技術情報

冷水分散性にすぐれるショ糖脂肪酸エステル製剤

川野　有加　かわの　ゆか
機能化学品研究所　生活資材研究グループ

生まれたての赤ちゃんが最初に感じる幸福は、食ではないだろうか。衣食住のうち食は、生命の糧としてだけではなく、人としての豊かさや楽しみが得られる重要な部分を占めている。一方、高齢化や女性の社会進出など社会構造の変化とともに多様化する嗜好に対し、食品加工技術もさまざまな改良が行われている。代表的な焼き菓子であるビスケットは、消化がよくカロリーが高いため、食事だけではカロリーが不足しがちな幼児はもちろん、消化力が弱い病人や高齢者にも好適な食品である。人においしく食べてもらうためには、食感は重要な要因であり、硬いものから柔らかいものまで、幅広い食感を作り出すために乳化剤が用いられている。食品用乳化剤の特長的な機能として、コロッケや春巻きのサクサク感やパリパリ感といった食感の向上や食感の持続がある。スーパーで購入した惣菜を家庭に持ち帰って食べても、揚げたてに近い食感が得られるのは食品用乳化剤の効果の一つである。食感に大きな役割を果たす乳化剤の需要は、食品加工技術の発展に伴い増加している。

当社が、1971年から製造販売しているショ糖脂肪酸エステル(以下、SEと略す)は、さとうきび由来のショ糖を親水基に、パーム油やヤシ油などの食用油脂脂肪酸を親油基とする非イオン界面活性剤で、食品用乳化剤として認可されている(図1)。乳化機能の指標として、0～20までの数値で表されるHLB(Hydrophile-Lipophile Balance Value)がある。HLBが高いものは水に溶けやすく、低いものは油に溶けやすい。SEのHLB範囲は1～19で、幅広いHLB品を提供できることが特長である。SEは、乳化性・分散性・起泡性などその機能性の高さから、乳製品(コーヒーホワイトナー)、飲料(豆乳飲料、ココア飲料)、加工油脂(マーガリン、ファットスプレッド)、製菓(ビスケット)、加工食品(麺、パン)、健康食品など、幅広く使用されている[1)]。本稿では、SEの食品添加物としての研究を基に、さらに新しい機能を見出したショ糖脂肪酸エステル製剤について報告する。

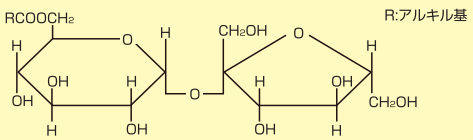


図1 ショ糖脂肪酸エステルの化学構造

1.ショ糖脂肪酸エステル製剤

DKフォーマー B-120(以下、B-120と略す)はSEが25%、糖類を主体とする食品素材が75%から構成される、ショ糖脂肪酸エステル製剤で、SEを溶解した後、食品素材を添加して、独自技術で粉末化している。製剤を構成する粒子のイメージを図2に示す。

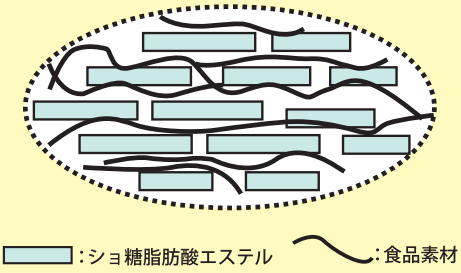


図2 製剤中の粒子のイメージ

大きな特長は、冷水への分散性を大きく改善した点である。これは、SE中に冷水易溶性の食品素材が存在することにより、SE同士が会合し剛構造となることが抑制され、SEがルーズな状態で存在できるようになり、水に添加した際に分散しやすくなったためと考えている。

SEの場合は加熱溶解して使用することを推奨しているが、製菓や加工食品メーカーにおいては設備が追加できない、また作業が煩雑であるという理由から、事前の加熱溶解工程の追加が難しいこともある。そのため、使用時の良好な冷水への分散性が求められる。

B-120は、ケーキ、パンなどベーカリー製品の起泡性の改善、老化抑制に効果を発揮し、特にビスケットのサクサク感や口どけ性向上で顕著な改善効果が得られたことから、消費者が求めている新感覚のビスケットの開発・製造に役立つ製剤として用途開発を進めている。

2.B-120の基礎特性

1)高い水分散性

SEの機能を十分に発揮させるためには、製造工程であらかじめ水や油脂へ加熱溶解して使用することを推奨しているが上記理由により事前の加熱工程が困難である場合には、粉原料に混合して使用する、あるいは冷水

に分散させることを選択せざるを得ないケースもある。**B-120**は、冷水分散時でもダマの発生がなく、SEと比較して分散性が高いことを確認した（**写真1**）。

写真1　水への分散性

2）すぐれた界面張力低下能

食品用乳化剤は、油脂と水の界面に吸着し、界面張力を低下させることで乳化状態を安定化させる。SEと**B-120**を冷水に分散もしくは分散後、加熱溶解したのちに固液界面解析装置にて大豆油との界面張力を画像解析により計算した結果を**図3**に示す。溶液濃度が0.1%以上では冷水分散において**B-120**はSEの約1／2まで表面張力が低下する。これは、SEを製剤化することにより、水へのなじみが向上したことを示している。また、冷水分散時にSEは約10%が部分溶解している、一方**B-120**は製剤中の有効成分のうち約半分が溶解状態にあることが示唆された。

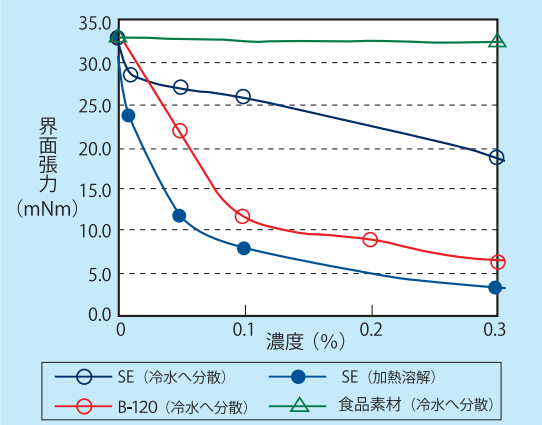


図3　界面張力低下能

3）でんぷんの老化抑制

炊きたてのご飯や、焼きたてのパンはおいしいが、時間の経過とともに冷えてしまうと、硬くなり味が落ちてしまうのは、でんぷんの老化が原因である。でんぷんの老化システムは次のように考えられている。でんぷんは、グルコース分子が直鎖状につながった高分子のアミロースと、枝分かれして高分子となったアミロペクチンからできており、アミロペクチンの結晶の周りをアミロースの非晶質が埋めたでんぷん粒と呼ばれる組織を形成している。でんぷんに水を加えて加熱していくと、透明度を増して次第に増粘する。

その後、でんぷんの結晶構造が破壊され、アミロースは溶出し、アミロペクチンは膨潤する。この状態を糊化と呼び、でんぷんがα化したともいう。炊きたてのご飯の状態がこれにあたる。この糊化したでんぷんを室温または冷蔵庫などの低温下に放置しておくと、アミロースが結晶化し、次第にアミロペクチンも再配列、再結晶化を起こす。これが、でんぷんが老化したという状態である。糊化により溶出したアミロースはラセン構造（ヘリックス構造）をとり、この円筒形の構造中にSEの脂肪酸部分が吸着し、複合体を形成することでアミロースの溶出が抑制され、でんぷんの老化が抑制できると考えられている[2)]。

KROGらの方法によって、SEのでんぷん複合体形成指数:SCI（Starch Complexing Index）を求めた[3),4),5)]（**式1**）。

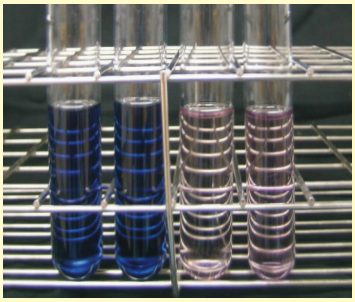
SCI={（コントロールの吸光度−サンプルの吸光度）／コントロールの吸光度}×100

式1　でんぷん複合体形成指数

SEを冷水に分散させた場合では、ごくわずかしか複合体を形成できないが、水に加熱溶解したSEは冷水分散時に対して約9倍のでんぷん複合体を形成できることが分かった。また加熱溶解したSEと、冷水に分散させた**B-120**ではでんぷん複合体形成指数が同等であることを確認した（**表1、写真2、図4**）。

	DKエステル F-160		DKフォーマー B-120
添加方法	冷水へ分散	加熱溶解	冷水へ分散
SCI	10.0	95.2	91.0

表1　アミロースとの複合体形成指数



A　B　C　D

A：コントロール　C：F-160加熱溶解
B：F-160冷水へ分散　D：B-120冷水へ分散

写真2　でんぷん-乳化剤複合体形成による溶液の呈色

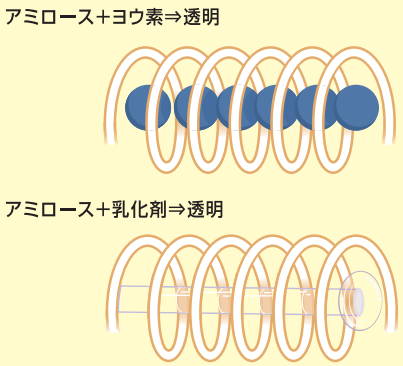


図4　でんぷん-ヨウ素（乳化剤）複合体

3.B-120の食品への応用特性

1）ケーキ起泡性の向上

起泡性が求められる食品としてケーキやパンなどがあげられる。最近の消費者には、よりふっくらとした起泡性の高い商品が好まれるため、SEはケーキやパンなどの起泡性向上の目的で使用される。前述のとおり冷水中には溶解しにくいため、小麦粉などの粉体原料へのSEの混合では生地が膨らみにくく、十分に起泡するためには、あらかじめ水に加熱溶解して使用することが必要である。

一方**B-120**は、小麦粉などに粉の状態で混合しても、十分に生地を膨らませることができる。この生地の膨らみは、水に加熱溶解したSEを使用した場合の生地の膨らみと同等であることを確認している(**写真3**)。また**B-120**は、粉体原料に粉の状態で混合した場合と、水に加熱溶解した場合とで生地の膨らみに差は見られない。さらに**B-120**は、粉形状なのでケーキミックスに配合することができ、起泡性の向上が期待できる。

A　B　C

A：SE=対粉3部（粉体原料と混合）
B：SE=対粉3部（水へ加熱溶解）
C：B-120=対粉12部（乳化剤として3部、粉体原料と混合）

材　料	配合(部)
上白糖	95
薄力粉	100
全　卵	100
水	40

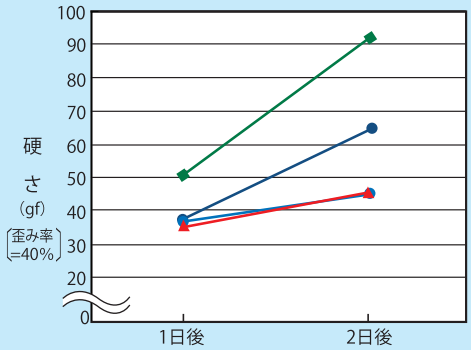
	ケーキバッター比重[g／ml]	ケーキ比容積[ml／g]
SE粉体混合	0.71	2.8
SE加熱溶解	0.44	4.5
B-120粉体混合	0.45	4.4

写真3　ケーキ起泡性

2）パンの老化抑制

パンは経日的に硬くなるが、高HLBのSEを添加することで柔らかい食感を長時間持続できる。SEの添加方法としては、粉体原料に粉の状態で添加した場合でもパンの老化を抑制できるが、水に加熱溶解した後に添加することで、さらに老化抑制能は向上することが分かっている。一方**B-120**は、粉体原料に粉の状態で添加した場合でも加熱溶解したSEと同等の老化抑制機能を

発揮し、経日的な生地の硬度変化を抑制することを確認している(**図5**)。



材　料	配合(部)
小麦粉	2300
上白糖	115
乳化剤	適量
1%ビタミンC水溶液	23
食　塩	46
酵　母	92
ショートニング	115
水	1357

乳化剤なし
SE(粉体原料と混合)
SE(水へ加熱溶解)
B-120(粉体原料と混合)

図5　パンの硬さ変化

3)ビスケットの食感改良

小麦粉を主原料として練った生地を成形して焼く菓子類を総称してビスケット類と呼ばれる。ビスケットのほかには、クラッカー、カットパン、プレッツェル、パイ、またはこれらを加工した商品があり、チーズやヨーグルトなどの乳製品や卵、糖類、食品油脂など、副原料と組み合わせて多種多様な商品が販売されている。さらに商品の差別化や風味に工夫されチョコレートやナッツ、胚芽やプロテイン、乾燥野菜、カルシウムなども使われる[6]。

一般的にSEのビスケットへの添加効果としては、サクサク感の向上、原料混合時における生地の機械類への付着を防止することによる歩留まりの向上である。特に高HLBのSEが高い効果を発揮する。しかし、高HLBのSEを粉体原料へ粉の状態で混合した場合に十分な性能を発揮するには、長時間こねる必要があり、またサクサク感や口どけ性の向上効果は高い反面、表面の強度不足や粉っぽさが残るという課題があった。

しかし**B-120**を用いた場合は、粉体原料に粉の状態で混合した場合において混合時間が短くても、サクサク感がアップし、粉っぽさを大幅に抑制できるため口どけ性の向上を実現できる。これにより得られたビスケットは、ハードタイプの場合は、サクサクとした歯ごたえのある食感を有し、粉っぽさが抑えられるため口どけ性が良好なビスケットが得られた。ソフトタイプに関しても、サクサク感、口どけ性ともに向上した。また、粉っぽさがないことを確認した[7](**表2**)。

	Blank	高HLBのSE(粉体混合)	B-120(粉体混合)
口どけ性	△	○	◎
サクサク感	△	○	◎
その他の食感	もたつく	粉っぽい	粉っぽくない

表2　ソフトビスケット官能評価結果

4.おわりに

食品素材を賦型剤としてSEを粉末製剤化することで、SE自体の水分散性を大幅に改善でき、加熱溶解が不要でケーキの起泡性、パンの老化抑制、ビスケットの食感改良の機能を十分発揮することが可能となった。

近年、農林水産省が米粉の利用を推進するにあたって、今後は食料自給率の向上やアレルギー対策として米粉の利用が増大してくることが予想される。SEは小麦粉製品のみならず米粉製品においても起泡性の向上、でんぷんの老化抑制、食感改良目的で幅広く利用できる素材であると考えている。今後の食品加工の開発にSEが一層活躍できる機会が増えることを期待する。

参考文献
1)第一工業製薬,シュガーエステル物語,(1984)
2)日高,食品用乳化剤,107,(1987)
3)山下,足立,中村,徳力,日本食品科学工学会誌,P112～119(2000)
4)KROG,N:Starke,23,206(1971)
5)RIISOM,T,KROG,N,and ERIKSEN,J:J,CerealScience,2,105(1984)
6)社団法人全国ビスケット協会ホームページ
http://www.biscuit.or.jp/summary/index.html
7)竹内,川野,特願2009-298380