

せん断力・テンパリングの同時印加条件における
チョコレートの結晶化過程のその場観察
***In-situ* observation of crystallization of chocolate
under shear stress and tempering**

上野聡,本同宏成,森行和哉,佐藤清隆・広島大学大学院生物圏科学研究科
近藤貴子,くわ野豊,長島啓一,古谷野哲夫・株式会社明治菓子開発研究所

チョコレート中の主成分であるココアバター (CB) には、I～VI型の結晶多形が存在する。チョコレート製品では密度、融点などにおいてV型が最適であり、CBをいかに選択的にV型に結晶化させるかが鍵となる。製品に適切な結晶多形を得るには、テンパリング(調温操作)と、せん断応力の印加が不可欠である。また、チョコレートに含まれるカカオ固形分や砂糖などの固体粒子も、CBの結晶化に大きく影響すると考えられている。そこでCB結晶化におけるせん断応力の効果や、固体粒子の影響については多くの研究が成されてきた。しかし、それらの要因とテンパリングを組み合わせた実際のチョコレート製造に近い系での研究は未だ成されていない。チョコレートの製造工程におけるCBの結晶化挙動の解明は、チョコレート作製過程の解明、すなわちCBのV型多形結晶化メカニズムの解明につながるのみならず、製菓企業にとっても非常に有益な情報をもたらすことになる。そこで本研究ではテンパリング時の結晶化挙動を調べるため、せん断応力印加と時分割X線回折法での測定が可能なテンパリング試料セルを開発し、チョコレート製造工程における結晶多形挙動を調べた。

実験試料に 400 s^{-1} でせん断応力を印加しながら以下の二つの条件でテンパリングを行い、時分割X線回折測定により結晶化挙動を観察した。

実験①：試料にはCBを使用した。試料を 50°C で15分間かけて融解させた後、 15°C で10分間冷却し、 27.5°C に昇温し5分間保持した後、 15°C で5分間冷却した。

実験②：試料にはCB、CL(CB55%+カカオ固形分45%)、CB+S(CB55%+砂糖45%)、CL+S(CB50%+カカオ固形分15%+砂糖35%)を使用した(すべての試料は、株式会社明治製)。試料を 50°C で15分間融解させた後、 17.5°C で5分間冷却し、 27.5°C に昇温し5分間保持した後、 20°C まで10分間かけて徐冷した。

結果は以下の通りである。実験①：せん断応力を印加したCBでは、最初の冷却で不安定多形であるII型またはIII型の回折ピークが観察された後、昇温過程で安定多形であるV型の回折ピークが観察された。一方、同じ温度条件でせん断応力が不印加のCBでは、V型の結晶は観察されなかった。

実験②：せん断応力を印加したCL、CB+S、CL+Sでは、V型の結晶多形形成が観察されたがCBではいかなる結晶も観察されなかった。いずれの試料でも、せん断応力無しでは結晶は観察されなかった。以上の結果から、せん断応力の印加と、砂糖やカカオ固形分などの固体粒子は、CBのV型への結晶化を促進することがわかった。