

# 海洋深層水を添加した原料乳による ゴードチーズ及びヨーグルトの性質（予報）

Preliminary study on the quality of Gouda cheese and yogurt made  
from raw milk mixed with deep seawater

田村 吉史<sup>1</sup>, 田中 常雄<sup>1</sup>, 佐々木章晴<sup>2</sup>, 渡邊 徹<sup>3</sup>, 高松 賢一<sup>3</sup>

Yoshifumi TAMURA, Tsuneo TANAKA, Akiharu SASAKI,  
Tohru WATANABE and Kenichi TAKAMATSU

## Abstract

Around Rausu Town, where deep seawater (DSW) has been pumped since 1995 (in full-scale since 2005), local brand of cheese production has been traditionally popular because cattle breeding is a big business. As application of DSW has produced many characteristic products (particularly fermented ones such as soy bean sauce or paste) in other DSW-facilitated areas, the authors made Gouda cheese and yogurt from low milk with deep seawater (DSW) or concentrated DSW (c-DSW) and compared their qualities with DSW-free products. In Gouda cheese, four kinds of products were made with the combinations of low milk or that mixed with DSW (to 2% of the total volume) x c-DSW or saltwater as brine. All of the products were vacuum-packed and ripened for 25 days in 4°C and 42 days in 10°C. Among the four products, no significant difference was detected in the percentage of water soluble nitrogen per total nitrogen. When (c-) DSW was added to both low milk and brine, the free amino acid content was higher than DSW-free product. Surface of the cheese with a brine of c-DSW melt. Yogurt was made by mixture of a lactobacillus starter and fermentation at 42°C for 6 hours after adding DSW (to 0, 2, or 4% of the total volume) to sterilized and chilled 10% skim milk solution. Yogurt containing DSW showed some trends of decrease in pH, increase in acidity and the number of lactobacillus. Regretfully, little improvement was achieved by adding DSW to both Gouda cheese and yogurt in sensory test. Particularly c-DSW made the product bitter when it was used as brine.

**Key Words:** Deep seawater, Gouda cheese, Yogurt, Lactic acid bacteria, Fermentation

## 要 旨

羅臼町で取水された海洋深層水やその濃縮塩水を用いてゴードチーズとヨーグルトを試作し不用品と比較した。ゴードチーズでは、深層水2%添加または無添加の原料乳に通常の食塩水または海洋深層水濃縮塩水をブラインとした4種類の製品を、真空包装後、熟成（4°Cで25日間の後、8°Cで42日間）させた。各製品間には原料乳熟成率（水溶性窒素量/全窒素量）やTCA可溶性窒素量/全窒素量比に明瞭な差はなかった。海洋深層水を原料乳とブラインの両方に使用すると、不用品に比べて熟成中の遊離アミノ酸の生成量が多くなる傾向がみられたが、ブラインに海洋深層水濃縮塩水を使用するとチーズ表面が溶解した。ヨーグルトは、0、2ないし4%深層水を混合し

<sup>1</sup>北海道立食品加工研究センター（〒069-0836 北海道江別市文京台緑町 589-4）

<sup>2</sup>北海道中標津農業高校（〒088-2682 北海道標津郡中標津町計根別南 2条西 1丁目 1-1）

（現所属：当別高校 〒061-0232 北海道石狩郡当別町春日町 84-4）

<sup>3</sup>羅臼町役場（〒086-1892 北海道目梨郡羅臼町栄町 100 番地 83）

滅菌・冷却した 10% スキムミルク溶液に乳酸菌スターターを混合し、42℃で 6 時間発酵させて作製した。深層水を添加したヨーグルトでは、明瞭ではないが、pH 低下、酸度上昇及び乳酸菌増殖の傾向が認められた。

**キーワード：**海洋深層水，ゴーダチーズ，ヨーグルト，乳酸菌，発酵

## 1. 緒 言

北海道における海洋深層水（以下、深層水）の利用への取り組みは、1995 年に始まり、羅臼町では、1999 年に道内初の陸上取水型施設（毎分約 40 リットル）を設置し、2005 年には本格的取水施設（4,560 トン／日）が稼働している。海洋深層水は大部分が水産施設への利用であるが、食品加工への利用方法も各地で検討されている（伊藤，1999；伊藤，2001；佐々木，2002；北村ら，2003）。羅臼町周辺の根釧地域では、農家チーズを始めとした小規模乳製品ブランドが密かなブームとなっている。この動きを一過性のブームに終わらせず、地元の産業として育てていくために、高品質化・差別化された独自の製品開発が期待されている。これまでに、深層水を清酒、醤油、味噌などの発酵食品へ利用した場合には従来品と比べて熟成傾向に違いが生じ（田中ら，2000；久武ら，1999；久武ら，2000）、深層水中の微量な無機成分、特に、Ca 及び Mg が微生物の成育を促進している可能性も示されている（森山・上東，2001）ことから、発酵乳製品にも深層水の活用が期待されるが、これまで、深層水を乳製品、特に発酵乳製品に添加した場合の影響についてはあまり検討されていない。そこで、今回、1 サンプルずつではあるが、海洋深層水を添加した原料乳を用いてゴーダチーズとヨーグルトを製造し、発酵への影響を検討したので報告する。

した後、32℃まで冷却し、乳酸菌スターターを 1 % 添加した。30 分後に凝乳酵素であるレンネットを 0.03% 加え、さらに 30 分静置し、凝乳（カード）が適度な硬さになった後、約 5 mm 角にカットし、乳清（ホエー）を排除した。温水による加熱を行いながら、さらにホエー排除を進め、カードを型（モールド）に詰め圧搾し固めた。固まったカードは塩水ブラインに浸漬して加塩し、4℃で熟成した（林，1977）。供試チーズは 200 g 程度の大きさであり、熟成が早く進むことが予想されたことから、本試験では熟成温度を低く設定した。また、海洋深層水の添加量は、牛乳の希釈を少なくするため、本試験では乳酸菌スターターの倍量である 2 % に設定した。

試験区分は、表 1 に示したように、深層水を 2 % 混合した原料乳を使用し、ブラインに海洋深層水濃縮塩水を用いた試験区 A、深層水を 2 % 混合した原料乳使用し、ブラインに通常塩水を用いた試験区 B、通常原料乳を使用し、ブラインに深層水濃縮塩水を用いた試験区 C、通常原料乳使用し、ブラインに通常塩水を用いた試験区 D の 4 試験区を設定した。深層水及び深層水濃縮塩水は羅臼町より入手し、このうち深層水濃縮塩水は、脱塩深層水の製造時に副次的に排出され、塩分を 5 % 含んでいる。ブラインには、並塩を用いて塩分を 20 %、クエン酸を添加し pH 4.0 に調製して使用した。各条件で試作されたチーズは真空包装し熟成（4℃，25 日間後，8℃，

## 2. 材料と方法

### ①試 料

ゴーダチーズは定法（林，1977）に準拠し作成した。すなわち、生乳を低温殺菌（65℃，30 分）

表 1 試作チーズの試験区分

| 区 分   | 原 料 乳        | ブライン     |
|-------|--------------|----------|
| 試験区 A | 海洋深層水 2 % 添加 | 海洋深層濃縮塩水 |
| 試験区 B | 海洋深層水 2 % 添加 | 通常塩水     |
| 試験区 C | 無 添 加        | 海洋深層濃縮塩水 |
| 試験区 D | 無 添 加        | 通常塩水     |

42 日間) した。

ヨーグルトは、0, 2, 4 %の海洋深層水を混合した10%スキムミルク溶液を作製し、オートクレーブにより滅菌(121℃, 15 分)した後、直ちに42℃まで冷却した。この中に下記乳酸菌スターターを添加混合し、42℃に設定した孵卵器により6時間発酵させた。

乳酸菌スターターとしては、クリスチャンハンセン社(デンマーク)のフリーズドライダイレクトセットバットスターターTCC-4を用いた。TCC-4は高温系のスターターカルチャーで、イタリア系のチーズに主に用いられているものである。*Streptococcus thermophilus* と *Lactobacillus delbrukii* subsp. *bulgaricus* の混合スターターであり、ヨーグルトと同じ菌種であることから、ヨーグルトの製造にも用いられている。フリーズドライダイレクトセットバットスターターは1ユニットで10Lの牛乳に対して用いられ、今回はこの割合から算出した量を滅菌スキムミルクに添加した。

## ②チーズの全窒素の定量

試料チーズ約0.5 gを精秤し、窒素量をケルダール法で測定した。

## ③チーズの水溶性窒素量(非カゼイン窒素)及びTCA可溶性窒素量(非タンパク態窒素量)

水溶性窒素量及びTCA可溶性窒素量は岡崎らの方法に準じて測定した(岡崎ら, 1999)。すなわち、水溶性窒素量の場合、試料チーズ約10 gを精秤し、50℃の温水約75 mlを加えてエクセルオートホモゲナイザー(株式会社日本精機製作所)で磨砕し、磨砕物は50℃の温水浴で保温した後、混合しながら1N塩酸を加えてpH 4.4に調整し、次いで、生じた沈殿物を東洋濾紙 No. 2 で濾別し、濾液を100 mlに定容し、その窒素量をケルダール法で測定した。TCA可溶性窒素量の場合、上記水溶性窒素量分析用試料(100 ml定容時のもの)の10 mlに24%TCA(トリクロロ酢酸)溶液を10 ml加えて混合・放置し、生じた沈殿物を東洋濾紙 No. 5 A で濾過して、その濾液中の窒素量をケルダール法で測定した。

## ④チーズの遊離アミノ酸組成

③の水溶性窒素量分析用試料(100 ml定容のもの)の0.75 mlに5%TCA溶液を0.75 ml加えて混合・放置し、遠心分離(8,000 g, 10 分間)して固形物を除去した後、上澄み液を0.2 µmのフィルターを通し日立アミノ酸自動分析計(L8800型)により定量した。

## ⑤ヨーグルトのpH及び乳酸酸度

pHは直接pH電極を発酵過程のヨーグルトに差し込んで測定した。乳酸酸度(%)は試料10 gを秤取し、指示薬としてフェノールフタレインを数滴加え、NaOH(0.1N)により滴定を行い、微紅色が30秒間消失しない点を終点とし、これに要した0.1N NaOHのml数より試料100 g当たりの酸度(%)として算出した(日本薬学会編, 1999)。

## ⑥ヨーグルトの乳酸菌数

BCP加プレートカウント寒天培地(日水製薬株式会社製)を用い、37℃2日間培養後、黄変したコロニーの数をカウントし、乳酸菌数とした。

## ⑦官能評価

北海道立食品加工研究センター職員20名により実施した。チーズは熟成期間67日目の試料、ヨーグルトは発酵終了後の試料を用い、いずれも冷蔵庫で1晩冷却した後、色調、香気、味、食感及び総合判定を5点法(5:好ましい~1:好ましくない)で官能評価した。

なお、今回作成したチーズおよびヨーグルトは各試験区分で1サンプルずつしか作成していないので、以下、予報として報告する。

# 3. 結 果

## 3.1 ゴーダチーズ

熟成期間中におけるチーズの水溶性窒素量の全窒素量に対する比、すなわち熟成率(中江, 1988)を図1に示した。熟成0日目には3.5~3.9%であった値が、熟成67日目では11.5~12.9%まで変化していた。測定最終日の熟成67日目では試験区A及びBの熟成率が高かったが、熟成途中では値が交錯しており、試験区による違いは明確ではなかった。

TCA 可溶性窒素量の全窒素量に対する比を図2に示した。熟成0日目には2.4~2.5%であった値が、熟成67日目では6.9~7.7%まで変化したのに留まり、変化は予想より小さかった。熟成67日目では、熟成率同様、試験区A及びBの値が高かったが、熟成途中では同様に交錯しており、試験区による違いは明確ではなかった。

各試験区(A~D)の熟成期間中の遊離アミノ酸は熟成と共に増加した。熟成中のアミノ酸組成の変化(今回は結果を示していない)をみると、グルタミン酸とロイシンの増加が顕著であり、その傾向は

全試験区で共通していた。各試験区の熟成中のグルタミン酸の変化を図3に、遊離アミノ酸量の変化を図4に示した。いずれの試験区においても製造時に12 mg/100 g 程度であったグルタミン酸は、67日目まで試験区Aが最も多い含量で推移し、試験区Dが最も低い含量で推移した。グルタミン酸、遊離アミノ酸量のいずれにおいても、試験区BとCは、試験区AとDの間を交錯しながら増加した。

官能評価の結果、総じて評価は低く、その中では試験区Dの評価がやや高かった。試験区Aでは苦いと評価したパネラーが多かった(表2)。

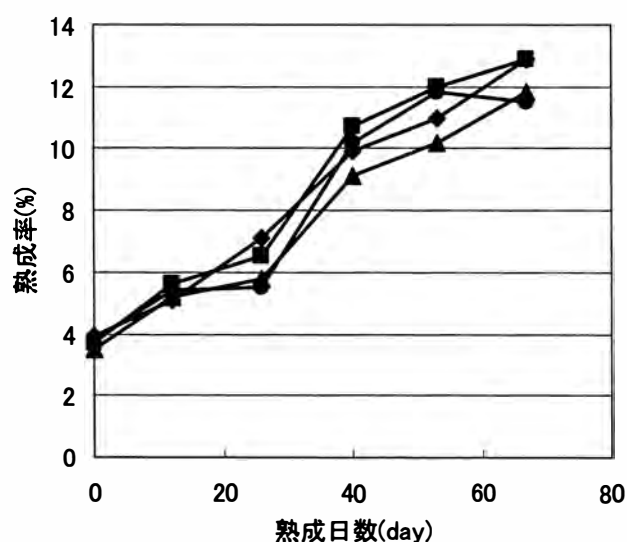


図1 試作チーズの水溶性窒素/全窒素(熟成率)の変化  
—◆—: 試験区A, —■—: 試験区B,  
—▲—: 試験区C, —●—: 試験区D

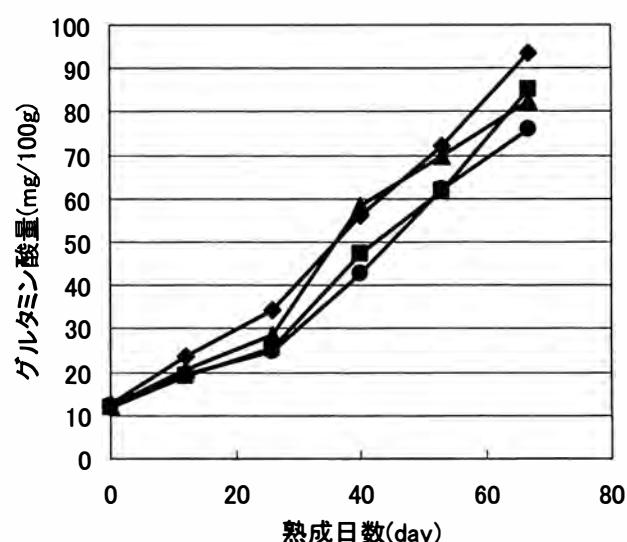


図3 試作チーズの熟成中のグルタミン酸量の変化  
凡例は図1と同じ

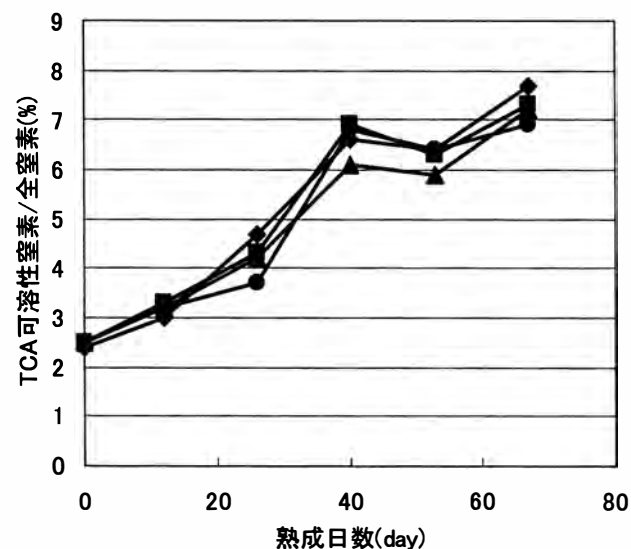


図2 試作チーズのTCA可溶性窒素/全窒素の変化  
凡例は図1と同じ

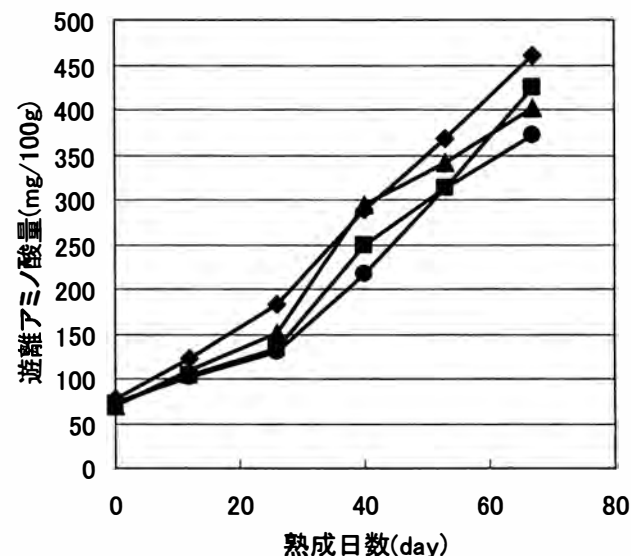


図4 試作チーズの熟成中の遊離アミノ酸量の変化  
凡例は図1と同じ

表2 試作チーズの官能評価結果

| 色 調 |     |     |     | 香 気 |     |     |     | 味   |     |     |     | 食 感 |     |     |     | 総 合 |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A   | B   | C   | D   | A   | B   | C   | D   | A   | B   | C   | D   | A   | B   | C   | D   | A   | B   | C   | D   |
| 3.4 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 2.7 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 2.5 | 2.6 | 3.1 | 3.5 | 2.6 | 2.7 | 3.3 | 3.4 | 2.6 | 2.5 | 2.9 | 3.2 |

5：好ましい～1：好ましくない

コメント A 苦い(5) 美味しい 後味が薬臭い モチモチしすぎる  
 B 苦い(3) 薬臭い(2) Aより劣る 旨味うすい  
 C 苦い(2) 薬臭い(2) 味うすい  
 D やや苦い(2) 薬臭い(2) チーズらしい やや味うすい

### 3.2 ヨーグルト

発酵中のヨーグルトの pH は、海洋深層水の添加量が増すと pH が低下していくまでの時間が短い傾向にあったが、各試験区間の差は小さく、6 時間後にはほぼ同じ水準まで低下した(図5)。乳酸酸度の上昇も、深層水添加区では若干早い傾向を示した(図6)。乳酸菌数は、海洋深層水添加区が発酵3 時間目頃から多くなる傾向を示し、最大菌数に達するのが約1 時間早く、2 %添加区よりも4 %添加区にこの傾向は明確に見られた(図7)。官能評価において、各試験区間でいずれの試験項目においても差異はなく、海洋深層水4 %添加区でも塩味は感じなかった(結果に差が無いいため表には示さない)。

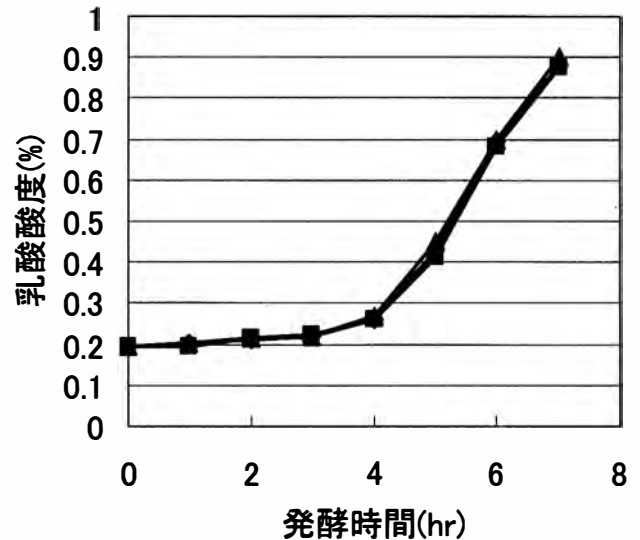


図6 試作ヨーグルトの酸度変化  
凡例は図5と同じ

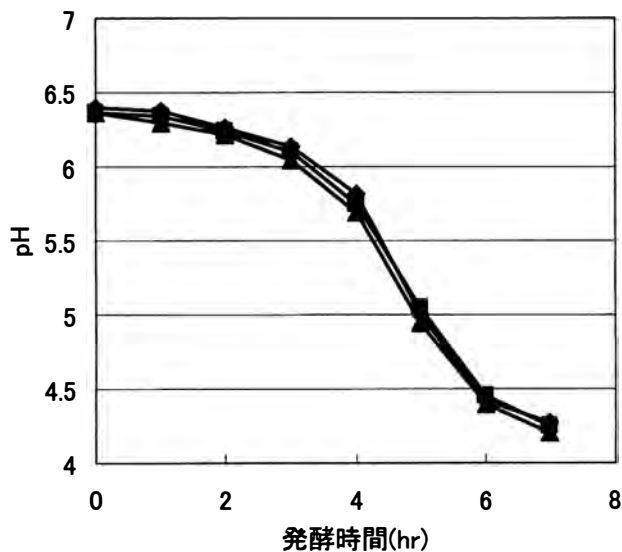


図5 試作ヨーグルトの pH 変化  
 —◇—：海洋深層水無添加，—■—：海洋深層水2 %添加，—▲—：海洋深層水4 %添加

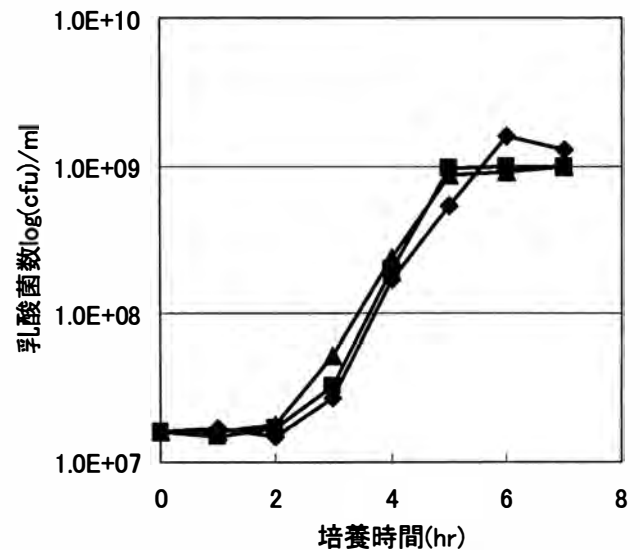


図7 試作ヨーグルトの乳酸菌数の変化  
凡例は図5と同じ

## 4. 考 察

### 4.1 ゴーダチーズ

ゴーダチーズの熟成率（熟成4ヶ月）は約30%であるといわれ（林, 1977）, 岡崎ら（1996）によると, 8℃で120日間熟成を行った場合, 初期4%から30日目に13%, 60日目に23%, 90日目に24%, 120日目に27%に上昇している。彼らの試験において, 熟成率は, 60日までは直線的に上昇し, その後緩やかに上昇していることから, 熟成初期の変化が重要であると考えられる。本試験で作成したチーズの熟成率も, 直線的に増加しているが, いずれの試験区も67日目で12%程度であり, 熟成が遅れている。初期の熟成温度が4℃であったことによる熟成の遅れと考えられ, 通常熟成の50%の熟成率の状態と考えられる。TCA可溶性窒素量は, 水溶性タンパク質よりもさらに分解が進んでいることを示しているが, この比も熟成率同様にはば50%であり, この比からも熟成が遅れていることが推察される。熟成期間中の熟成率, TCA可溶性窒素量の比は交錯しているが, 原料乳への添加及びブラインに海洋深層水濃縮塩水を用いている試験区Aが高い状態を示す場合が多く, 熟成の進行に伴って差が広がった可能性もある。実際に, 個々の遊離アミノ酸値はいずれも上昇し, うま味を示すグルタミン酸値においても, 遊離アミノ酸量においても試験区Aが高い値を示している。これらのことから, 海洋深層水がチーズの熟成に影響を与えている可能性は高いと考えられる。

チーズ中のタンパク質の分解には, レンネットばかりでなく乳酸菌も関与していることから, 海洋深層水がチーズ中の乳酸菌の生育に関与している可能性が推測される。原料乳に海洋深層水を添加した場合, 製造工程でホエーとして約90%が除去されることから, 海洋深層水中のミネラルも同じ比率で失われていると考えられる。そのため, 原料乳に海洋深層水を2%添加すると, 熟成中に関与する海洋深層水成分は0.2%程となり, 影響は少ないかもしれないが, 一方で, チーズ中に均一に含まれることから, 熟成が均一化することも考えられる。ブライン

に海洋深層水を用いる場合は, 表面から高濃度でチーズ内部に浸透するため, より多く塩類が取り込まれると考えられ, 海洋深層水の与える影響は大きいことが予想される。本試験では, 原料乳に添加する場合とブラインで使用する場合とで, どちらがより有効であるかは明確でなかったが, さらに熟成が進めば差異が広がり, 添加方法による違いが明確になったかもしれない。

官能評価では, 熟成率がまだ低くチーズとして若いいため, 総じて評価は低く, 試験区Aで苦いと評価したパネラーが多かった。この原因は, 乳たんぱく質の分解による苦味ペプチドだけでなく, 海洋深層水由来のマグネシウムによるえぐ味の影響も考えられる。そのため, チーズに海洋深層水を使う場合は, 適正な使用方法や濃度を考慮する必要がある。また, 試作作業の中で, ブラインに海洋深層水濃縮塩水を使用するとチーズ表面がヌルヌルするという現象が見られた。本試験で用いた羅臼町の海洋深層濃縮塩水はpH 8.1で, そのままではカゼインが溶解し易いため, クエン酸によりpH調整を行った。この時にブラインのpHをpH 4.0まで低下させてしまったため, カードの脂肪保持が悪くなり脂肪が表面に露出し, カード表面がヌルヌルしたと考えられる（国産ナチュラルチーズ製造技術マニュアル作成委員会, 1995）。海洋深層水濃縮塩水をブラインに使用する場合はpH調整に注意する必要がある。

### 4.2 ヨーグルト

ヨーグルト発酵では, 海洋深層水の添加量が増加すると発酵中のヨーグルトのpHが若干早く低下し, 酸度は若干早く増加した。また, 乳酸菌数は, 海洋深層水添加区の方が発酵3時間目当たりから菌数が多い傾向を示し, 最大菌数に達するのが約1時間早かった。この変化は, 2%の添加区よりも4%の添加区で明確に見られた。森山ら（2001）の醤油醸造用微生物に対する深層水の影響と同様に, ヨーグルト発酵においても, 海洋深層水の添加により乳酸菌の増殖が早められていると推察された。乳酸菌数の増加が早いことは製造時間の短縮に繋がる可能性が考えられるが, 本試験では明らかな結果ではなかつ

た。官能評価においては、海洋深層水を添加したヨーグルトと無添加ヨーグルト間に風味の差はなく、4%の添加であってもほとんど風味に差異は生じなかった。海洋深層水を4%添加しても風味に影響がないことから、さらに添加量を増やせる可能性がある。今後、初発添加菌数を減らした上で海洋深層水の添加量を増加させれば、ヨーグルト製造への影響を明確にすることが出来るかもしれない。

## 文 献

- 林 弘通 (1977) 乳業技術総典上巻. 酪農技術普及学会, 東京, pp. 155-157 及び p. 163.
- 久武睦夫・上東治彦・森山洋憲・鶴田 望 (1999) 海洋深層水の発酵食品への利用ーミネラル成分の作用と効果ー. 食の科学, 258, 32-39.
- 久武睦夫・上東治彦・森山洋憲・鶴田 望 (2000) 海洋深層水の発酵食品への利用と効果. 日本醸造協会誌, 95, 478-484.
- 国産ナチュラルチーズ製造技術マニュアル作成委員会 (1995) ナチュラルチーズ製造マニュアル 第5集 選りすぐれた品質を求めて(3) エメンタールチーズ モツァレラチーズ クアルク. 財団法人 蔵王酪農センター, 宮城県, p. 28.
- 伊藤慶明 (1999) 水産練り製品への深層水利用ー坐り・足など物性の形成に好影響ー. 食の科学, 258, 24-30.
- 伊藤慶明 (2001) 海洋深層水の食品への利用. 日本食品科学工学会第48回大会講演要旨集 (社団法人日本食品科学工学会), 29-30.
- 北村有理・墨田 隆・野村 明 (2003) 海洋深層水の食品への利用技術の開発ー膜分離により成分調整された海洋深層水の食品利用技術の開発ー. 高知県工業技術センター研究報告, 34, 37-41.
- 松田 章・中道俊久・西村芳典・道畠俊英・藤島夕喜代・沢野井康成・木水 貢・森田啓輔・中村清光 (2004) 海洋深層水利用技術開発. 石川県工業試験場報告, No. 53, 61-66.
- 森山洋憲・上東治彦 (2001) 醤油醸造微生物に及ぼす深層水の影響. 高知県工業技術センター研究報告, 32, 103-105.
- 中江利孝 (1988) 牛乳・乳製品. 株式会社養賢堂, 東京, pp. 199-201.
- 日本薬学会 (1999) 乳製品試験法・注解 (改訂第2版). 金原出版株式会社, 東京, p. 58.
- 岡崎良生・田村吉史・加藤 勲 (1999) 2種類の硬質系チーズを重ね合わせた複合型チーズの熟成中のタンパク質分解. 日食工誌, 46, 102-105.
- 岡崎良生・山下昭芳・加藤 勲 (1996) 硬質系チーズによる複合型チーズ製造. 日食工誌, 43, 756-762.
- 佐々木一 (2002) 海洋深層水の農業利用について. 北海道における海洋深層水の利活用の方向性 (北海道総合企画部科学技術振興課), 65-74.
- 田中常雄・田村吉史・大堀忠志・井上貞仁・山崎邦雄・熊林義晃 (2000) 海洋技術開発促進事業ー深層水の有効利用の研究開発ー. 北海道立食品加工研究センター平成12年度事業報告・平成13年度事業計画, 88-89.

(2008. 7.11 受付, 2008. 9.17 受理)