한국유가공기술과학회지 26(1) : 1~4, 2008
J. Korean of Dairy Sci. & Technol. 26(1) : 1~4, 2008

착유 시간 및 유처리 공정이 우유 내 멜라토닌 함량에 미치는 영향

강신호 · 백승천
서울우유연구소

The Effects of Milking Time and Dairy Processes on Melatonin Contents in Milk

S. H. Kang and S. C. Baick
Institute of Dairy Food Research, Seoul Dairy Co-op.

ABSTRACT

Melatonin is one of the functional hormones in the milk and found in all mammalian species. The primary motivation for the use of melatonin as a supplement is as a natural aid to better sleep. Melatonin contents in milk vary according to the naturally occurring factors such as seasons and milking times. As a number of studies indicate melatonin supplementation helps to reduce the age-related decline in hormone production and overall enhancement of health, the more detailed studies are required to know the nature of milk derived hormones and to clarify them as a functional value adaptation.

The objectives of this study were to examine the change of melatonin content in bovine milk during different milking times at the two dairy farms and during dairy process including homogenization and pasteurization. Commercial dairy products including night time milking products(night milk) marketed in Japan were also investigated. Melatonin content was determined by radioimmunoassay using ^{125}I. Individual milk was collected from lactating Holstein cows at Kyong-Ki province in Korea. At farm A, the melatonin contents milking at 4 a.m. was higher than those of 7 p.m. and 12 p.m.(6.90±3.55, 2.01±1.47 and 0.16±0.04 pg/mL, respectively). At farm B, the mean melatonin contents milked from 24:00 AM to 05:00 AM have shown the highest contents (4.65±0.72 pg/mL), and milking samples of the rest time had very little or non-detection of melatonin contents. Melatonin contents of commercial night milk samples were about 5 times higher than those of other common milk products. These results suggested that melatonin might be heat-resistant and commercial dairy process might not affect its contents in the final products.

(**Key words** : melatonin, milk, radioimmuoassay)

서 론

우유 내에 존재하는 미량 호르몬인 멜라토닌은 뇌의 송과선(Pineal gland)에서 밤에 집중적으로 분비되는 호르몬으로서 생체 리듬을 조절해 우리 몸이 밤에 잠들게 해주며 노화 억제 및 항암 작용과도 관련이 있는 것으로 최근에 알려지고 있다. 심지어 FDA에서는 노화의 치료와 예방에는 성장호르몬과 멜라토닌 뿐이라고 인정하고 있다(오한진, 2003).

사람의 경우, 신생아는 혈액 내 멜라토닌 농도가 낮지만 3개월령까지 그 함량이 점진적으로 늘어나 밤낮을 구분하는 일주기 리듬을 가지게 되고, 1~3세까지 그 분비량이 325 pg/mL로 최고조에 이르다가 그 후 점차 감소되어 정상 성인에서는 낮과 밤의 최고치가 각각 10 pg/mL와 60 pg/mL 수준까지 떨어지는 것으로 보고되고 있다(Waldhauser 등, 1984). 한편, 50대 이상 장노년 연령층의 약 30%가 전체 야간 수면시간의 감소로 인한 불면증을 나타내며, 심야의 혈장 내 멜라토닌 농도가 감소하는 것으로 알려져 있다(Zhdanova 등, 2001).

그 외에도 멜라토닌의 생리적인 역할은 성선 기능과 생체 리듬의 조절, 마취, 항산화, 면역조절(박남철, 2003)에 관여하며, 최근에는 사람의 유방암 세포의 증식 억제에 있어서도 멜라토닌이 관여하는 것으로 보고되고 있다(Cos 등, 2006).

이에 본 연구는 숙면을 돕는 식품으로 널리 알려진 우유에 있어 착유 시간대별 개체별 젖소 원유 내 멜라토닌 함량의 변화를 조사하고, 숙면을 돕기 위한 우유로 알려진 야간

*Corresponding author : Shin-Ho Kang, Institute of Dairy Food Research, Seoul Dairy Cooperative, Ansan 425-838, Korea. E-mail : shkang@seoulmilk.co.kr

착유 우유내 멜라토닌 함량을 조사하는 한편, 살균유 및 멸균유 제품 샘플을 분석하여 상업적 균질, 살균 조건에서 멜라토닌 활성 저하 유무를 고찰하였다.

재료 및 방법

1. 착유 시간대별 원유 및 일본 나이트 밀크 제품 수집

실험에 필요한 원유는 경기도 북부 지역 2개 목장(A, B)을 대상으로 하였다. A목장의 경우, 오전 4시, 오후 12시, 저녁 19시에 해당 개체별로 3회씩 수거하여 4℃에서 냉장 보관한 후 시료로 사용하였으며, 로봇 착유를 실시하는 B목장의 경우, 오전 0시~5시에 착유한 20두의 소에 대해 24시간 동안 추적하여 샘플을 수거하였다. Night milk 제품 샘플은 일본의 동일 회사에서 생산한 일반 우유 제품과 멜라토닌 함량을 비교하였다. 모든 시료는 4℃, 2,500 rpm에서 5분 동안 원심 분리하여 탈지유를 조제하여 샘플로 사용하였다.

2. 열처리 및 균질, 살균유 및 공장별 제품 수집

원유의 균질은 APV-1000모델 균질기(APV, Silkeborg, Denmark)를 이용하여 75℃, 150 bar에서 처리하였으며, 균질 후 샘플의 열처리는 65℃ 및 85℃에서 glass tube를 이용하여 30분간 처리하였다. 한편, 완제품에 대한 멜라토닌 함량 분석은 2개 공장의 시유(130℃ 이상에서 2초 살균) 및 1개 공장의 멸균시유(140℃ 이상에서 3초 살균) 제품을 대상으로 하였다.

3. 멜라토닌 함량 분석

개체별로 얻어진 원유 및 유제품으로부터 Radioimmunoassay(RIA) 방법으로 Melatonin의 양을 Melatonin Direct RIA KIT(Buhlmann, Switzerland)를 이용하여 진단검사기관인 네오딘 의학연구소에서 다음의 방법으로 측정하였다. 전 처리된 샘플은 Human anti-melatonin antibody와 ^{125}I의 melatonin을 첨가하여 4℃에서 20시간 incubation한 후 침전물을 얻기 위해 anti-rabbit second antibody를 각각의 glass tube에 첨가, vortexing하여 상징액을 제거한 후 침전물에 있는 radioligand의 방사능을 gamma counter(1470 Wizard, PerkinElmer, Finland)를 이용하여 2분간 방사 면역 활성도를 측정하였다.

4. 통계처리

통계 분석은 SAS program(Statistics Analytical System, USA, 1999)의 GLM(General Linear Model) 방법에 따라 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 착유 시간에 따른 멜라토닌 함량 변화

서울우유조합 관내 2개 목장의 원유 샘플을 시간대별로 개체별로 검사 결과, 목장 A의 경우 새벽 4시에 착유한 원유 샘플의 멜라토닌 함량이 평균 6.90±3.55 pg/mL로 나타났으며, 저녁 7시 및 낮 12시 착유 원유 샘플은 각각 2.01±1.47 pg/mL와 0.16±0.04 pg/mL로 나타나 새벽 착유 원유 내 멜라토닌 함량이 유의적으로 높은 결과를 나타내었다(Fig. 1). B목장의 경우도 24시부터 새벽 5시까지 구간의 멜라토닌 함량이 평균 4.65±0.72 pg/mL로 가장 높았으며, 오후 14시부터 저녁 20시까지의 경우는 1.61±0.33 pg/mL 수준으로 거의 존재하지 않는 것으로 나타났다(Fig. 2). Eriksson 등(1998)은 6두의 비유 후기 에어셔(Airshire) 종에 있어 원유 내 멜라토닌 함량은 낮 착유 원유가 12±5 pg/mL로 나타난 반면, 야간 착유 원유의 경우 26±7 pg/mL로 높게 나타나, 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

사람에 있어서도 멜라토닌 함량에 있어 일주기성이 보고된 바, Illnerova(1993) 등은 10명의 경산모를 대상으로 혈장 및 인유 내 멜라토닌 함량을 측정한 결과, 오후 2시부터 오후 5시까지의 샘플에서는 측정 한계치 이하로 존재하다가 새벽

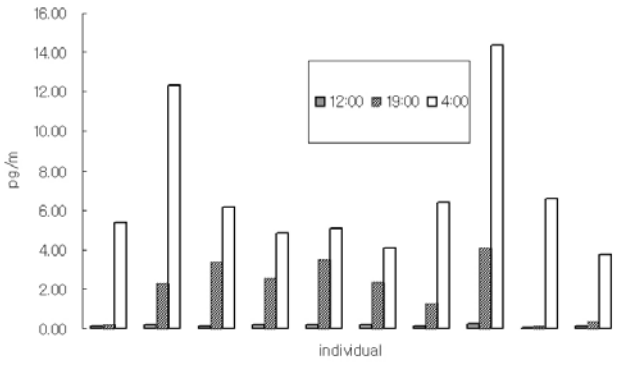

Fig. 1. Mean melatonin contents of ten individual raw milk samples according to the different milking times in farm A(n=30).

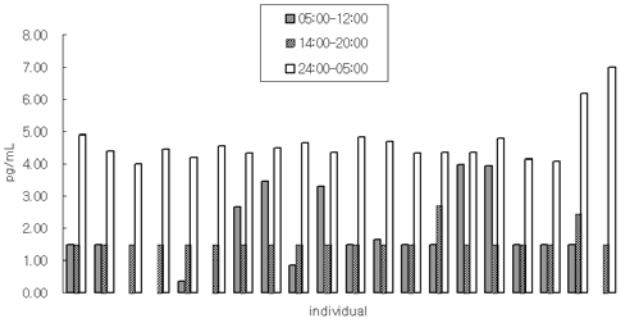

Fig. 2. Mean melatonin contents of twenty individual raw milk samples according to the different milking times in farm B(n=56).

2시부터 5시 사이의 샘플에서는 각각 280±34 pmol/L 및 99±26 pmol/L의 농도로 분포한다고 하였다.

2. 일반 유제품 및 야간 착유 제품(나이트 밀크) 내 멜라토닌 함량 비교

일본에서 시판 중인 4개사의 일반 살균 유제품과 2개사의 나이트 밀크 3종 제품(살균유 2종 및 멸균유 1종)을 대상으로 멜라토닌 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 일반 살균 유제품의 경우, 1.19±0.04~1.56±0.37 pg/mL의 범위로 분포한 반면, 나이트 밀크 제품의 경우, 6.86±0.19~8.02±0.95 pg/mL 약 5배 이상 나이트 밀크 제품 내 멜라토닌 함량이 더 높은 것으로 나타났다. 특기할 만한 점은 극심한 열처리 조건인 멸균 제품에서도 그 활성이 떨어지지 않는 결과를 보였다는 것이다. 본 결과를 입증해 주는 다른 연구 결과는 극히 제한적인데, Sankaran 등(1978)은 젖소의 송과선에서 멜라토닌 합성에 관여하는 효소인 c-AMP phosphodiesterase의 경우, 저 분자량 형태의 열 안정성이 큰 것으로 보고하였고, Yang 등(1977)은 육우와 쥐의 송과선의 phosphoprotein phosphatase의 활성을 조절하는 열 안정성을 가지는 인자는 단백질이며, 이것이 멜라토닌 자체의 열 안정성에도 영향을 미치는지는 알려져 있지 않다.

3. 우유 제조 단계별 멜라토닌 활성 변화

원유를 이용하여 균질 및 열처리 조건에 따른 멜라토닌 활성 변화를 조사한 결과는 Table 2에 나타내었다. 균질 및 열처리(살균) 공정 중에 멜라토닌의 손실 발생 현상을 관찰할 수 없었으며, 공장별 시유 및 멸균유 제품의 경우도 1.15±0.32~1.35±0.30 pg/mL로 모든 샘플에서 검출 한계 이하 수준으로 존재하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 일반 우유 제품 내 멜라토닌 함량은 새벽 착유 원유 및 일본의 나이트 밀크 제품보다 크게 낮은 결과를 보인 점으로 미루어, 멜라토닌 함량이 높은 우유의 생산은 착유 시간이 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있었다.

요 약

본 연구는 숙면 유도 호르몬으로 알려진 멜라토닌의 원유 및 유제품 내 함량을 방사면역측정법으로 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 착유 시간에 따른 멜라토닌 함량은 새벽 4시에 착유한 원유 샘플의 멜라토닌 함량이 평균 6.90±3.55 pg/mL로 나타났으며, 저녁 7시 및 낮 12시 착유 원유 샘플은 각각 2.01±1.47 pg/mL와 0.16±0.04 pg/mL로 나타나 새벽 착유 원유 내 멜라토닌 함량이 유의적으로 높은 결과를 나타내었으며, 이는 로봇 착유기를 사용하는 농가에서도 심야 및 새벽 착유 원유에서 멜라토닌 함량이 가장 높게 나타나 2개 목장 모두 비슷한 결과를 나타내었다.
2. 일반 우유 제품과 나이트 밀크 제품 간 멜라토닌 함량 비교 시, 나이트 밀크의 멜라토닌 함량이 약 5배 정도 높은 결과를 보였다.
3. 일반 우유를 대상으로 원유, 균질 및 살균 등의 공정이 멜라토닌 함량에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 그 수준은 매우 낮은 농도로 존재하였다.

참고문헌

1. Eriksson, L., Valtonen, M., Laitinen, J. T., Paananen, M. and Kaikkonen, M. 1998. Diurnal rhythm of melatonin in bovine milk: pharmacokinetics of exogenous melatonin in lactating

Table 1. Melatonin contents of common and night milk products made from Japan(n=14)

Products	A[2)]	B	C	D	E	F	G
Melatonin contents (pg/mL)	1.56[1)]±0.37[b]	1.19±0.04[b]	1.54±0.12[b]	1.23±0.25[b]	6.86±0.19[a]	8.02±0.95[a]	7.01±0.35[a]

[1)] Mean±SD, [2)] A, B, C, D: Common milk products, E, F, G: Night milk products.
Different letter superscripts indicate differences at $p<0.05$.

Table 2. Melatonin contents of milk according to the different dairy processes(n=59)

Treatment	A[2)]	B	C	D	E	F	G
Melatonin content (pg/mL)	0.45[1)]±0.31	0.28±0.15	0.87±0.24	1.05±0.23	1.20±0.35	1.35±0.30	1.15±0.32

[1)] Mean±SD, [2)] A: Raw milk, B: homogenized milk(75℃, 150 bar), C: Heating at 65℃ for 30 min, D: Heating at 85℃ for 30 min, E: Market milk(plant A), F: Market milk(plant B), G: Sterilized milk(plant C).

cows and goats. Acta. Vet. Scand. 39(3):301-310.
2. Yang, H. Y. T., Costa, E., Majane, E. A. and Hong, J. 1977. Phosphoprotein phosphatase of pineal gland: some properties of the enzyme and the identification of an endogenous activator. Journal of Neurochemistry 28(5):1075-1080.
3. Helena Illnerová, Milena Burešová and Jiří Presl. 1993. Melatonin rhythm in human milk. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 77(3):838-841.
4. Zhdanova, Irina V., Wurtman, Richard J., Regan, Meredith M., Taylor, Judith A., Shi, Jian Ping and Leclair, Ojingwa U. 2001. Melatonin treatment for age-related insomnia. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 86(10): 4727-4730.
5. Cos Samuel, Gonzlez Alicia, Martnez-Campa Carlos, Mediavilla Maria Dolores, Alonso-Gonzlez Carolina and Snchez-Barcel Emilio J. 2006. Estrogen-signaling pathway: A link between breast cancer and melatonin oncostatic actions. Cancer Detection and Prevention 30:118-128.
6. Sankaran, K., Hanbauer, I. and Lovenberg, W. 1978. Heat-stable low molecular weight form of phosphodiesterases from bovine pineal gland. Biochemistry 75(7):3188-3191.
7. SAS. 1999. SAS/STAT Software. Release8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
8. Waldhauser, F., Weiszenbacher, G., Frisch, H., Zeithuber, U., Waldhauser, M., Wurtman, R. J., *et al*. 1984. Fall in nocturanl serum melatonin during prepuberty and pubscence. Lancet 1:362-365.
9. 박남철. 2003. 남성갱년기장애 치료의 호르몬요법. 대한비뇨기과학회지 44(12):1191-1202.
10. 오한진. 2003. 노화와 비만치료에 대한 최신지견. 메디칼업저버 13.