

## 加熱によるカゼインのゲル化

中野智木<sup>1</sup>、竹下正彦<sup>1</sup>、有馬勇夫<sup>1</sup>、遠藤基<sup>2</sup>、佐藤薫<sup>3</sup>、谷本守正<sup>2</sup>、青木孝良<sup>4</sup>  
(<sup>1</sup>南日本酪農協同(株)、<sup>2</sup>山梨大学・院、<sup>3</sup>日獣生科大・応生、<sup>4</sup>元鹿児島大学)

【目的】 カゼイン溶液を中性付近の pH において、100°C以下で加熱してもその性状はほとんど変化しないことから、カゼインは極めて熱に安定なタンパク質とされてきた。しかし、演者らはこれまでに、酸性条件下では 80°Cでもカゼインが加熱によりゲル化することを見出している。その加熱によるカゼインのゲル化は pH や共存する塩に著しく影響を受けるなど、酸性条件下におけるカゼインの加熱に対する挙動は中性域のものとは大きく異なる。これまでにカゼインの加熱ゲルについてはほとんどデータが得られていない。そこで、本研究では酸性条件下でカゼイン懸濁液に対して熱を加えてゲル化していく際の動的粘弾性の変化と電子顕微鏡の結果から考察されるゲルの特性について報告する。

【方法】 電子顕微鏡観察は日立 S-3400N 走査型電子顕微鏡（日立 S-3400N）を用いて行なった。8%酸カゼイン懸濁液(pH2.8)の遠心分離沈殿物、および 80°Cで 15 分間加熱して形成した酸性加熱ゲルを 50%エタノールで脱水後、真空下で液体窒素に浸し凍結したものを観察した。8%酸カゼイン懸濁液(pH2.8)を二重円筒容器にセットし、動的粘弾性測定機 (Anton pear MCR302)で温度依存性の弾性率を測定した。動的粘弾性測定機を 3°Cに設定しておき、サンプルを実験台で 5 分間保持した。その後、3°Cから 80°Cまで 1°C/min で昇温、周波数 1Hz、歪み 0.1%の条件で貯蔵弾性率と損失弾性率を測定した。さらに 80°Cで 15 分間保持し、80°Cから 3°Cまで降温した。3°Cまで到達したら再度 15 分間保持後、同一条件で 80°Cまで昇温し、貯蔵弾性率と損失弾性率を測定した。

【結果】 加熱前の 8%カゼイン懸濁液(pH2.8)中のカゼインは粒径 1  $\mu$  m の不定形の粒子として存在していた。80°C、15 分間の加熱によりカゼイン粒子が消失し、ゲル化した。加熱前の 8%カゼイン懸濁液は損失弾性率( $G''$ )より貯蔵弾性率( $G'$ )が高かった。カゼイン粒子はゲルの性質を有するが、カゼイン粒子間ではゲルネットワークを形成せず、分散粒子として存在していた。 $G'$ と  $G''$ は 3-40°C で加熱温度に依存して減少したが、40°C 以上では増加に転じ、70°C で最大となった。加熱後に冷却すると、 $G'$ と  $G''$ は温度の低下に伴い著しく増加し、ゲルを形成した。加熱時に観察された 70°C における  $G'$ と  $G''$ の極大は冷却時には観察されなかった。8%カゼイン懸濁液(pH2.8)を加熱すると不可逆的な変化がおこることが明らかになった。加熱により形成したゲルを再加熱すると加熱温度に依存して  $G'$ と  $G''$ が減少し、高温ではゲルが流動性を持つようになることから、酸性加熱ゲルは水素結合のような弱い相互作用により形成されていると考えられる。疎水性相互作用が強く関与する乳の酸性ゲルやレンネットゲルとは異なる特性を有していた。また、低い pH で荷電による反発力が強い条件でゲルが形成されることや、カゼイン懸濁液を加熱するとカゼイン粒子が消失することから、酸性加熱ゲルは可溶性凝集体によりゲルネットワークを形成していると考えられ、粒子状凝集体を形成することでゲルネットワークを形成する酸性ゲルやレンネットゲルとは異なることが明らかとなった。