توانند با عنوان تعداد دسته‌ها نیز معرفی شوند که به وسیله هر گره برای تولید QP_p مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حال زمان موردنیاز برای تولید مقدار QP_p در گره فراوری مربوطه به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$TQ_{p,n} = SF_{p,n}\, QP_p\, \frac{T_{p,n}}{U_n}\ ,\quad \forall n, \forall p\ . \qquad (۱۰)$$

مقدار $\frac{T_{p,n}}{U_n}$ (مترمکعب / ساعت) در رابطه‌ی بالا، می‌تواند به عنوان زمان مورد نیاز برای فراوری یک واحد از مواد در گره فراوری nام در طول تولید محصول pام معرفی شود. این روابط مبنایی برای استفاده از رابطه بالا در واحدهای نیمه پیوسته نیز می‌باشند.

به این منظور، در ابتدا باید زمان موردنیاز هر گره فراوری را بین تمامی محصولات در افق برنامه‌ریزی H تقسیم‌بندی کنیم که پس از آن، برای هر گره فراوری، مجموع زمان‌های تخصیص داده شده به محصولات باید کوچک‌تر یا مساوی H باشد:

$$\sum_{p=1}^{P} SF_{p,n}\, QP_p\, \frac{T_{p,n}}{U_n} \le H\ , \qquad \forall n \qquad (۱۱)$$

افزون بر این، به دلیل این‌که کلیه‌ی گره‌ها در فرایند فراوری تمامی محصولات دخالت دارند، لازم است که برای هر محصول مجموع زمان‌های تخصیص داده شده در تمامی گره‌ها، کوچک‌تر مساوی افق برنامه‌ریزی باشد:

$$\sum_{n=1}^{N} SF_{p,n}\, QP_p\, \frac{T_{p,n}}{U_n} \le H\ , \qquad \forall p \qquad (۱۲)$$

لحاظ کردن تمامی محدودیت‌های بالا برای هر مرکز فراروی، ساختار کاری ساده‌ای برای سبد محصولات را ارائه می‌دهد.

محدودیت‌های بازار و مراکز جمع آوری شیر (حمل و نقل) به شکل زیر است:

$$\sum_{i=1}^{I} (X_i)_{p,m} \cdot \chi_{i,p,m} \le D_{m,p}, \quad \forall m, \forall p \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^{I} (Y_i)_s \cdot \gamma_{i,s} \le M_s\ , \qquad \forall s \qquad (۱۴)$$

محدودیت‌های مربوط به تولید محصول ثانویه به شکل زیر تعریف می‌گردند. روابط (۱۵) و (۱۶) که ورود محصولات ثانویه در مدل‌های ریاضی و درنظر گرفتن آن‌ها به عنوان بخشی از فرایند را نمایش می‌دهند، به عنوان محدودیت‌های اصلی این پژوهش و نوآوری آن معرفی می‌شوند. هر محصول ثانویه درصدی از تولید محصول هدف است که در صورت تولید محصول هدف، ممکن است محصول ثانویه وجود داشته باشد، در غیر این‌صورت محصول ثانویه‌ای نیز تولید نخواهد شد. $Fraction_{i,p}$ ضریب تاثیر محصولات ثانویه در فرایند فراوری می‌باشد، به گونه‌ای‌که اگر مقدار این ضریب صفر باشد، یعنی محصولات ثانویه به عنوان ضایعات مواد غذایی در نظر گرفته شده و دور ریخته می‌شوند. هر چه مقدار این ضریب افزایش یابد، بدین معناست که محصولات ثانویه به عنوان ماده مغذی در نظر گرفته شده و با توجه به ظرفیت تجهیزات و زیرساخت‌های مرکز فراوری به منظور تولید محصولی جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$$(B_i)_p = Fraction_{i,p} \times (QP_i)_p \quad (۱۵)$$

$$(B_i)_p \leq M \times \chi_{i,p} \quad (۱۶)$$

سود مجموعه لبنی

این تابع مرتبط با بیشینه‌سازی و به شکل تفاوت میان درآمدهای حاصل از فروش محصولات و هزینه‌های شیر و حمل و نقل و تولید تعریف می‌شود :

$$\begin{aligned} F = \Bigg[\sum_{i=1}^{I} \Bigg[\sum_{p=1}^{P} \sum_{m=1}^{M} (X_i)_{p,m} \cdot \chi_{i,p,m} \,.\, C1_{m,p} - \sum_{p=1}^{P} C2_{i,p} \sum_{m=1}^{M} (X_i)_{p,m} \cdot \chi_{i,p,m} \\ - \sum_{p=1}^{P} C2_{i,p} \,(B_i)_b - \sum_{s=1}^{S} (Y_i)_s \,.\, \gamma_{i,s} C3_s \Bigg] \Bigg] \\ + \left[\sum_{m=1}^{M} \sum_{p=1}^{P} \frac{\sum_{i=1}^{I} (X_i)_{p,m} \cdot \chi_{i,p,m}}{D_{m,p}} \right] + \left[\sum_{s=1}^{S} \sum_{p=1}^{P} \frac{\sum_{i=1}^{I} (Y_i)_{p,s} \,.\, \gamma_{i,s}}{M_s} \right] \\ - \Bigg[\sum_{i=1}^{I} \Bigg[\sum_{s=1}^{S} C4_{i,s} \,.\, L1_{i,s} \,.\, (Y_i)_s \,.\, \gamma_{s,i} \\ + \sum_{m=1}^{M} C5_{i,m} \,.\, L2_{i,m} \,.\, \sum_{p=1}^{P} (X_i)_{p,m} \cdot \chi_{i,p,m} \Bigg] \Bigg] \end{aligned} \quad (۱۷)$$

بخش‌های گوناگون تابع عایدی به شکل زیر تعریف می‌شوند.

بخش نخست رابطه، تفاوت میان درآمدهای حاصل از فروش محصولات و هزینه‌های فراوری شیر را نشان می‌دهد:

$$\sum_{i=1}^{I}\left[\sum_{p=1}^{P}\sum_{m=1}^{M}(X_i)_{p,m}\cdot\chi_{i,p,m}\,.\,C1_{m,p}-\sum_{p=1}^{P}C2_{i,p}\sum_{m=1}^{M}(X_i)_{p,m}\cdot\chi_{i,p,m}-\sum_{p=1}^{P}C2_{i,p}\,(B_i)_b-\sum_{s=1}^{S}(Y_i)_s\,.\,\gamma_{i,s}C3_s\right] \quad (۱۸)$$

بخش دوم، شاخص رضایت مشتری با استفاده از نسبت میان تقاضای محصول و فروش در بازار را نشان می‌دهد:

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{p=1}^{P}\frac{\sum_{i=1}^{I}(X_i)_{p,m}\cdot\chi_{i,p,m}}{D_{m,p}} \quad (۱۹)$$

بخش سوم، شاخص رضایت فروشنده است :

$$\sum_{s=1}^{S}\sum_{p=1}^{P}\frac{\sum_{i=1}^{I}(Y_i)_{p,s}\cdot\gamma_{i,s}}{M_s} \quad (۲۰)$$

بخش چهارم، تابع هدف مربوط به حمل و نقل سیستم می‌باشد :

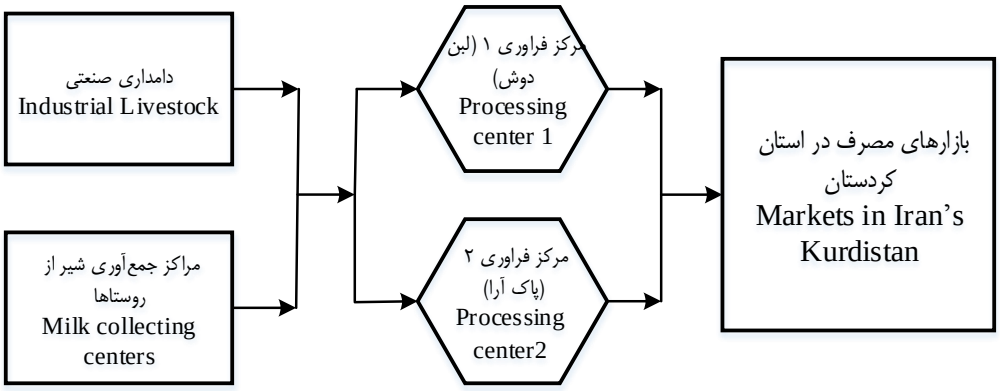
$$\sum_{i=1}^{I}\left[\sum_{s=1}^{S}C4_{i,s}\,.\,L1_{i,s}\,.\,(Y_i)_s\,.\,\gamma_{s,i}+\sum_{m=1}^{M}C5_{i,m}\,.\,L2_{i,m}\,.\sum_{p=1}^{P}(X_i)_{p,m}\cdot\chi_{i,p,m}\right] \quad (۲۱)$$

حل و تحلیل نتایج مدل بر اساس داده‌های ناشی از زنجیره تامین لبنی استان کردستان

استان کردستان با مساحت ۲۸۲۰۰ کیلومتر مربع معادل با ۱/۷ درصد مساحت کل کشور ایران در غرب این کشور واقع شده است. این استان در دامنه‌ها و دشت‌های پراکنده سلسله جبال زاگرس میانی قرار گرفته است، از شمال به استان‌های آذربایجان غربی و زنجان، از شرق به همدان و زنجان، از جنوب به استان کرمانشاه و از غرب به کشور عراق محدود است. استان به دلیل برخورداری از شرایط طبیعی مناسب و مراتع سرسبز و پوشش گیاهی غنی و هم‌چنین ویژگی‌های اقلیمی و توپوگرافی مساعد، دامداری از فعالیت‌های بسیار کهن در آن بشمار می‌رود که از دیر باز بسیاری از ساکنان روستاها و حتی شهرها بدان مشغول بوده‌اند (آمارنامه کشاورزی ۱۳۹۳).

هم‌اکنون، دو کارخانه تولید محصولات لبنی در این استان مشغول به کار هستند؛ کارخانه‌ی پاک آرا و کارخانه لبن‌دوش (بفرین). ظرفیت تولید کارخانه‌ی لبن‌دوش روزانه ۱۰۰ تُن شیر به اضافه فراوری است. کارخانه‌ی پاک آرا، از زیرمجموعه‌های شرکت لبنیات پاک تهران است که با ظرفیت ۲۵ هزارتن در زمینه تولید انواع محصولات لبنی در بازار استان‌های کردستان، کرمانشاه و همدان فعال بوده و محصولات پنیری خود را در بازار سراسر کشور عرضه می‌کند. ماده اولیه موردنیاز این کارخانه‌ها (شیرخام) هم اکنون از راه گاوداری‌های صنعتی و مراکز جمع‌آوری شیر از روستاها (دو مرکز گردآوری شیر بنیاد برکت و دشت گُل) تامین می‌شود. که شکاف‌های مدیریتی و زیرساختاری قابل‌توجهی در این سیستم تامین به چشم می‌خورد. بازارهای عمده محصولات این کارخانه‌ها، شهرستان‌های استان بوده که درصد زیادی از تقاضای استان را پوشش می‌دهند. در این مطالعه سناریوی حاکم بر زنجیره تامین لبنی استان کردستان مدل‌بندی شده و با افزودن عامل بسیار مهم محصولات ثانویه به این مدل، گامی در راستای بهبود عملکرد این زنجیره تامین برداشته شده است. (اتاق بازرگانی استان کردستان ۱۳۹۷)

شکل ۲ نمایی از وضعیت حال حاضر زنجیره تامین لبنی استان کردستان و اجزای این زنجیره را به نمایش می‌گذارد. سه محصول می‌توانند در هر دو مرکز فراوری در یک دوره برنامه‌ریزی ۲۴ ساعته تولید شوند: شیر نوشیدنی (P_1) با ۱ درصد چربی، ماست (P_2) با ۱ درصد چربی و پنیر (P_3) با ۳۰ درصد چربی.



شکل ۲ - نمایی از زنجیره تامین لبنی استان کردستان

Fig. 2- A view of Iran's Kurdistan dairy supply chain (Reference: Research's results)

ماخذ: یافته‌های پژوهش

شیر از مزرعه‌داران جمع‌آوری شده و به استاندارد $F_3 = 3.2\%$ چربی رسیده و به کارخانجات فراوری شیر فروخته می‌شود. در کارخانه‌ها فرایند تفکیک شیر خام صورت می‌گیرد و شیر با $F2_1=$ 1% به محصول P_1، شیر با $F2_2=0.233\%$ به محصول P_2 و پنیر با $F_1= 3\%$ بدست می‌آید. شیر پرچرب و خامه به فرایند پاستوریزه کردن وارد می‌شوند. پس از این‌که شیر نوشیدنی تهیه شد باید فرایند اضافه کردن پنیر و خشک کردن شیر بمنظور تولید پنیر صورت گیرد. متوسط مقدار تولید پنیر به ازای هر کیلوگرم شیر ۰/۲۰۲ کیلوگرم است.

ظرفیت مراکز جمع‌آوری و هزینه‌های تهیه شیر خام از این مراکز در جدول ۲ نمایش داده شده است. داده‌های نمایش داده شده در این جدول و جداول ۳، ۴ و ۵، به گونه مستقیم با مطالعه میدانی و بازدید از مراکز مذکور بدست آمده است. تقاضای بازارهای هدف و هزینه‌های فروش در جدول ۳ نمایش داده شده است. فواصل میان مراکز فراوری و بازارها و مراکز فراوری و مراکز گردآوری شیر خام و هزینه‌های حمل و نقل مربوط به جابه‌جایی ماده‌ی خام اولیه و محصولات در بین بخش‌های گوناگون زنجیره تامین (تامین‌کنندگان شیر خام، مراکز فراوری و بازارها) در جدول ۴ نشان داده شده است. جدول ۵ نیز در برگیرنده میانگین قیمت محصولات می‌باشد. فرض می‌شود که تقاضا از قطعیت برخوردار است و تحت تاثیر عوامل گوناگون قرار نمی‌گیرد.

جدول۲ - ظرفیت مراکز گردآوری شیر و هزینه‌های شیر.

Table 2- The capacity of Milk collection centers and Raw milk's cost

$C3_s$ (تومان به ازای هر کیلو شیر دریافتی در روز) (Tomans per 1 km Milk per day)	M_s (تُن در روز) (Tons per day)	
1220	200	s_1
1220	200	s_2

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول۳ - مقدار تقاضای بازارها و هزینه فروش محصولات.

Table 3- The market demand and product's selling costs

تقاضای بازار (تُن در روز (با فرض قطعیت)) Market demand (tons per day) under certainty			هزینه‌های فروش (تومان به ازای هر واحد محصول) Selling Prices (Tomans per product's unit)			
$D_{m,3}$ (پنیر) (Cheese , 0.5 Kg)	$D_{m,2}$ (ماست) (Yougert, 2 Kg)	$D_{m,1}$ (شیر نوشیدنی) (Drinking milk, 1 L)	$C1_{m,3}$ (پنیر معمولی نیم کیلویی) (Cheese , 0.5 Kg)	$C1_{m,2}$ (سطل دو کیلویی ماست) (Yougert, 2 Kg)	$C1_{m,1}$ (بطری شیر نوشیدنی یک لیتری) (Drinking milk, 1 L)	
4	4	10	4300	5300	3800	M_1
6	6	19	4250	5200	3750	M_2

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول۴ - فواصل میان مراکز فراوری و بازارها و هم‌چنین، مراکز فراوری و مراکز گردآوری شیر و هزینه‌های حمل و نقل مربوطه .

Table 4- The distance between processing centers and markets as well as milk collecting centers, Transportation costs

هزینه حمل و نقل (تومان به ازای هر کیلو شیر و هر واحد محصول) Treansportation costs (Tomans per 1 K)				فواصل (کیلومتر) Distance (Km)				
$C4_{i,2}$	$C4_{i,1}$	$C5_{i2}$	$C5_{i,1}$	$L1_{i,2}$ (دشت‌گل)	$L1_{i,1}$ (بنیاد برکت)	$L2_{i,2}$ (دهگلان)	$L2_{i,1}$ (سنندج)	
46	100	50	150	30	5	5	30	کارخانه ۱ (لبن دوش) Processing center 1
30	30	170	70	60	25	58	1	کارخانه ۲ (پاک آرا) Processing center 2

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵ - هزینه تولید محصولات .

Table 5- The Production costs

$C2_{i,3}$ (پنیر معمولی نیم کیلویی) (Cheese , 0.5 Kg)	$C2_{i,2}$ (سطل دو کیلویی ماست) (Yougert, 2 Kg)	$C2_{i,1}$ (بطری شیر نوشیدنی یک لیتری) (Drinking milk, 1 L)	مقادیر به تومان Values in Tomans
0	2700	1300	کارخانه ۱ (لبن دوش) Processing center 1
3600	4650	1800	کارخانه ۲ (پاک آرا) Processing center 2

ماخذ: یافته‌های پژوهش

با حل مدل طراحی شده بر اساس داده‌های واقعی به دست آمده از مطالعات میدانی زنجیره تامین لبنی استان کردستان و با استفاده از نرم‌افزار گمز و مشاهده نتایج حاصل از تغییر مقادیر گوناگون $Fraction_{i,p}$ (ضریب تاثیر محصولات ثانویه در فرایند فراوری)، عملکرد جاری زنجیره تامین لبنی استان کردستان که عدم استفاده بهینه از محصولات ثانویه را شامل می‌شود، با سناریوی مطلوب یعنی به‌کارگیری این مواد مغذی به عنوان منبع غذایی در طول فرایند فراوری (به شکل مواد اولیه برای تولیدات دیگر، یا در قالب محصولی جدید برای عرضه به بازار) مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در عملکرد جاری ضریب ذکر شده صفر است، با افزایش این ضریب، حل مدل بر اساس معادلات (۱۵) و (۱۶)، شاهد افزایش مقدار عایدی زنجیره تامین لبنی می‌باشیم.

با توجه به توضیحات ذکر شده‌ی قبلی در مورد اهمیت ماده ثانویه آب پنیر، در مورد مطالعاتی (زنجیره تامین لبنی استان کردستان)، محصول ثانویه آب پنیر را مدنظر قرار داده و تاثیر استفاده از آن در فرایند فراوری مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آن‌جا که هر چه درصد استفاده از این محصولات افزایش یابد با توجه به سود ناشی از فراوری این محصولات مغذی، درصد بیش‌تری از هزینه‌های تولیدی پوشش داده می‌شود که منجر به ارزش افزوده برای زنجیره تامین لبنی و رضایت‌مندی توام تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان خواهد شد.

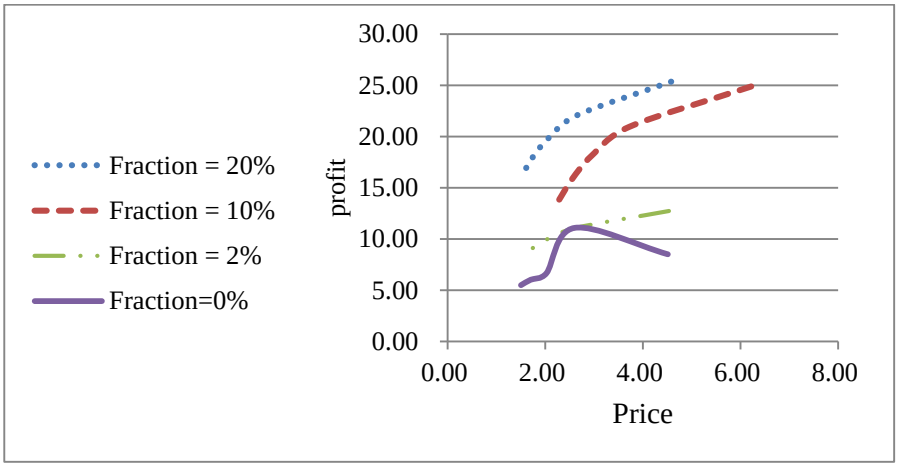
در شکل ۳، مقدار عایدی زنجیره تامین بر اساس تغییرات قیمت برای محصول سوم (پنیر) در شرایط گوناگون سناریوی موجود ($Fraction_{i,p}$=0) و سناریوی مطلوب , $Fraction_{i,p}$ = 2%) (10%, 20%) بر اساس جدول ۶ به نمایش گذاشته شده است. در سناریوی موجود، آب پنیر به شکل ماده‌ای دور ریختنی، از چرخه‌ی فراوری خارج می‌شود (Ergüder et al., 2001). با وزن دهی و استفاده از این ماده‌ی بسیار مغذی در سناریوسازی، تغییرات تابع عایدی زنجیره تامین را مورد بررسی قرار داده و شاهد بهبود تابع عایدی زنجیره تامین بودیم.

جدول۶ - میانگین مقدار عایدی زنجیره تامین در سناریوهای گوناگون محصولات ثانویه .

Table 6- The expected profit of dairy supply chain through different senarios

در نظر گرفتن محصولات ثانویه Byproducts participation	متوسط میزان تایع عایدی زنجیره تامین The expected value of dairy supply chain profit
$Fraction_{i,p} = 20\%$	k 224
$Fraction_{i,p} = 10\%$	202k
$Fraction_{i,p} = 2\%$	110k
$Fraction_{i,p} = 0$	96k

ماخذ: یافته‌های پژوهش



شکل ۳ - تغییرات مقدار سود زنجیره لبنی با توجه به تغییرات قیمت پنیر در شرایط گوناگون مشارکت محصول ثانویه.

Fig. 3- Changes in the profit of the dairy supply chain due to changes in cheese prices in different conditions of byproduct participation (Reference: research's results)

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با بررسی ساختار زنجیره تامین لبنی، به تهیه‌ی چارچوبی برای آن و توسعه این چارچوب بمنظور دست‌یابی به اهداف کاهش ضایعات مواد غذایی و افزایش بهره‌وری و عایدی این زنجیره‌تامین‌ها پرداخته و مدل جدیدی با در نظر گرفتن محصولات ثانویه توسعه داده شده است. یکی از مهم‌ترین محصولات ثانویه در طول فرایند فراوری محصولات لبنی، آب پنیر است که از

ارزش غذایی بسیار بالایی برخوردار بوده و قابلیت استفاده به منظور تولید محصولات جدید را داراست. مدل طراحی شده با گنجاندن گزینه‌ای به منظور در نظر گرفتن این محصولات، گامی در راستای رسیدن به این هدف برداشته است. با پیاده‌سازی مدل بر زنجیره تامین لبنی استان کردستان، شاهد بهبود تایع عایدی این زنجیره در راستای ارتقا سناریوی موجود (عدم استفاده از محصول ثانویه آب پنیر) به سناریوی مطلوب (در نظر گرفتن محصول ثانویه) در فرایند فراوری بودیم. در مدل طراحی شده، فرض بر این است که تقاضای بازار برای محصولات لبنی از قطعیت برخوردار است. جهت پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی می‌توان به در نظر گرفتن عدم قطعیت در تقاضا برای این محصولات اشاره کرد چراکه این محصولات به دلیل فصلی بودن خصوصیات شیر و نوسانات قیمت دارای تقاضای متغیر می‌باشند. فضای عدم قطعیت برای تقاضای این محصولات می‌تواند تحت تاثیر عوامل گوناگونی همانند، قیمت محصولات، تبلیغات، کیفیت و کمیت ماده‌ی اولیه (شیرخام) و ... قرار گیرد. هم‌چنین، می‌توان به انواع گوناگون مدل‌بندی‌های (خطی و غیرخطی) با در نظرگرفتن توابع تقاضای گوناگون و رویکردهای تحلیل، همانند رویکردهای ابتکاری و فراابتکاری به عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی در این حوزه اشاره کرد. بنابراین، نتایج بدست آمده از مدل ارائه شده بیان می‌دارد با توجه به افزایش سود واحدهای فراوری صنعت لبنی ناشی از بکارگیری مدل مزبور، لزوم بهینه‌سازی فعالیت در این صنعت بیش از پیش ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

Refrences

- Adonyi, R., Shopova, E. & Vaklieva-Bancheva, N. (2009). Optimal schedule of a dairy manufactory. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, 23:231–237.
- Ahumada, O., & J. R. Villalobos. (2009). Application of planning models in the agro-food supply chain: A review. European Journal of Operational Research, 196: 1–20.
- Banaszewska, A. & Cruijssen, F. (2013). A comprehensive dairy valorization model. Journal of Dairy Science, 96:761–779.
- Banaszewska, A., Cruijssen, F., Claassen, G. D. H. & van der Vorst, J. G. A. J. (2014). Effect and key factors of byproducts valorization: The case of dairy industry. Journal of Dairy Science, 97 :1893–1908.
- Bello, N.M., Stevenson, J.S. & Tempelman, R.J. (2012). Invited review: Milk production and reproductive performance: Modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. . Journal of Dairy Science, 95: 5461 – 5475.
- Benseman, B. R. (1986). Production planning in the New Zealand dairy industry. Journal of the Operational Research Society, 37: 747–754.
- Bourlakis, M., Maglaras, G., Aktas, E., Gallear, D. & Fotopoulos, Ch. (2013). Firm size and sustainable performance in food supply chains: Insights from

Greek SMEs. International Journal of Production Economics.
-Burke, J. A. (2006). Two mathematical programming models of cheese manufacture. Journal of Dairy Science, 89:799–809.
- Birge, J. & Louveaux, F. (1997). Introduction to Stochastic Programming. Springer Seriesin Operations Research. Springer-Verlag, New York.
- Craig, K.L., Norback, J.P. & Johnson, M.E. (1989). A Linear Programming Model Integrating Resource Allocation and Product Acceptability for Processed Cheese Products.
- Doganis, P., & H. Sarimveis. (2007). Optimal scheduling in a yogurt production line based on mixed integer linear programming. Journal of Food Engineering, 80: 445–453.
- Doole, G. J., Alvaro, A. J., & Adler, A. A. (2012). A mathematical model of a New Zealand dairy farm: The Integrated Dairy Enterprise Analysis (IDEA) framework. Working Paper 1201. Waikato University Department of Economics, Hamilton, New Zealand.
- Duan, Q. & Liao T.W. (2013). A new age-based replenishment policy for supply chain inventory optimization of highly perishable products. International Journal of Production Economics, 145: 658-671.
- Ergüder, T.H., Tezel, U., Güven, E. & Demirer, G.N. (2001). Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors. Waste Manage. 21 (7), 643-650.
- Geary, U., N. Lopez-Villalobos, D. J., Garrick, & Shalloo, L. (2010). Development and application of a processing model for the Irish dairy industry. Journal of Dairy Science, 93:5091–5100.
- Guan, Z., & A. B. Philpott. (2011). A multistage stochastic programming model for the New Zealand dairy industry. International Journal of Production Economics, 134:289–299.
- Guan, Z. & Philpott, A.B. (2011). A multistage stochastic programming model for the New Zealand dairy industry. *International Journal of Production Economics, 134: 289–299.*
- Hovelaque,V., Duvaleix-Tréguer,S. & Cordier, J (2009), Effects of constrained supply and price contracts on agricultural cooperatives. European Journal of Operational Research, 199: 769–780.
- Kerrigan, G. L., & Norback, J. P. (1986). Linear programming in the allocation of milk resources for cheese making. Journal of Dairy Science, 69: 1432–1440.
- Koutinas, A., Papapostolou, H., Dimitrellou, D. & Kopsahelis, N. (2009). Whey valorisation: A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. Bioresource Technology Journal, 100, 3734–3739.

- Johnson, H.A., Parvin, L., Garnett, I., DePeters, E. J., Medrano, J. F. & Fadel. J. G. (2007). Valuation of milk composition and genotype in cheddar cheese production using an optimization model of cheese and whey production. Journal of Dairy Science ,90:616–629.
- Lutke-Entrup, M., Gunther, H.O., Van Beek, P., Grunow, M. & Seiler. T. (2005). Mixed-integer linear programming approaches to shelf-life-integrated planning and scheduling in yoghurt production. International Journal of Production Research,43:5071–5100.
- Mellalieu, P. J. & Hall, K. R. (1983). An interactive planning model for the New Zealand dairy industry. Journal of the Operational Research Society, 34:521– 532.
- Papadatos, A., Berger, A. M., Pratt, J. E. & Barbano, D. M. (2002). A nonlinear programming optimization model to maximize net revenue in cheese manufacture. Journal of Dairy Science, 85:2768–2785.
- Perrot, N., De Vries, H. & Lutton, E. (2015). Some remarks on computational approaches towards sustainable complex agri-food systems. Trends in Food Science & Technology: 1-14.
- Pinior, B., Conraths, Franz J. & Petersen, B. Reprintof (2015) .“Decision support for risks managers in the case of deliberate food contamination: The dairy industry as an example”. Omega, 57: 114–122.
- Roupas, P. (2008). Predictive modeling of dairy manufacturing processes. International Dairy Journal, 18:741–753.
- Sadeghi, J., Mousavi, S.M., Akhavan Niaki, S.T. & Sadeghi, S. (2014). Optimizing a bi-objective inventory model of a three-echelon supply chain using a tuned hybrid bat algorithm. Transportation Research, 70: 274 – 292.
- Sethanan, K. & Pitakaso, R. (2016). Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation. Computers and Electronics in Agriculture, 121: 245–259.
- Strande´n, I. & Lidauer, M. (2001). Parallel Computing Applied to Breeding Value Estimation in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science, 84 : 276-285.
- Vaklieva-Bancheva, N., Espuna, A., Shopova, E., Puigjaner, L. & Ivanov, B. (2007). Multi-objective optimization of dairy supply chain. Computer Aided Chemical Engineering, 24:781–786.
- Validi, S., Bhattacharya, A. & Byrne, P.J. (2014). A case analysis of a sustainable food supply chain distribution system—A multi-objective approach. International Journal of Production Economics, 152: 71–87.
- Vellinga, Th.V., Bannink, A., Smits, M.C.J., Dasselaar, A., Van den Pol-Van & Pinxterhuis, I. (2011). Intensive dairy production systems in an urban landscape, the Dutch situation. Livestock Science, 139: 122–134.
- Wouda, F. H. E., P. van Beek, J. G. A. J. van der Vorst, & H. Tacke. (2002). An application of mixed-integer linear programming models on the redesign of

the supply network of Nutricia Dairy & DrinksGroup in Hungary. Spectrum, 24: 449–465.
- Yates, C. M. & Rehman, T. (1998). A Linear Programming Formulation of the Markovian Decision Process Approach to Modeling the Dairy Replacement Problem. Agricultural Systems, 2 : 185-201.
- Yu, M. & Nagurney, A. (2013). Competitive food supply chain networks with application to fresh produce. European Journal of Operational Research, 224: 273–282.
- Zarei, M., Fakhrzad, M. B. & Jamali Paghaleh, M. (2011) . Food supply chain leanness using a developed QFD model. Journal of Food Engineering, 102: 25–33.