

チョコレート中の油脂結晶が引き起こす 様々なブルーム現象

本 同 宏 成 〈静岡県立大学食品栄養科学部 hondoh@u-shizuoka-ken.ac.jp〉

佐 藤 創 平 〈株式会社明治 souhei.satou@meiji.com〉

上 野 聡 〈広島大学大学院統合生命科学研究科 sueno@hiroshima-u.ac.jp〉

チョコレートは世界中で愛されているスイーツである。チョコレートはカカオマス、ココアバター、砂糖、粉乳などからなり、カカオの香りや砂糖の甘さはもちろんのこと、口中で速やかに溶けることで生み出される滑らかな舌触りもチョコレートの美味しさにとって大切な要素である。さらに、艶やかで美しい見た目もチョコレートが愛されている要因である。しかしながら、チョコレートは長期間の保存中に表面が白く変化するファットブルームと呼ばれる現象を生じる。ファットブルームはチョコレートの見栄えや口溶け感を悪くし、商品価値を落とすため製菓会社にとって大きな問題である。チョコレートの持つ美しい見た目やファットブルーム、滑らかな舌触りには、チョコレート中の**ココアバターの結晶**が大きく影響している。チョコレートのファットブルームは、ココアバター結晶の**多形転移**に伴う粗大化により、光を散乱させ白くなるのが原因であると以前より知られていた。チョコレート製造の際には**テンパリング**と呼ばれる温度処理により、ココアバター結晶はV型に制御されているが、長期保存により、熱力学的により安定なVI型へと多形転移する。微細な結晶として存在していたV型はVI型に転移することで粗大化し、平坦だったチョコレート表面が荒れることでファットブルームが生じる。このほかにも異なる条件、原因によるファットブルーム形成が知られているが、多くの場合にココアバター結晶の多形転移を伴う。我々は今回、粉乳を含んだミルク

チョコレートを用いて、ココアバターの多形転移を伴わないブルーム発生条件を見出し、その発生機構を明らかにした。

ココアバターのV型結晶の融点は約34°Cであるが、V型に固まったチョコレートを融点以上の35-37°Cに保持した後、25-28°Cで結晶化させ、さらに20°Cまで冷却すると、V型に結晶化し、従来よりもはるかに短い期間でチョコレート全体が白化するファットブルームが生じた。チョコレートを高温に保持している間はココアバター結晶からのX線回折ピークは観察されず、ほぼ融解していた。完全に融解したココアバターは、テンパリング操作なしでは容易にはV型に結晶化せず、IV型などより不安定な多形となる。しかしながら本実験では上記の温度処理によりV型に結晶化することが確認された。このことは、融点が35°C以上のV型が存在することで、もしくはV型からVI型へと多形転移することで、それぞれが種結晶として働き、チョコレート全体をV型に結晶化させたことを示唆する。20°C冷却時の結晶化中のチョコレートの表面を観察したところ、ココアバター融液がチョコレート内部に引き込まれ、チョコレート表面でココアバターが枯渇することで隙間が生じ、光が散乱されて白くなるのが明らかとなった。

チョコレートのファットブルーム現象に関する一連の研究は、同様にファットブルームと呼ばれる白化現象であっても様々な発生機構が存在しており、食品が複雑な研究対象であることを示している。

用語解説

ココアバターの結晶：

ココアバター結晶は6つの多形を示し、融点の低い多形からI~VI型の名前で呼ばれる。ココアバターは天然由来の多成分系であり、結晶中の組成が均一ではなく、また継時的に個々の結晶を構成する成分の組成が変化するため、同一多形でも広い温度範囲で融解挙動を示す。

多形転移：

異なる多形間でより自由エネルギーの低い多形へと構造が変化する現象。温度や圧力によって安定相が変化し、可逆的に転移可能な互変形と、安定相が入れ替わらない不可逆な単変形がある。

テンパリング：

チョコレート製造においてココアバター結晶の多形を制御するための調温及び攪拌技術。チョコレートを一度冷却し、不安定多形を析出させたのち、昇温することで結晶が融解しながらより安定な多形へ転移する。冶金分野の焼戻し（tempering）もチョコレート製造のテンパリングも相転移を促進することで物性を制御することが目的である。



チョコレートのブルーム現象。保存前（上）、保存後（下）。保存条件により白化し光沢が失われる。