

**НАСЛЕДЯЕМОСТ, ГЕНЕТИЧНИ И ФЕНОТИПНИ ФАКТОРИ ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ
ИНДИВИДУАЛНАТА КОАГУЛАЦИОННА СПОСОБНОСТ НА МЛЯКОТО ПРИ
КРАВИ ОТ РАЗЛИЧНИ ПОРОДИ.
/ОБЗОР/**

**Даниела Йорданова, Теодора Ангелова, Георги Калайджиев, Владимир Карабашев,
Николай Облаков, Стайка Лалева, Мартино Касандро*, Живко Кръстанов,
Надежда Палова****

** Университет Падуа – Италия*

***KOS - Средец*

**HERITABILITY, GENETIC AND PHENOTYPIC FACTORS AFFECTING
COAGULATION ABILITY OF MILK IN COWS OF DIFFERENT BREEDS.
/SURVEY/**

**Daniela Yordanova, Teodora Angelova, Georgi Kalaydjiev, Vladimir Karabashev,
Nikolay Oblakov, Stayka Laleva, Martino Cassandro *, Jivko Krustanov, Nadejda Palova****

**University of Padua – Italy*

***KOS - Sredetz*

ABSTRACT

Relationships of genetic polymorphism of casein with coagulation ability of cows' milk in different breeds were not studied in Bulgaria so far. The scientific search for the influence of various genetic, phenotypic and environmental factors on coagulation time and firmness of the coagulum will have undeniable technological effect. Results in the study of genetic polymorphism of milk protein discovered the possible link between milk protein genotypes defining and economically significant "parameters" in dairy cattle. Leading research groups show that certain types of milk protein may be relevant to milk production, milk composition and production of cheese. Demand new genetic marks as an additional criterion for selection in dairy cattle gives reason to believe that the milk protein genes may be helpful.

Key words: Coagulation ability of milk in cows, genetic and phenotypic factors casein genotype, milk coagulation, dairy.

Взаимовръзката на генетичния полиморфизъм на казеина с коагулационната способност на кравето мляко при различни породи, не са били проучвани в България до този момент. Познанията за влиянието на различните генетични, фенотипни и средови фактори, върху времето за коагулиране и твърдостта на коагулума могат да имат положителен технологичен и икономически ефект при млекопреработката. Резултатите в изучаването на генетичният полиморфизъм на млечния протеин откриват възможната връзка между генотипите, определящи млечния протеин и икономически значими „параметри“ в млечното говедовъдство. Водещи научни колективи доказват, че определени разновидности на млечния протеин може би имат отношение към млекодобива, състава на млякото, както и производството на сирена. Търсенето на нови генетични маркери като допълнителен критерий при селекцията в млечното говедовъдство дава основание да се фокусира вниманието върху генотипите на млечните протеини.

Целта на настоящото научно съобщение е да презентира потенциалната възможност да бъде оценявана и управлявана индивидуалната коагулационна способност на млякото в посока подобряване на сиренарските му качества при крави от различни породи.

Млякото съдържа три вида белтъчини: казеин, лактоалбумин и лактоглобулин.

Казеинът е единственото белтъчно вещество в природата, което има способността да коагулира под действието на сирищния ензим. При подсирване на млякото се получава съсирек, който след обработка се разделя на две фази: твърда, в която се съдържат най-вече млечни белтъчини (казеин) и млечна мазнина, и течна суроватка, в която се съдържат голяма част от млечната захар, солите и незначително количество белтъчини (главно албумин и глобулин) и мазнина. За сиренарското производство най-важното свойство на млякото е способността му да се подсирва (да коагулира).

Известно е, че стабилността на млякото се дължи на короната на к-казеина. Действието на сирищният ензим химозин променя структурата на к-казеина и дава начало на процесите на коагулация.

Етапите, през които се преминава от производството на сурово мляко до преработката му в различни млечни продукти и особено сирена, са изключително деликатни. Коагулация на млякото е важен и чувствителен процес, защото това е първата фаза и засяга всички останали етапи в технологичния цикъл. Ето защо, регистрацията на данни и генетичната оценка на млякото за производство на сирене може да бъде ефективно направено с помощта на коагулационните способности на млякото, като време за коагулация, време за стягане на коагулума, твърдост на коагулума /**Aleandri et al., 1989/**.

Казеиновият полиморфизъм е известен като фактор, който засяга състава на млякото. Два са аспектите на това влияние: 1. качествено вариране, свързано до единичната генна мутация; 2. количествено вариране, отнасящо се до различна алелна експресия, влияеща върху синтеза на млечния протеин /**Ikonen et al., 1997; Mayer et al., 1997/**.

Първите резултати за връзката между коагулационната способност на млякото и генетичните варианти на млечните протеини са публикувани от **Sherbon, et al.**, през 1967 година.

През 1976 година са публикувани първите резултати за връзката между добива на сирене и генотип АА на к – казеина и генотип ВВ на к – казеина /**Mariani et. al./**. В това изследване, е установено, че мляко, съдържащо генотип ВВ на к – казеина има 8,5 % по – висок добив на сирене, в сравнение с мляко, съдържащо генотип АА на к- казеина при производството на сирене „пармеджано”. В контраст на посоченото, при производството на сирене „чедър” - по – висок добив на сирене, се получава от мляко с к – казеин АА, в сравнение с мляко с к – казеин ВВ /**Bremel, et al.1997/**. Този резултат може би се дължи на по – ниският % протеин при мляко с к – казеин ВВ.

Производството на сирене от мляко се асоциира с високо съдържание на протеин, мазнини и казеин, по – късо време за коагулиране и по-голяма твърдост на коагулума /**Buchberger и Dovic, 2000/**.

Установяването на тези факти е довело до насочване на вниманието на учените към изследване на индивидуалния полиморфизъм на протеините и връзката му с количествените и качествени характеристики на млякото.

Много изследвания потвърждават, че при Холщайн – фризийското говедо генотип ВВ на к – казеина е във връзка с по – висок % на протеин и казеин в млякото в сравнение с генотип АА на к – казеина, докато при крави от породата Симентал и Кафяво говедо тази връзка, не е толкова ясна. В много публикации генотип ВВ на β - лактоглобулина е във връзка с по-високото съдържание на казеина отколкото генотип АА на β - лактоглобулина.

Фенерова /1993/ отчита, че кравите от Кафявата порода продуцират мляко с по-добър качествен състав от млякото на кравите от Холщайн-фризийската порода. Според авторката те отделят по-голямо количество хранителни вещества – 191.7 кг. млечно масло, 166.7 кг. общ белтък и 126.6 кг. казеин.

Преглед на научната литература в тази насока, сочи че номенклатурата, предложена от COGNOSAG за локусите, участващи в казеиновия комплекс показат, че α s1-казеин /CSN1S1/ и α s2-казеин /CSN1S2/ влияят достоверно върху съдържание на протеин /**Aleandri et al.**,

1986; **Ng-Kwai-Hang et al., 1986/**. К-казеина /CSN3/ засяга в значителна степен съдържанието на общ казеин в млякото /**Ng-Kwai-Hang et al., 1984, 1986/**, така също съдържание на протеин /**Ng-Kwai-Hang et al., 1984; Aleandri et al., 1986, 1990; Ikonen et al., 1999b/** средния добив на сирене - рандемана /**Mariani et al., 1976; Aleandri et al., 1990/**, и количествата на извара /**Marzali and Ng-Kwai-Hang, 1986; Pagnacco and Caroli, 1987; Davoli et al., 1990; Ikonen et al., 1999a/**. Освен това, β -казеините /CSN2/ е установено, че са свързани с млечните мазнини, и количествата на мазнини и протеини /**Ng-Kwai-Hang et al., 1984/**, количествата извара и нейната твърдост /**Politis and g-Kwai-Hang, 1988; Ikonen et al., 1999b/**.

Мощното навлизане на ДНК технологиите се превърнаха в ефикасен инструмент при изследването на взаимовръзките между белтъчния полиморфизъм и количествените и качествени характеристики на млякото.

Tsiaras et al., /2005/ са изследвали ефекта на к – казеина и β - лактоглобулина върху млечната продуктивност при 278 крави от породата Холщайн по време на първите две лактации. Резултатите показват, че генотипите на к – казеина повлияват доказано върху съдържанието на протеин (генотип АВ > генотип АА). Установена е тенденция за увеличаване на млякото и съдържанието на мазнини при животни с генотип АВ на к – казеина. При β - лактоглобулина са доказани различията върху млечността (крави с генотип АВ имат по - висока млечност от тези с генотип АА), съдържанието на млечно масло (крави с генотип ВВ и АВ имат по - високо съдържание на млечно масло в сравнение с крави с генотип АА), съдържание на мазнини (ВВ > АА > АВ), съдържание на лактоза (АВ > АА) и съдържание на протеин (АВ > АА). β – лактоглобулиновите локуси нямат доказан ефект върху съдържанието на протеин и лактоза.

Създаването на уникална научна апаратура и внедряването ѝ във водещи научни центрове в Италия (където е създадена апаратурата), Финландия и България доведе до създаването на условия за опознаване на индивидуалната вариабилност на коагулационната способност и потенциалните възможности за директна селекция по нови комплексни признаци. Това може да се окаже важен шанс за икономически целесъобразното дългосрочно планиране и управление на селекционния процес в млечното говедовъдство. Подобен подход би изиграл ролята на икономически мост между производителите на суровина и преработвателната индустрия.

Генетично подобряването на коагулационните способности на млякото е един потвърден инструмент за повишаване ефективността в производството на сирене /**Caroli et al., 1988; Ikonen, 2000; Bittante et al., 2002/**. Прилагането на индиректен подход за подбор и за подобряване на коагулационните способности на млякото, може да увеличи честотата на алелите в млечните протеинови локуси, които са свързани с по-добри коагулационни способности на млякото /**Ikonen, 2000/**. **Boettcher et al., /2004/** доказва, че казеиновия комплекс успешно се използва като маркер.

Коагулационната способност на млякото, е от изключителна важност за държавите, в които млечната индустрия се базира на производството на типични млечни продукти /**Cassandro et al., 2003/**.

Изследване, проведено с крави от породата Италиански Холщайн, дъщери на 54 бика, отглеждани в 34 стада в Северна Италия показва, че около 10% от индивидуалните млечни проби, не коагулират в рамките на 30 минути /**Cassandro et al., 2008/**.

Подобно заключение за подобряване на сиренарските качества на млякото като цел за подобряване ефективността от отглеждане на млечни крави, посочва и **Tyriseva /**

2008/. Целта на това изследване е установяване на генетичните параметри на коагулационната способност на млякото при крави от породите Айршир и Холщайн. Холщайн – фризийската порода продуцира мляко, което коагулира с 2,4 минути по - рано, в сравнение с тази от породата Айршир.

Опити, проведени в Естония за установяване на връзката между коагулационната способност на млякото и генетичните варианти на κ -казеина и β -лактоглобулина при млечни стада /Kubarsepp et. al., 2005/, показват най-добра коагулационна способност на млякото от Естонското местно говедо, следвано от Естонското кафяво говедо.

Изследвани са 2161 броя млечни и 87 кръвни проби от крави от породите: Естонски Холщайн (45 броя), Red Холщайн (12 броя), Естонско кафяво (26 броя) и Естонско местно говедо (4 броя). Млечните проби са анализирани за мазнини, протеин, калций, фосфор, брой соматични клетки и параметрите на коагулационната способност на млякото. Процентът на некоагулиралото мляко е най-нисък при крави от Естонското червено говедо – 3.6%, следвано от групите крави от породите Естонски Холщайн и Red Холщайн – 5 и 7 %. При това изследване, не са отчетени резултати за некоагулирало мляко при при породата Естонско местно говедо.

Таблица 1. Параметри на коагулационната способност на млякото при крави от различни породи.

		Общо за фермата	Естонски Холщайн	Естонски Red Холщайн	Естонско Кафяво говедо	Естонски местни говеда
Брой на кравите		87	45	12	26	4
RCT, min	брой	2058	974	347	619	118
	средно	8.1	8.2	8	8.2	6.9
	станд. откл.	3.2	3.1	3.4	3.3	2.1
K20, min	брой	1731	804	280	530	117
	средно	8.6	9.4	9.1	7.5	6.3
	станд. откл.	4.4	4.5	4.6	4.1	3.5
A30, mm	брой	2161	1025	376	642	118
	средно	28.9	27.6	26.0	31.1	38.7
	станд. откл.	12.7	11.9	12.9	13.2	9.2

Проведено е сравнително изследване между крави от породите италиански холщайн и италианско кафяво говедо за установяване на компонентите на млякото и коагулационната му способност при производството на сирене „пармеджано” /Malacarne et. al., 2006/. Млякото произведено от Кафявото говедо, се характеризира с по – високо съдържание на казеин - 27,1g/kg , в сравнение с това на Холщайн – фризийското - 23,7g/kg, при висока степен на доказаност ($P<0.001$). Времето от началото на коагулирането при млякото от Италианските Кафяви говеда е по – ниско в сравнение с Италианския Холщайн – 6,6 и 10 мин. съответно при висока степен на доказаност ($P<0.001$). Кравите от породата Кафяво говедо имат по добра коагулационна способност на млякото и по – ниски загуби на мазнини в суроватката при производството на сирене. Количеството произведено сирене Пармеджано

е по – високо при Кафявото говедо в сравнение с Холщайна - 0,99 кг повече сирене от 100 кг мляко.

Главният компонент за производството на по–голямо количество сирене – протеина има доказан ефект върху коагулационната способност на млякото /Guinee, 2003/. По–високото съдържание на протеин води до намаляване на времето от поставянето на химозина до започването на коагулацията и върху твърдостта на коагулума.

Всички параметри с които може да се характеризира коагулационната способност на млякото са в доказана връзка с месеца на лактация, рН и съдържанието на калции в млякото. Времето за коагулиране и твърдостта на коагулума, са в положителна връзка с поредната лактация, брой соматични клетки и генотипа на к – казеина / Kubarsepp et. al., 2005/. Съдържанието на млечен протеин, повлиява върху времето за коагулиране, а генотипите на β -лактоглобулина се свързват с изменение на времето от поставянето на химозина до начало на коагулацията.

Проведено е изследване в Естония през 2004 година с 112 крави от породата Естонско местно говедо в 6 ферми /Jõudu et al., 2007/. Млечните проби са изследвани за съдържание на мазнини и протеин, посредством инфрачерен млечен анализатор. Генотипите на млечните протеини (α , β и κ - казеина и β - лактоглобулина) са установени в Университета в Мюнхен – Германия. Установени са два параметъра, описващи коагулационната способност на млякото – времето от добавянето на химозина и трърдост на коагулума. Поредната лактация няма доказан ефект върху изследваните параметри, докато месеца на лактация влияе върху коагулационната способност на млякото с висока степен на доказаност ($P>0,001$). Агрегиращият генотип на казеина доказано влияе върху параметрите на коагулационната способност на млякото, докато β -лактоглобулина има доказан ефект върху твърдостта на коагулума. Некоагулирало мляко се наблюдава при крави с генотип AA на к – казеина.

Iconen /2000/ посочва, че коагулационната способност на млякото при крави от породата Холщайн е по – добра в сравнение с млякото, продуцирано от крави от породата Айршир. Установените резултати, относно коефициента на наследяемост на признака време за коагулация варира от 0,22 до 0,62, а за твърдост на коагулума от 0,40 до 0,57, при крави от породите Холщайн и Айршир.

Генетичната корелация между коагулационната способност на млякото и млечната продуктивност е незначителна, с изключение на твърдостта на коагулума, който има корелация с казеина и протеина - 0,44 и 0,53, съответно /Cassandro et. al., /2008/. В това изследване, авторите проучват взаимовръзките между коагулационната способност на млякото и общ брой соматични клетки. Корелацията между тези два показателя е положителна и доказана. Селекцията, насочена към високи стойности на казеиновото съдържание и нисък брой соматични клетки, може би е индиректен начин за подобряване на коагулационната способност на млякото, без да се редуцира добива и качеството.

На Таблица 2 са представни корелационните зависимости между коагулационната способност на млякото и признаците, описващи млечната продуктивност. Високо негативна е корелацията между параметрите на коагулационната способност на млякото и съдържанието на протеин ($r = -0.445$). Положителна е корелацията между трърдостта на коагулума и съдържанието на протеин ($r = 0.310$). Повишаването на калция, фосфора и мастните вещества в млякото намаляват времето за коагулиране /Kubarsepp et. al., 2005/. При повишаване на рН се увеличава времето за коагулиране. Установената корелация между тях е ($r = 0.386$).

Таблица 2. Корелационните зависимости между коагулационната способност на млякото и признаците, описващи млечната продуктивност.

Параметри	RCT, min	K20, min	A30, mm
Месец на лактация	-0.003	- 0.227*	0.199*
Млечност, кг/ден	0.123*	0.300*	-0.246*
Мазнини%	-0.214*	- 0.305*	0.295*
Протеин %	-0.040	- 0.445*	0.310*
Брой соматични клетки	0.111*	0.008	-0.037
pH	0.386*	0.144*	-0.146*
Ca, %	-0.206*	-0.219*	0.273*
P, %	-0.072	-0.287*	0.399*
RCT, min	1	0.556*	-0.692*
K20, min		1	-0.803*

Генетичната корелация между времето за коагулиране на млякото и съдържанието на мазнини и протеин е приблизително нула /-0,05/ до /-0,08/, съответно / **Iconen et al., 1999**/.

Генетичната корелация между твърдостта на коагулума и съдържанието на протеин и казеин е средно до високо 0,44 и 0,53. В много изследвания се посочва, че по – късото време за коагулиране има генетична връзка с високо протеиновото съдържание в млякото / **Lindström et al., 1984** /.

Тези резултати, кореспондират с тези посочени от /**Iconen et al., 2004; Cassandro et al., 2007**/, които заключават, че един от пътищата за подобряване на коагулационната способност на млякото и редуциране на инцидентите от некоагулиращо мляко е селектирано на крави, продуциращи мляко с по - ниско съдържание на соматични клетки.

Изследвания по отношение на ефекти на полиморфизма на млечния протеин върху състава на млякото, показва противоречиви констатации и те са трудни за сравнение, поради различията в използваната апаратура, породата на животните и при двата използвани модели - фиксираният и смесеният /**Aleandri et al., 1990; Bovenhuis et al., 1992; Kennedy et al., 1992**/.

Впрочем проблема с неизместеното оценяване на факторите, влияещи върху процесите на коагулация се радва на значителен научен интерес. Особено внимание се отделя на статистическото моделиране за оценяване на информацията от новите критерии, характеризиращи коагулационната способност.

Смесените модели се препоръчват, защото те позволяват сепариране на ефекта на казеиновия генотип от допълнителния полигенетичен ефект на животното/те чрез включването на случаен ефект на животното и матрица на генетичните взаимовръзки в модела /**Kennedy et al., 1992**/.

Интерес представлява и проучването на възможни отклонения в оценката на въздействие на млечния протеинов генотип, което може да се дължи на начина на включването на казеиновите генотипи в модела (поотделно или едновременно). **Bovenhuis et al. /1992/** отбелязва, че едновременно поставяне на различни казеинови локуси (CSN1S1, CSN2 и CSN3) в модела „произвежда” много по-точна оценка на тяхното въздействие в сравнение с включването на един локус в даден момент. Различни техники за физическо картотекиране потвърждават тясна връзка, между казеините, установявайки, че казеинови локуси пребивават в хромозома 6 в рамките на даден участък с параметри <250 kb по реда на CSN1, CSN2, CSN1S2 и CSN3 /**Ferretti et al., 1990; Threadgill and Womack, 1990; Martin et al., 2002**/.

Благодарение на напредъка в индивидуалното оценяване на коагулационната способност в Италия вече са публикувани първите оценки на развъдната стойност на бичите и кравите по този показател за Холщайна. Този факт безспорно ще доведе до повишаване на интереса към използването на животни (крави и бици), които предават висока коагулационна способност на млякото на своето потомство и това ще се отрази благоприятно върху рандеманите, икономическата ефективност и конкурентноспособността на италианската преработвателна индустрия в средносрочен план. Използването на маркери, каквито са полиморфните системи на млечните протеини и модерните генетични методи като SNP технологията можем да очакваме един значителен прогрес и засилен интерес към италианската генетика в скоро време именно поради очертаващите се световни тенденции за увеличаване консумацията и производството на сирене.

Съвременните изследвания в Европейските страни, изведени с млечни крави и овце показват, нарастващ научен интерес към генетичния полиморфизъм на млечните протеини и връзката му с биологичните и технологични качества на млякото. Разработени са научни методики за ДНК анализ на млечните протеини, които се използват като генетични маркери при селекцията. Има иновационни изследвания на нови признаци, пряко свързани със сиренарските качества на млякото. Разработена е уникална научна апаратура за автоматизирано измерване на времето за коагулиране и здравината на коагулума на млякото. Проучват се генетичното вариране и факторите от които е повлияно. Целта е въвеждането на коагулационната способност на млякото като селекционен признак, пряко свързан с икономическата ефективност на производството и преработката на мляко. Укрепването на връзката суровина - краен продукт ще позволи ефективното управление на генетичните изменения на популациите продуктивни животни и успешното съхраняване на местните породи. По наша преценка у нас липсват знания за генетичния полиморфизъм и коагулационната способност на млякото при националния генетичен ресурс селскостопански животни. Като се има предвид факта, че повече от 70% от суровото мляко у нас се преработва в сирена, то този проблем придобива още по-голямо икономическо измерение. Като се има предвид факта, че според експертите световния пазар на млечни продукти е свързан с нарастване на производството и консумация на сирене, то работата по въвеждане на научни технологии, позволяващи управление на генетичните изменения в популациите селскостопански животни в посока подобряване на технологичните качества на млякото, придобиват висока актуалност.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Фенерова, Й., 1993.** Количествени и качествени характеристики на млякото при крави от Холщайн-фризийската и Кафявата популация. *Дисертация за присъждане на научна степен "Кандидат на селскостопанските науки"*.
2. **Aleandri, R., A. Nardone, and V. Russo. 1986.** Milk yield for the cheesemaking process: Quantitative traits, loci, and selection strategies. 3rd World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. XII (64). Univ. Nebraska, Lincoln
3. **Aleandri, R., L. G. Buttazzoni, J. C. Schneider, A. Caroli, and R. Davoli. 1990.** The effects of milk protein polymorphisms on milk components and cheese-production ability. *J. Dairy Sci.* 73:241–255.
4. **Aleandri, R., J. C. Schneider, and L. G. Buttazzoni. 1989.** Evaluation of milk for cheese production based on milk characteristics and Formagraph measures. *J. Dairy Sci.* 72:1967–1975.
5. **Bittante, G., M. Marusi, F. Cesarini, M. Povinelli, and M. Cassandro. 2002.** Genetic analysis on milk rennet-coagulation ability in Italian Holstein cows. Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Montpellier, France. CD Commun. No. 09-03.

6. **Boettcher, P. J., A. Caroli, A. Stella, S. Chessa, E. Budelli, F. Canavesi, S. Ghioldi, and G. Pagnacco. 2004.** Effects of casein heliotypes' on milk production traits in Italian Holstein and Brown Swiss cattle. *J. Dairy Sci.* 87:4311–4317.
7. **Bovenhuis, H., J. A. M. van Arendonk, and S. Korver. 1992.** Associations between milk protein polymorphism and milk production traits. *J. Dairy Sci.* 75:2549–2559.
8. **Cassandro, M. 2003.** Status of milk production and market in Italy. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Porec, Croatia.
9. **Cassandro M., A. Comin, M. Ojala, R. Dal Zotto, M. De Marchi, L. Gallo, P. Carnier and G. Bittante, 2008.** Genetic parameters of Milk Coagulation Properties and Their Relationships with Milk Yield and Quality Traits in Italian Holstein Cows. *J. Dairy Sci.*, 91.
10. **Caroli, A., P. Bolla, G. Pagnacco, M. Rampilli, and L. Degano. 1988.** Repeatability of milk clotting evaluated by the lactodynamographic analysis. *J. Dairy Res.* 57:141–142.
11. **COGNOSAG ad hoc committee. 1995.** Revised guidelines for gene nomenclature in ruminants 1993. *Genet. Sel. Evol.* 27:89–93.
12. **Davoli, R., S. Dall'Olio, and V. Russo. 1990.** Effect of κ -casein genotype on the coagulation properties of milk. *J. Anim. Breed. Genet.* 107:458–464.
13. **Ferretti, L., P. Leone, and V. Sgaramella. 1990.** Long range restriction analysis of the bovine casein genes. *Nucleic Acids Res.* 18:6829–6833.
14. **Ikonen, T. 2000.** Possibilities of genetic improvement of milk coagulation properties of dairy cows. PhD Diss. Univ. Helsinki, Finland. Available: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/ikonen>.
15. **Ikonen, T., K. Ahlfors, R. Kempe, M. Ojala, and O. Ruottinen. 1999a.** Genetic parameters for the milk coagulation properties and prevalence of noncoagulating milk in Finnish dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:205–214.
16. **Ikonen, T., M. Ojala, and E. L. Syväoja. 1997.** Effects of composite casein and β -lactoglobulin genotypes on renneting properties and composition of bovine milk by assuming an animal model. *Agric. Food Sci. Finl.* 6:283–294
17. **Ikonen, T., M. Ojala, and O. Ruottinen. 1999b.** Association between milk protein polymorphism and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *J. Dairy Sci.* 82:1026–1033.
18. **Kennedy, B. W., M. Quinton, and J. A. M. van Arendonk. 1992.** Estimation of effects of single genes on quantitative traits. *J. Anim. Sci.* 70:2000–2012.
19. **Mariani, P., G. Losi, V. Russo, G. B. Castagnetti, L. Grazia, D. Morini, and E. Fossa. 1976.** Prove di caseificazione con latte caratterizzato dalle varianti A e B della k-caseina nella produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano. *Sci. Tecn. Latt. Cas.* 27:208–216.
20. **Martin, P., M. Szymanowska, L. Zwierzchowski, and C. Leroux. 2002.** The impact of genetic polymorphisms on the protein composition of ruminant milks. *Reprod. Nutr. Dev.* 42:433–459.
21. **Marzali, A. S., and K. F. Ng-Kwai-Hang. 1986.** Effect of milk composition and genetic polymorphism on coagulation properties of milk. *J. Dairy Sci.* 69:1793–1799.
22. **Mayer, H. K., M. Ortner, E. Tschager, and W. Ginzinger. 1997.** Composite milk protein phenotypes in relation to composition and cheese making properties of milk. *Int. Dairy J.* 7:305–310.
23. **Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Monardes. 1986.** Relationships between milk protein polymorphism and major milk constituents in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 69:22–26.
24. **Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Monardes. 1984.** Associations of genetic variants of casein and milk serum proteins with milk, fat and protein production by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 67:835–840.

25. **Pagnacco, G., and A. Caroli. 1987.** Effect of casein and b-lactoglobulin genotypes on renneting properties of milks. *J. Dairy Res.* 54:479–485.
26. **Politis, I., and K. F. Ng-Kwai-Hang. 1988.** Effects of somatic cell counts and milk composition on the coagulating properties of milk. *J. Dairy Sci.* 71:1740–1745.
27. **Threadgill, D. W., and J. E. Womack. 1990.** Genomic analysis of the major bovine milk protein genes. *Nucleic Acids Res.* 18:6935–6942.