

第97回化学工学北海道懇話会講演会

－チーズの製造工程に関する研修－

材料・化学系（応用化学科） 湯口 実

1. 研修日時・場所

日時 平成7年6月23日（金）

場所 よつ葉乳業（株）リサーチセンター（札幌郡広島町輪厚465-1）

2. 研修目的

化学工学の分野において専門知識を得ることは重要かつ不可欠なことであるが異なる分野においても物を製造するための基本的な知識の応用は可能と考えられる。本研修では北海道を代表する乳製品の一つであるチーズの製造工程、特に化学工学的見地と微生物の活用を考慮した製造方法、装置を見聞し知識を得ることを目的とする。

3. 研修内容

講演会の主題テーマは「チーズの製造工程」で、主催は化学工学北海道懇話会、共催は化学工学関東支部で行われた。講演1はよつ葉乳業（株）リサーチセンター所長による「チーズの製造工程について」、講演2は同主任研究員による「チーズ製造におけるアミノペプチターゼ利用の可能性」、講演3は北大農学部生物機能化学科教授による「レンネットによる牛乳のゲル化現象について」の三講演であった。講演終了後、館内の研究施設を見学した。中でも興味をひいた「チーズの製造工程について」をまとめて報告する。

表1 チーズの分類

| 分類 | 水分% | 熟成の方法 | 代表的銘柄 |
|--------|-------|-------------------------------|---|
| 軟質チーズ | >40 | 熟成させない。 カビによる熟成 細菌による熟成 | カッテージ、ヌーシャテル カマンベール、ブリー リンブルガー、リデソクラツ |
| 半硬質チーズ | 36~40 | カビによる熟成 細菌による熟成 | ロックフォール、ゴルゴン ブリック、ミュンスター |
| 硬質チーズ | 25~36 | 細菌による熟成(ガス欠有) " (ガス欠無) | エンメンタール、グリュール チェダー、エダム、ゴータ |
| 超硬質チーズ | <25 | 細菌による熟成 | サブサゴ、パルメザン、ロマノ |

乳製品の中で発酵作用を利用して作られるもっとも代表的なものはチーズである。原料、関与する微生物の種類、製造工程などを変えることにより極めて多種類のチーズが製造されているが、現在では400種のものがあるといわれている。チーズ肉質の硬軟、熟成の方法により表1のように分類される。製造工程で乳中の糖その他の可溶性成分の大部分が除かれるため、チーズは他の乳製品とは著しく異り特殊な微生物自然培養食品である。欧米諸国では古くからチーズは保存性がよい、栄養価が高い、風味がよい、運搬に便利であるなどの理由で広く賞用されてきた。わが国でも近年チーズの生産・消費は著しく増加している。

a. レンネットおよび代用凝乳酵素剤

チーズ製造原料の一つであるレンネットは哺乳中の子牛の第4胃から分泌されるタンパク凝固酵素レンニンを含む製剤で、通常生後2～5週間の子牛の胃を食塩水およびアルコールを含む水で抽出してつくる。近年チーズの生産量が増加するにつれて、レンネットは世界的にも品不足の傾向にある。これに代わる新しい凝固酵素の開発研究がなされ、最近毛カビの一種 *Mucor pusillus* がレンネットに類似した酵素を生成することが見出された。*M. pusillus* を最適条件である30℃で48～72時間コムギふすまに固体培養すると凝乳酵素の生産量は最高に達する。培養ふすまから酵素を水で抽出し、アセトンで40～60%加えて酵素を沈殿せしめ、真空乾燥してレンネット代用物とする。

b. チーズスターター

チーズ製造に使用される乳酸菌、プロピオン酸菌、青カビなどの特定微生物の培養物をチーズスターターという。チーズスターターのおもな機能をまとめると次のようになる。

- i) レンニンによるカード形成が促進される。これは生成乳酸によって原料乳内のカルシウムがイオン化されることによる。
- ii) 生成乳酸によって細断したカードからホエーの排除が促進され、そのためチーズの組織が調整される。
- iii) スターターとして添加した微生物はチーズの熟成を促進し、特徴ある風味をつくりだす。

チーズスターターとして用いられる微生物の大部分は乳酸菌に属し、その代表的菌類は低温で生育する *Str. lactis* と *Str. cremoris* である（チェダー、ゴーダ、エダムチーズ）。またスイスチーズのように比較的高温熟成型のものでは *Str. thermophilus* および *L. bulgaricus* がスターターとして用いられる。さらにスイスチーズの製造ではこれら乳酸菌のほかにプロピオン酸菌を用いる点に特徴がみられる。プロピオン酸菌は熟成中にチーズ内部で乳酸からプロピオン酸、酢酸を生成して独特の風味を与える。また発生する二酸化炭素により大きな穴を形

成し、そのためにチーズは特有の外観を呈する（エンメンタルチーズ）。

ロックフォールチーズ（青カビチーズ）は、粉碎したカードを型詰するときパン粉に培養した *Penicillium roqueforti* を添加するが、熟成中に本菌がチーズ内に増殖して青緑紋を呈する。また、他のチーズと異なりカビのリパーゼによって生成する遊離脂肪酸を多量に含み、それら脂肪酸は β 酸化を受けてメチルケトン類を生成する。このチーズ特有の刺激臭と風味はこれに由来すると考えられている。

カマンベールチーズ（白カビチーズ）は、*Penicillium camemberti* がチーズ表面に増殖して灰白色を呈し、内部は光沢あるクリーム状で、その滑らかな組織と複雑な風味がよこばれる（表面熟成チーズ）。

c. チーズの製造

62～63℃で30分低温殺菌した原料乳（牛乳あるいは羊乳・山羊乳）に乳酸菌スターター1～2%添加し、30℃で乳酸発酵をさせる。酸度が0.18～0.20%に達したらレンネットを添加してカゼインを凝固させる。生成したカゼインカードをさいの目状に細断し、ゆるやかに攪拌しつつカードの結着を防ぎながら40～43℃まで加熱する。このときカード粒が収縮して内部からホエーを排出するのでサイホンでこれを除去する。ホエーを除去した後、カード粒は互いに結着するのでこれを適当な大きさに切断して積み重ね十分にホエーを除去する。酸度が当初の5倍くらいに達したらカードを粉碎し、布を敷いた型に入れ圧搾した後食塩を加える。得られた生チーズは風味に乏しいので、5～15℃で一定期間熟成せしめた後製品化する。

チーズ熟成中の乳酸菌は、製造工程から熟成初期にかけて乳酸球菌が増殖するが、約3カ月後にはほとんど死滅する。一方、乳酸桿菌は熟成期間中生存し続け、遊離アミノ酸をよく生成するが、6カ月後にはほとんど死滅する。しかし *L. casei* のみは熟成後期においても高い生菌数を維持するといわれる。

チーズの主要成分であるタンパク質は熟成過程でレンネットと乳酸菌の各種分解酵素の作用を受けてペプチド、アミノ酸、有機物、エステルなどに変化し、独特の風味をつくりあげる。

4. 所感

講演終了後、よつ葉乳業研究所を見学したが、私にとり企業の研究施設を初めて見るのがでた。分析装置や研究環境が整備されていることを実感した。また、化学工学と微生物の活用の関わりについて少し理解できたように思われる。