HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	放牧飼養による生産乳の揮発性成分の特徴と乳中揮発性成分をマーカーとしたトレーサビリティの確立に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	上田, 靖子
Citation	北海道大学. 博士(農学) 乙第6987号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/61809
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Yasuko_Ueda_abstract.pdf (論文内容の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博　士（農学）　　氏名　上　田　靖　子

学 位 論 文 題 名

放牧飼養による生産乳の揮発性成分の特徴と乳中揮発性成分をマーカーとした
トレーサビリティの確立に関する研究

我が国の畜産業においては、飼料自給率の向上が強く求められている。酪農経営における放牧飼養はその有効な対策の一つとなることから、2009 年には日本草地畜産種子協会によって放牧畜産認証制度が施行されている。一方で、消費者に向けたアンケート調査によると牛乳の産地や飼養方法に対する関心は高く、放牧飼養で生産された牛乳へのニーズも高いことが示されている。しかしながら、放牧飼養によって生産された「放牧牛乳」の特徴を、消費者は必ずしも認識できているとは言えない。特に香りの要素は牛乳の嗜好を左右するフレーバーを決定するが、それを構成する揮発性成分についての国内外の研究はほとんどない。数少ない研究例のうち、ヨーロッパにおける研究では、自然草地に放牧した乳牛の乳中揮発性成分は、採食植物の特徴を反映する結果が示されている。このように放牧時の牛乳中に含まれる揮発性成分を特定できれば、放牧牛乳のトレーサビリティのマーカーとして使用できるだろう。また、放牧草の摂取量に応じて、その含有量が変動すれば、生産した放牧牛乳に放牧依存度を付与して消費者に提供することも可能となると思われる。しかし、わが国において行われているような改良草地において放牧される乳牛の乳中揮発性成分の特徴を同定した研究例はない。

本研究では、最初に、放牧期と非放牧期の牛乳中の揮発性成分を比較することで放牧牛乳に特徴的な成分を明らかにし(試験 1 および 2)、その上で、放牧牛乳に特徴的な成分と放牧草摂取量との関係を検討した(試験 3 および 4)。さらに、試験 5 では、放牧牛乳中の揮発性成分をマーカーとして用いた放牧飼養による牛乳のトレーサビリティの可能性について検討した。

１）試験 1 では、ホルスタイン種泌乳牛群をコーンサイレージまたはグラスサイレージを主体とする飼料（非放牧期）もしくはペレニアルライグラス草地での放牧主体（放牧期）で飼養し、それらのバルク乳揮発性成分を比較した。揮発性成分は水蒸気蒸留法によって捕集し、ガスクロマトグラフィー分析を行って、23 成分を分離同定した。その結果、放牧期は非放牧期よりもγ-ドデカラクトンが低く、1-フィテンおよびネオフィタジエンの含量が高いことが明らかとなった。さらに、試験 2 では、試験 1 と同様の飼料および草地を用いて、冬季は舎飼飼養、夏季は放牧飼養を行ったホルスタイン種泌乳牛群における年間を通したバルク乳の揮発性成分の変化を検討した。その結果、1-フィテンおよび 2-フィテンの含量は放牧期間中に高値を維持した。これらの結果から、1-フィテン、2-フィテン、ネオフィタジエンを含むジテルペノイド類は、放牧牛乳を特徴付ける揮発性成分であることが明確となった。

２）試験 3 では、放牧草の食草量と放牧牛乳に特徴的な揮発性成分との関係を明らかとするために、1 日の放牧時間と乳中揮発性成分含量との関係を検討した。ホルスタイン種泌乳牛 8 頭を用い、グラスサイレージを主体飼料とする舎飼期およびメドウフェスク草地への 1 日あたりの放牧時間を 4，8，20 時間とする 4 試験区を設けて、牛乳中の揮発性成分を比較した。供試牛の首輪に装着した加速度計の活動レベル値から、食草時間と食草量を推定した。その結果、4，8，20 時間放牧区における食草時間はそれぞれ 143，291，438 分/日であり、乾物食草量は 4.3，8.6，13.0 kg/

日であった。また、牛乳中の 1-フィテンおよび 2-フィテンの含量は、舎飼区が最も低く、放牧時間の増加に伴って高くなった。この含量の増加は、2-フィテンよりも 1-フィテンにおいて顕著であった。1-フィテン含量は 8 時間区と 20 時間放牧区の両区において舎飼区との間に有意差が確認されたものの、2-フィテンについては舎飼区との差は 20 時間区においてのみ有意であった。さらに、各個体の食草量と乳中 1-フィテン含量の相関を分析したところ、両者の間には強い正の相関（r=0.807）が確認された。これらの結果から、1 日 8 時間以上の放牧を行い乳牛が乾物 8kg 以上の放牧草を食草すれば乳中 1-フィテン含量を用いて放牧飼養と舎飼飼養による牛乳を区別することが可能であることが明らかとなり、食草量の増加に伴い増加する乳中の 1-フィテン含量は放牧牛乳を生産する乳牛の放牧依存度の量的指標となり得ることが示唆された。

３）試験 4 では、乳中 1-フィテンを放牧牛乳のトレーサビリティのマーカーとして用いることを想定し、放牧飼養から舎飼飼養、あるいは舎飼飼養から放牧飼養への移行期における乳中 1-フィテン含量の変化を検討した。ホルスタイン種泌乳牛 6 頭を、グラスサイレージ主体飼料での舎飼養群と 1 日 20 時間のメドウフェスク草地での昼夜放牧群に分け 2 週間飼養した。その後、舎飼群は放牧飼養に、放牧飼養群は舎飼飼養に、切り替えた。飼養方法の切り替え 0，3，5，8，11，14 日後の牛乳について 1-フィテン含量の変化を検討した。切り替え後の放牧飼養時の食草時間は 464.6 分/日であり、食草量は 15.5kg/日であった。舎飼飼養群の放牧飼養への切り替えにより、乳中の 1-フィテン含量は急増し、切り替え 3 日目以降で 0 日目に対して有意に高まった。一方、放牧飼養群の舎飼飼養への切り替えにより、乳中の 1-フィテン含量は切り替え 0 日目に比べて 3 日目には有意に低くなり、その後 14 日目まで低値を維持した。これらの結果から、乳中 1-フィテン含量は放牧飼養の開始と終了に迅速かつ明確に反応することが明らかになり、舎飼と放牧の飼養方法が入れ替わる移行期にも対応する放牧牛乳のマーカーとして有効であると考えられた。

４）試験 3 および 4 の結果より、乳中 1-フィテンは放牧草の食草量に伴って増加するものの、舎飼飼養下の牛乳にも含まれており、4 時間放牧との間に有意差がなかったことから、放牧時間が短い場合は 1-フィテン含量では舎飼区と区別を付けることが不可能であった。このため、試験 5 では、1-フィテンに加えそれ以外の揮発性成分を用いることにより、放牧牛乳と舎飼による牛乳の判別精度を上げる方法について検討した。ホルスタイン種泌乳牛延べ 62 頭（舎飼飼養: 20 頭, 4 時間放牧: 14 頭, 8 時間放牧: 8 頭, 20 時間放牧: 20 頭）のデータを用いて解析した。食草量とそれぞれの揮発性成分との単相関は、オクタナール、1-フィテン、ネオフィタジエン、2-フィテンに有意な正の相関、γ-ドデカラクトンおよびδ-ドデカラクトンに有意な負の相関が認められた。また、放牧牛乳の判別要因として用いる揮発性成分を選別するために、28 種類の揮発性成分を説明変数とし、食草量を目的変数とする PLS 解析を行った結果、1-フィテン(+3.747)、γ-ドデカラクトン(-1.989)、2-フィテン(+1.982)、ネオフィタジエン（-1.792）、δ-ドデカラクトン(-1.418)、2-ペンタデカノン(-1.394)の順に変数重要度が高かった。これらを順番に組み込んで判別分析を行うと、1-フィテンのみを用いた場合は判別率が 83.87%であったのに対し、δ-ドデカラクトンまでの 5 成分を用いることにより、93.55%まで高まることが明らかとなった。

以上の結果から、乳中の揮発性成分のうち、1-フィテンは放牧牛乳を特徴付ける成分であることを明確にした。さらに、乳中の 1-フィテン含量は放牧時間や食草量に伴って増加することを示し、舎飼飼養との切り替えに対する乳中への移行の消長も顕著であることを明らかにした。これらの成果をもとに、1-フィテンを含む 5 つの揮発性成分を説明変数とする判別分析を行った結果、放牧牛乳と舎飼飼養牛乳を 93.55%の高い確率で区別できることが明確となり、放牧牛乳中の 1-フィテンを中心とする揮発成分をマーカーとして用いれば、放牧飼養による生産乳のトレーサビリティが可能であることが示唆された。