

## 홀스타인 젖소의 원유내 acetone과 $\beta$ -hydroxybutyrate acid 함량에 영향을 미치는 환경요인<sup>†</sup>

조광현<sup>1</sup> · 조충일<sup>2</sup> · 이준호<sup>3</sup> · 박경도<sup>4</sup>

<sup>12</sup>농촌진흥청 국립축산과학원 · <sup>34</sup>국립한경대학교 동물분자유전육종사업단

접수 2015년 2월 23일, 수정 2015년 3월 16일, 게재확정 2015년 4월 27일

### 요약

본 연구는 젖소의 검정기록, 378,086개를 이용하여 케토시스 진단 지시형질로 이용되는 유량내 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 영향을 미치는 환경요인을 분석하였다. 형질별 목장, 비유단계, 산차, 착유시간 및 월령에 대한 유의성 검정 결과 모든 요인들에서 고도의 유의성 ( $p < 0.01$ )이 나타났다. 가장 큰 환경요인은 비유단계였다. 1회 착유량, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 대한 월령의 1차 회귀계수는 모두 정 (+)의 관계, 2차 회귀계수는 부 (-)의 관계를 나타내었으며, 비유 2단계 (36~65일) 비유량의 최소자승평균은 19.06kg으로 비유말기에 비하여 6.51kg 높았다. 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 대한 최소자승평균은 비유 1단계 (5~35일)에서 각각 0.1929mM/L과 0.0742mM/L로 가장 높았으며, 착유일수에 따라 감소하다가 비유말기 소폭 증가하는 경향을 나타내었다. 1산에 대한 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량의 최소자승평균은 각각 0.1414mM/L과 0.0522mM/L로 2차산 이상의 평균보다 높았으며, 오후착유에 대한 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량의 최소자승평균이 각각 0.1372mM/L과 0.0534mM/L로 오전착유보다 일괄적으로 높게 나타났다

주요용어:  $\beta$ -히드록시부틸산, 비유단계, 아세톤, 케토시스.

### 1. 머리말

국내 젖소 농가당 사육두수와 젖소국가단위개량에 따른 고능력우의 비율은 매년 꾸준히 증가하고는 있지만 FTA체결 이후 EU로부터 낙농제품 수입 역시 급증하고 있는 추세이며, 농후사료가격의 인상 및 가격불안심리 등 사육여건은 어려운 처지에 놓여 있는 실정에 있다. 더욱이, 국내에서 사육되고 있는 젖소들은 분만을 전후하여 대사성 질병이 다발하여 농가에게 큰 피해를 주고 있는 실정이며, 특히 준임상형 케토시스의 만연 (약 40% 추정)으로 생산 감소 및 치료비 증가 등 농가에게 막대한 경제적 손실이 발생하고 있다. 일반적으로 임상형 케토시스는 5%, 준임상형 케토시스는 15~41% 정도 젖소집단에서 만연하는 것으로 보고 되고 있다 (Geishauser 등, 1998; Enjalbert 등, 2001).

케토시스는 주로 젖소에서 발생하는 대사장애로 여러 가지 원인에 의해 당질 및 지질대사의 이상에 의해 케톤체가 생체 내에 이상적으로 증가하여 동물에 임상증상 즉, 저혈당, 소화기 장애 또는 신경증상 등이 나타나는 질병을 말한다 (De Roos 등, 2007; Zhang 등, 2012). 식욕 감퇴나 비유량의 저하

<sup>†</sup> 이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ01046503)의 지원에 의해 이루어진 것임.

<sup>1</sup> (331-801) 충남 천안시 서북구 성환읍 신방1길 114, 농촌진흥청 국립축산과학원, 연구사.

<sup>2</sup> (331-801) 충남 천안시 서북구 성환읍 신방1길 114, 농촌진흥청 국립축산과학원, 연구원.

<sup>3</sup> (456-749) 경기도 안성시 중앙로 327, 국립한경대학교 동물분자유전육종사업단, 연구원.

<sup>4</sup> 교신저자: (456-749) 경기도 안성시 중앙로 327, 국립한경대학교 동물분자유전육종사업단, 연구교수.

E-mail: doobalo@hknu.ac.kr

등 증상이 강하게 나타나는 것을 임상형, 약하게 나타내는 것을 준임상형 케토시스라 하며 (McArt 등, 2012), 고능력우 일수록 케토시스 발병률이 높다 (Koeck 등, 2013). 특히, 준임상형 케토시스의 경우 분만 후 3주 이내에 가장 많이 발생하며 (Oetzel, 2004; Duffield 등, 2009), 분만 2개월내 발생률은 8.9~43%라고 보고되었다 (Suthar 등, 2013).

외국에서는 준임상형 케토시스를 조기에 예방하기 위한 분석 알고리즘에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 반면, 국내 연구는 소수개체를 이용한 임상적 결과가 대부분으로 이에 대한 연구는 아직 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구의 목적은 케토시스 진단 지시형질인 원유속 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 영향을 미치는 환경효과를 분석하여 준임상형 케토시스의 조기진단 방법을 개발하기 위한 기초 자료를 제공하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 연구는 한국중축개량협회 중앙유성분석소로부터 검정성적, 457,349개를 수집한 후, 7산차 이상의 기록과 착유일수 365일 이상의 기록은 분석에서 제외하였으며, 최종적으로 이용된 자료는 36,584두의 검정기록, 총 378,086개였다. 1산차와 2산차 이상의 기록들에 대한 백분율 (빈도)은 각각 33.4% (126,400개)와 66.53% (251,686개)였으며, 산차가 증가할수록 기록의 수는 현저히 감소하였다. 검정유량은 오전과 오후별 착유량이며, 1회 착유시 평균 16.9kg이었다.

**Table 2.1** Number of records (percentages), means and standard deviations (STD) for milk yield, acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid (BHBA) contents by lactation stage (LS) (unit = kg, mM/L)

LS	Milking day	No. of records (%)	Milk		Acetone		BHBA	
			Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD
1	5~35	26,721 (7.1)	17.6	4.9	0.188	0.175	0.073	0.098
2	36~65	35,659 (9.4)	19.6	5.0	0.130	0.093	0.044	0.064
3	66~95	35,947 (9.5)	19.4	4.8	0.119	0.068	0.037	0.046
4	96~125	35,541 (9.4)	18.8	4.5	0.118	0.070	0.038	0.048
5	126~155	34,673 (9.2)	18.1	4.3	0.119	0.078	0.041	0.053
6	156~185	34,388 (9.1)	17.4	4.1	0.120	0.081	0.044	0.066
7	186~215	34,998 (9.3)	16.6	3.9	0.120	0.079	0.045	0.059
8	216~245	35,728 (9.4)	15.8	3.8	0.121	0.075	0.047	0.060
9	246~275	34,084 (9.0)	14.9	3.6	0.122	0.074	0.051	0.070
10	276~305	29,075 (7.7)	14.2	3.6	0.124	0.075	0.054	0.064
11	306~335	23,114 (6.1)	13.5	3.6	0.126	0.073	0.056	0.072
12	336~365	18,158 (4.8)	13.0	3.6	0.129	0.081	0.057	0.068
Overall	-	378,086 (100)	16.9	4.7	0.127	0.090	0.048	0.065

아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량은 수집된 우유샘플을 40°C로 예열한 후, 적외선분광법에 의한 MilkoScan FT+500 (Foss, Denmark) 장비를 이용하여 측정하였으며, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 평균 함량은 각각 0.127mM/L과 0.048mM/L으로 나타났다 (Table 2.1).

### 2.2. 통계적 방법

환경요인 분석을 위한 통계적 모형 (2.1)은 다음과 같다.

$$y_{ijklm} = \mu + h_i + l_j + p_k + t_l + \beta_1 x_{ijklm} + \beta_2 x_{ijklm}^2 + e_{ijklm} \quad (2.1)$$

위에서,  $y_{ijklm}$  = 1회 착유량 (kg), 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량 (mM/L),  $\mu$  = 전체 평균,  $h_i$  =  $i$ 번째 목장의 고정효과,  $l_j$  =  $j$ 번째 비유단계의 고정효과,  $p_k$  =  $k$ 번째 산차의 고정효과,  $t_l$  =  $l$ 번째 착유

시간대의 고정효과,  $\beta_1, \beta_2 =$  분만일령에 대한 1, 2차 회귀계수,  $x_{ijklm} =$  분만일령,  $e_{ijklm} =$  임의 오차이며, 각각의 형질들에 대한 지역간 비교는 식 (2.2)로 자료를 생성한 후, Duncan검정을 실시하였다.

$$\bar{Y}_i = \sum_j y_{ij}/n_i. \quad (2.2)$$

위에서,  $\bar{Y}_i = i$ 번째 지역의 가중 최소자승평균,  $y_{ij} = i$ 번째 지역내  $j$ 번째 목장의 최소자승평균,  $n_i = i$ 번째 지역의 목장 수이며, 모든 통계처리는 SAS 버전 9.2 (SAS Institute Inc., 2008)를 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 비유단계

1회 착유량은 비유 2단계 (36~65일)에서 가장 높게 나타내었으며, 착유일수가 길어질수록 서서히 감소하는 경향을 나타낸 반면, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량은 분만 후 10일 전후로 최고치를 나타낸 후, 급격히 감소하다가 36일 이후에는 거의 일정한 수치를 나타내었다 (Figure 3.1). 앞서 언급한 준임상형 케토시스의 경우 분만 후 3주 이내에 가장 많이 발생하고 (Oetzel, 2004; Duffield 등, 2009), 분만 2개월내 발생률이 8.9~43%라는 연구결과 (Suthar 등, 2013)에 비추어 볼 때, 준임상형 케토시스는 비유단계와 상당히 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있다. 일반적으로 젖소는 분만 후 최고 비유량에 도달한 이후 착유일수에 따라 점차적으로 비유량이 감소하는 특성을 나타내며, 비유량이 유지되는 정도를 비유지속성이라 정의하는데 (Togashi와 Lin, 2004), 비유량이 증가하는 시기에 케토시스와 같은 대사성 질병 등으로 인하여 최고 유량도달 후 급격한 유량 감소를 보이게 된다. 따라서 비유지속성과 질병 등으로 인한 경제적 손실을 예방하는 것은 농가의 수익과 직결되나 (Dekkers 등, 1998) 대부분의 젖소가 일관성 있는 비유지속성을 유지하기는 어렵다 (Cho 등, 2013).

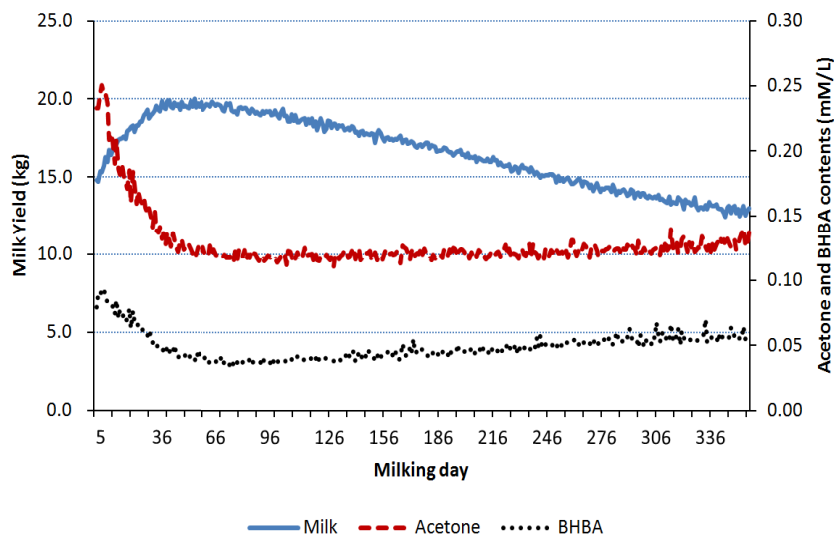


Figure 3.1 Changes of milk yield, acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid (BHBA) contents by milking day

### 3.2. 환경요인 분석 및 최소자승평균

1회 착유량, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산에 대한 목장, 비유단계, 산차, 착유시간 및 월령에 대한 분산 분석표를 Table 3.1에 나타내었다. 형질별 각 환경요인에 대한 유의성 검정 결과 모든 요인들이 고도의 유의성 ( $p < 0.01$ )을 나타내었으며, 특히 비유단계는 모든 형질에 대하여 일괄적으로 가장 큰 환경요인으로 작용하였다. 1회 착유량, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 대한 월령의 1차 회귀계수는 모두 정 (+)의 관계, 2차 회귀계수는 부 (-)의 관계를 나타내었으며 (Table 3.2), 이러한 결과는 젖소의 월령에 따라 1회 착유량, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량이 증가하다가 어느 시점에서 다시 감소하는 경향을 나타낸다고 하겠다. 분만 후 비유단계별 최고비유량의 최소자승평균은 19.06kg으로 최저비유량의 평균 12.55kg에 비하여 6.51kg 높게 나타남으로서 비유말기에는 약 34% 생산량이 감소하는 것으로 나타났다 (Table 3.3).

**Table 3.1** Analysis of variance for milk yield, acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid (BHBA) contents

Variable	DF <sup>1</sup>	Mean squares and F-values					
		Milk	F	Acetone	F	BHBA	F
Herd	691	1,724	133	0.2635	37	0.2128	58
Lactation Stage	11	146,533	11,285	10.2795	1,426	2.6834	726
Parity	1	25,375	1,954	7.2400	1,004	0.1878	51
Milking time	1	41,212	3,174	8.4952	1,178	2.5976	703
Age	1	59,041	4,547	1.0636	148	0.7064	191
Age*age	1	46,348	3,569	0.5929	82	0.2994	81
Error	377,379	13		0.0072		0.0037	

<sup>1</sup>Degree of freedom, all values were significantly different from zero ( $p < 0.01$ )

**Table 3.2** Regression coefficients and standard errors of age of month at calving for milk yield, acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid (BHBA) contents

Traits	Linear	Quadratic
Milk	0.12538314 $\pm$ 0.00185940	-0.00080220 $\pm$ 0.00001343
Acetone	0.00053218 $\pm$ 0.00004382	-0.00000287 $\pm$ 0.00000032
$\beta$ -hydroxybutyrate acid	0.00043371 $\pm$ 0.00003137	-0.00000204 $\pm$ 0.00000023

All values were significantly different from zero ( $p < 0.01$ )

**Table 3.3** Least square means and standard errors of lactation stage (LS), parity and milking time for milk yield, acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid (BHBA) contents

Variable	Class level	Milk	Acetone	BHBA
LS (Milking day)	1 ( 5~35)	17.01 $\pm$ 0.02	0.1929 $\pm$ 0.0005	0.0742 $\pm$ 0.0004
	2 ( 36~65)	19.06 $\pm$ 0.02	0.1343 $\pm$ 0.0005	0.0464 $\pm$ 0.0003
	3 ( 66~95)	18.96 $\pm$ 0.02	0.1238 $\pm$ 0.0005	0.0396 $\pm$ 0.0003
	4 ( 96~125)	18.41 $\pm$ 0.02	0.1226 $\pm$ 0.0005	0.0404 $\pm$ 0.0003
	5 (126~155)	17.72 $\pm$ 0.02	0.1232 $\pm$ 0.0005	0.0428 $\pm$ 0.0003
	6 (156~185)	16.97 $\pm$ 0.02	0.1243 $\pm$ 0.0005	0.0457 $\pm$ 0.0003
	7 (186~215)	16.15 $\pm$ 0.02	0.1245 $\pm$ 0.0005	0.0470 $\pm$ 0.0003
	8 (216~245)	15.28 $\pm$ 0.02	0.1257 $\pm$ 0.0005	0.0486 $\pm$ 0.0003
	9 (246~275)	14.42 $\pm$ 0.02	0.1270 $\pm$ 0.0005	0.0531 $\pm$ 0.0003
	10 (276~305)	13.66 $\pm$ 0.02	0.1285 $\pm$ 0.0005	0.0558 $\pm$ 0.0004
	11 (306~335)	13.08 $\pm$ 0.02	0.1302 $\pm$ 0.0006	0.0573 $\pm$ 0.0004
	12 (336~365)	12.55 $\pm$ 0.03	0.1329 $\pm$ 0.0006	0.0582 $\pm$ 0.0005
Parity	1	15.58 $\pm$ 0.02	0.1414 $\pm$ 0.0004	0.0522 $\pm$ 0.0003
	$\geq 2$	16.63 $\pm$ 0.01	0.1236 $\pm$ 0.0003	0.0493 $\pm$ 0.0002
Milking time	AM	16.44 $\pm$ 0.01	0.1278 $\pm$ 0.0002	0.0481 $\pm$ 0.0002
	PM	15.78 $\pm$ 0.01	0.1372 $\pm$ 0.0002	0.0534 $\pm$ 0.0002

아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 대한 최소자승평균은 비유1단계 (5~35일)에서 각각 0.1929 mM/L와 0.0742mM/L로 가장 높았으며, 착유일수에 따라 감소하다가 비유말기 소폭 증가하는 경향을 나타내었다. 유량의 경우 2산 이상과 오전착유시의 최소자승평균이 각각 16.63kg과 16.44kg으로 높게 나타났으며, 오전착유가 오후착유에 비하여 생산량이 0.66kg 증가하는 원인은 오전착유가 일반적으로 오후착유보다 착유간격이 길기 때문이다 (Lee와 Min, 2013). 반면에, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 대한 1산의 최소자승평균은 각각 0.1414mM/L과 0.0522mM/L로 2차산 이상의 평균보다 높았으며, 아세톤과  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량에 대한 오후착유 최소자승평균이 각각 0.1372mM/L과 0.0534mM/L로 오전착유보다 일괄적으로 높게 나타났다 (Table 3.3). 한편 케토시스 진단에 이용되는  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량은 지역간 유의성이 나타나지 않았으며 (Table 3.4), 이러한 결과는 지역간 기후환경이나 지역관리시스템의 차이가 아니라 각 목장관리시스템에 의하여  $\beta$ -히드록시부틸산의 함량이 영향을 받는다고 할 수 있다.

**Table 3.4** Multiple comparison among region with weighted least square means of herds for milk yield, acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents

Region	Milk (kg)	Acetone (mM/L)	BHBA (mM/L)
Chungbuk	16.4178 <sup>a</sup>	0.1306 <sup>b</sup>	0.0542 <sup>a</sup>
Chungnam	16.4540 <sup>a</sup>	0.1319 <sup>b</sup>	0.0484 <sup>a</sup>
Gangwon	16.4199 <sup>a</sup>	0.1288 <sup>b</sup>	0.0505 <sup>a</sup>
Geonnam	16.0650 <sup>a</sup>	0.1292 <sup>b</sup>	0.0545 <sup>a</sup>
Gyeongbuk	15.0652 <sup>b</sup>	0.1259 <sup>b</sup>	0.0499 <sup>a</sup>
Gyeonggi	16.1963 <sup>a</sup>	0.1365 <sup>ab</sup>	0.0502 <sup>a</sup>
Gyeongnam	15.4952 <sup>ab</sup>	0.1443 <sup>a</sup>	0.0476 <sup>a</sup>
Jeonbuk	16.3049 <sup>a</sup>	0.1386 <sup>ab</sup>	0.0576 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup>Duncan grouping by Duncan test :  $p > 0.05$

#### 4. 결론

준임상형 케토시스의 경우 분만 후 3주 이내에 가장 많이 발생하며, 분만 2개월내 발생률은 8.9~43%라고 보고될 만큼 분만 초기에 많이 발생하는 대사 질병이다. 본 연구 결과에서는  $\beta$ -히드록시부틸산 (BHBA)의 함량은 분만 후 10일경에 최고치를 보이다가 36일경이 지나면서 거의 일정한 수치를 나타내었으며, 아세톤 함량도 같은 경향을 나타내었다. 케토시스는 비유초기 비유량과 사료섭취의 불균형으로 인한 탄수화물의 부족으로 체내에 케톤체가 쌓임으로서 발생하기 때문에 최적의 사양관리를 통해 사전 예방이 어느 정도 가능하다. 따라서 분만 후 5주경까지의 BHBA나 Acetone함량 및 유량, 유조성분의 변화를 모니터링하고 비유일수를 고려하여 케토시스 예방을 위한 예측모형 개발이 가능하고 이러한 결과를 낙농가에게 제시하여 목장의 개체관리시스템을 잘 활용할 수만 있다면 국내에 만연(약 40%)하고 있는 준임상형 케토시스의 발생을 상당 부분 줄일 수 있다고 생각된다.

#### References

- Cho, K. H., Yoon, H. B., Cho, C. I., Min, H. R., Lee, J. H., Kong, H. S., Lee, H. K. and Parj, K. D. (2013). A consideration on the lactation persistency evaluation in Korean Holstein dairy cattle. *Journal of Animal Science and Technology*, **55**, 173-178.
- Dekkers, J. C. M., Ten Hag, J. H. and Weersink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*, **53**, 237-252.
- De Roos, A. P. W., Van Den Bijgaart, H. J. C. M., Hørlyk, J. and De Jong, G. (2007). Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry. *Journal of Dairy Science*, **90**, 1761-1766.

- Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W. and Leslie, K. E. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, **92**, 571-580.
- Enjalbert, F., Nicot, M. C., Bayourthe, C. and Moncoulon, R. (2001). Ketone bodies in milk and blood of dairy cows: Relationship between concentrations and utilization for detection of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, **84**, 583-589.
- Geishauser, T., Leslie, K., Kelton, D. and Duffield, T. (1998). Evaluation of five cow-side tests for use with milk to detect subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **81**, 438-443.
- Lee, D. H. and Min, H. L. (2013). Estimation of daily milk yields from AM/PM milking records. *Journal of Animal Science and Technology*, **55**, 489-500.
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V. and Oetzel, G. R. (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, **95**, 5056-5066.
- Koeck, A., Miglior, F., Jamrozik, J., Kelton, D. F. and Schenkel, F. S. (2013). Genetic associations of ketosis and displaced abomasum with milk production traits in early first lactation of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, **96**, 4688-4696.
- Oetzel, G. R. (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract*, **20**, 651-674.
- SAS Institute Inc. (2008). *SAS/STAT 9.2 user's guide*, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Suthar, V. S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A. and Heuwieser, W. (2013). Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **96**, 2925-2938.
- Togashi, K. and Lin, C. Y. (2004). Efficiency of different selection criteria for persistency and lactation milk yield. *Journal of Dairy Science*, **87**, 1528-1535.
- Zhang, Z., Liu, G., Wang, H., Li, X. and Wang, Z. (2012). Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows. *Pakistan Veterinary Journal*, **32**, 156-160.

## Environmental factors influencing acetone and $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents in raw milk of Holstein dairy cattle<sup>†</sup>

Kwang-Hyun Cho<sup>1</sup> · Chung-Il Cho<sup>2</sup> · Joon-Ho Lee<sup>3</sup> · Kyung-Do Park<sup>4</sup>

<sup>12</sup>National Institute of Animal Science, RDA

<sup>34</sup>Animal Genomics & breeding Center, Hankyong National University

Received 23 February 2015, revised 16 March 2015, accepted 27 April 2015

### Abstract

Using 378,086 lactation records on dairy cattle, environmental factors influencing acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents in raw milk which are used as ketosis diagnosis indicator traits were analyzed in this experiment. Significance testing was conducted on farm, lactation stage, parity, milking time and month of age by traits. The results of this experiment indicated that there was a highly significant ( $p < 0.01$ ) difference in all factors and lactation stage was the most significant factor. Linear regression coefficients of month of age on daily milk yields and acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents were all positive, while their quadratic linear regression coefficients were negative. Least square means for milk yield at second lactation stage (36~65 days) was 19.06kg which was higher than that of late lactation stage by 6.51kg. Least square means for acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents at the first lactation stage (5~35 days) were highest (0.1929mM/L and 0.0742mM/L, respectively), and there was a trend that they decreased as the milking progressed, but increased slightly at the late stage of milking. However, least square means for acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents at the first parity were 0.1414mM/L and 0.0522mM/L, respectively, which were higher than the average milk yield after the second parity. Least square means for acetone and  $\beta$ -hydroxybutyrate acid contents of PM milk yield (0.1372mM/L and 0.0534mM/L, respectively) were higher than those of AM milk yield collectively.

*Keywords:* Acetone,  $\beta$ -hydroxybutyrate acid, ketosis, lactation stage.

<sup>†</sup> This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01046503)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

<sup>1</sup> Junior researcher, National Institute of Animal Science, RDA, Chungnam 330-801, Korea.

<sup>2</sup> Post Doc., National Institute of Animal Science, RDA, Chungnam 330-801, Korea.

<sup>3</sup> Researcher, Animal Molecular Genetics & Breeding Center, Hankyong National University, Gyeonggi-do 456-749, Korea.

<sup>4</sup> Corresponding author: Research professor, Animal Molecular Genetics & Breeding Center, Hankyong National University, Gyeonggi-do 456-749, Korea. E-mail: doobalo@hknu.ac.kr