TRANCENDIM high diglycerides







トランス脂肪酸削減・飽和脂肪酸低減向け キャラバン・イングリーディエンツ社製乳化剤

Trancendim[™]トランセンディム[™]







トランス脂肪酸からの脱却

トランス脂肪酸O(ゼロ)ショートニングにおいて飽和脂肪酸を低減する革新的なアプローチ キャラバン・イングリーディエンツ社 ジム・ロバートソン

食品加工業者および製パン業者は一様にトランス脂肪酸の削減や飽和脂肪酸の低減への関心が高くなってきている。 Smart Choices Program™のような栄養主導計画 (Nutritional Initiatives) はトランス脂肪酸や飽和脂肪酸の栄養学的に否定的な側面について消費者の認知度を高めてきた。キャラバン・イングリーディエンツ社の Trancendim™は構造化油脂の代替としてトランス脂肪酸ゼロ、飽和脂肪酸低減を実現するために開発されました。Trancendim™は水素添加された硬化油脂を置き換えることを使用目的としたグリセリン脂肪酸エステル(モノ・ジグリセリド)です。Trancendim™はショートニングやマーガリンにおけるβ'型多形の形成を促進し結晶化特性を改善します。多くの場合、このことは工場での処理能力を上げることを可能とするため、結果的に時間と経費の削減を実現します。さらに重要なこととしては Trancendim™を使用することにより水素添加という文字を原料ラベル上から削除できることです。Trancendim™を使用する主なメリットは以下の通りです。

- Oq トランス脂肪酸
- 飽和脂肪酸の低減
- 食感や味の維持
- 結晶化特性の向上・改善

油脂はトリグリセリドで出来ており脂質に分類される。(図 1) トリグリセリドの分子は3つの脂肪酸構成成分が1つのグリセリン分子に結合した形態をしています。脂肪酸は飽和脂肪酸、1価不飽和脂肪酸、もしくは多価不飽和脂肪酸(二重結合2つ以上)のいずれかです。天然に多く存在する不飽和脂肪酸は cis 体の二重結合を有し、その二重結合と同じ側に水素原子があります。(図 2)¹ 脂(fat)は室温では固形状もしくは半固形状で、油(oil)は室温では液状ですが、この二つの言葉はよく区別されずに使われています。² 半固形状の油脂は通常ショートニングと呼ばれます。一般的なショートニングには汎用、フライ用、ケーキ・アイシング用、ビスケット・クラッカー用、スナックスプレー用、コーティング用などがあります。それぞれのショートニングは特定のアプリケーションによって硬さがことなります。³ ショートニングの硬さは飽和度に左右され AOCS の測定法(Cd 1-25)でヨウ素価(IV)を計測することで判断できます。⁴

図 1: トリグリセリド分子

油脂はエネルギー(9 cal/g)、必須脂肪酸を供給し脂溶性ビタミンのキャリヤーとして働くので人間の食生活において重要な栄養素のひとつです。加工食品においても油脂は重要な原料で構造、安定性、風味、保存品質、食感、見た目などに影響を与えます。多くの食品アプリケーションでは使用するショートニングによってその機能性には大きな違いがあります。2 歴史的には食品業界で利用された油脂は牛脂や豚脂のような動物系のものでした。しかし 1860 年代後半に綿花の収穫高が上がったため綿実油の利用が広まりました。綿実油は固体脂含有量が少ないためほとんどの食品において機能性のある原料ではありませんでした。この欠点を克服するために水素添加処理工程が考案されショートニング製造が可能となりました。この工程は不飽和脂肪酸に水素を添加することで飽和脂肪酸の割合を増加させます。水素添加の結果として固形物の増加、融点の上昇、酸化安定性の改善ができます。この考案された工程のおかげで当時入手可能であった動物脂を利用した製品よりも優れ、均一に安定したショートニングが製造されるようになりました。2

水素添加の工程において不飽和脂肪酸の異性化が起こりトランス脂肪酸が生成されます。(図 3)¹ トランス脂肪酸は二重結合と反対側に水素原子がついた不飽和脂肪酸です。人の食生活において接種されるトランス脂肪酸の多くは、水素添加で部分的に硬化された植物油を含む食品からのものです。低レベルのトランス脂肪酸は動物脂や乳製品でも自然発生的にみられます。また、植物油精製で脱臭工程においてもトランス脂肪酸は少量(<2.0%)生成されます。これは脱臭工程の温度を下げたりや時間を短縮することによって極力抑えることができます。

図 3: トランス 二重結合 (エライジン酸)

トランス脂肪酸は人の血中コレステロールに関して飽和脂肪酸と似た影響を及ぼします。トランス脂肪酸、飽和脂肪酸は共に LDL(悪玉コレステロール)を上昇させます。しかし飽和脂肪酸が HDL(善玉コレステロール)をわずかに上昇させるのに対し、トランス脂肪酸は HDLを低下させます。この発見によって FDA は食品用途での油脂に関しての規制を見直すことになりました。その結果として FDA は 2006 年1月1日よりすべての食品・飲料製造者に対し製品栄養表示にトランス脂肪酸含有量(>0.5%/serving)の表示を義務付けました。同年、アメリカ心臓協会は「Diet and Lifestyle Recommendations」(推奨する食事とライフスタイル)の最新版を発行しアメリカ人に食生活中の飽和脂肪酸とトランス脂肪酸の 1日の摂取量をそれぞれく7%、<1%に抑えるよう推奨しました。当協会はまたコレステロールの 1日摂取量も<300 mgに抑えるように推奨しました。FDA の表示義務化に刺激されニューヨーク市がアメリカ合衆国で初めてレストランで提供される食事に含まれるトランス脂肪酸の量を制限しました。11のほかの市や郡でも同様の措置が講じられました。5 トランス脂肪酸の排除の試みが進む中、食品業界では自然に飽和脂肪酸含有量の多い油原料へシフトしましたが、心血管疾患に与える飽和脂肪酸の悪影響に関しては対処ができないので、これは短期的な解決にしかなりません。

天然に低レベルで油脂に存在するもう一つのタイプの脂質にグリセリン脂肪酸エステルがあります。(図 4) グリセリン脂肪酸エステルはまたグリセロール分解によって商業的にも生産され、大別するとモノグリセリド(MAG)、ジグリセリド(DAG)、トリグリセリド(TAG)に分けられます。これらは両親媒性、つまり親油性であると同時に親水性でもあるため乳化剤とされます。乳化剤はこの特異的性質で油と水のように混和しない物質間の表面張力を低下させます。グリセリン脂肪酸エステルはマヨネーズやマーガリンなどの食品の乳化に一般的に利用されています。マヨネーズは水の連続相中に油が分散している水中油型(o/w)のエマルジョンで、マーガリンは油の連続相中に水が分散している油中水型(w/o)のエマルジョンです。6

図 4: グリセリンエステル

グリセリン脂肪酸エステルは 1930 年代から食品業界で乳化剤として利用されており、アメリカ合衆国では一般的に安全と認められる食品(Generally Recognized as Safe、略して GRAS)とされています。⁷ ヨーロッパにおいては食品添加物等の使用量規制 quantum satis(望ましい結果を達成するのに必要な量)があります。⁸ グリセリン脂肪酸エステルの開発前は、食品業界では主要な乳化剤は大豆レシチンや卵黄レシチンでした。今日グリセリン脂肪酸エステルは食品における乳化剤として約70%を占めるため、最も重要な乳化剤とされています。⁹ 歴史的に見てみると、これらの乳化剤は反応モノグリセリド(≦60%MAG)と蒸留モノグリセリド(>90%MAG)の2種類に分けられます。Trancendim™は MAG:DAG:TAG が他にない混合率の新しいタイプの乳化剤で、アメリカ合衆国およびヨーロッパではこれまでのグリセリン脂肪酸エステルの基準に適合しています。この独自の構成比のため Trancendim™はトリグリセリドのようでありながら乳化特性を備えています。¹⁰

Trancendim™はアプリケーションによってショートニングベースで8~20%の添加量で利用します。製品製造時には Trancendim™は粉末状、溶液状どちらの状態でも温めた好みのベースオイルに混合するだけで簡単に利用できます。 Trancendim™の混合はエンドユーザーででもショートニング加工メーカーででも可能です。後者での製造の場合、製品はポリライナー内袋入りの段ボール箱詰めで液状もしくは可塑状のどちらでも可能です。混合油脂の組成の工程管理には AOAC の標準分析法(脂肪酸組成 11、ヨウ素価)の利用が可能です。

Trancendim™は生地用油脂、スプレー油、ロールイン油脂、フライ油、汎用ショートニングなど多くのアプリケーションに最適です。例えば Trancendim™は溶解後、大豆油に 16%の添加率で混合できます。その後この混合油脂が一般的に水添部分硬化汎用ショートニングのような物性になるようにかき取り式表面熱交換器(ボテーター)で処理します。X線回析において Trancendim™を含む混合油脂が特異的に結晶化し汎用ショートニングに見られるβ'型多形となっていることが確認されました。Trancendim™を含んだ混合油脂は一食あたり0gトランス脂肪酸として栄養表示ができ、飽和脂肪酸もまた大いに低減ができます。(表 1) 実演目的とし



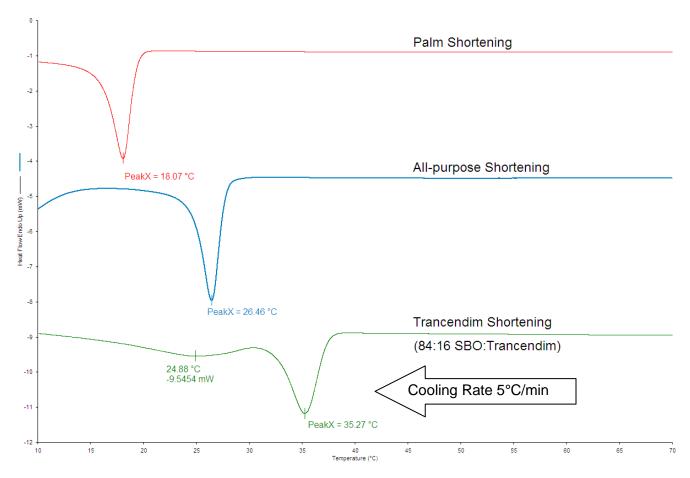
て、この文書に含まれているデータは大豆油と Trancendim™130添加の混合油脂を使用しています。

Typical Fatty Acid Distribution

Shortening	% Saturated Fatty Acid (SAFA)	% Monounsaturated Fatty Acid (MUFA)	% Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA)	% <i>Trans</i> Fatty Acid (TFA)
All Purpose Shortening based on Partially Hydro SBO	25	30	14	31
Palm Oil based Shortening	50	39	11	0
Trancendim™ Shortening (84:16 SBO:Trancendim™)	28	20	52	0

表 1: 脂肪酸分布

Trancendim™は独自の組成によって従来の反応および蒸留モノグリセリドと比較して溶解特性や結晶化特性が向上しています。これらの複合的な特徴的性質のため液状油を構造化するのに非常に優れた能力を発揮します。結晶化特性の向上は示差走査熱量計(DSC)の反応曲線を見ても明らかです。(グラフ1) Trancendim™含有のショートニングが試験を行った3つの検体中で最も結晶化温度が高い結果となりました。Trancendim™含有のショートニングは結晶化のオンセット温度が汎用ショートニングよりも約10℃高く、パームショートニングよりも約18℃高いことがわかりました。この結果から Trancendim™含有ショートニングを使用すれば生産速度が上げられ処理能力が向上します。

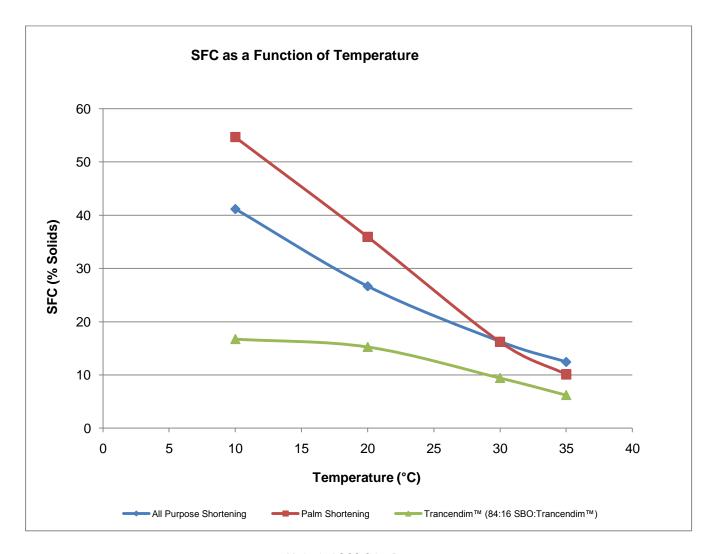


Method: Samples were prepared in crimped aluminum pans and heated from 20°C – 90°C at 5°C/min. They were then held isothermally at 90°C for 10 min. before being cooled to 10°C at 5°C/min.

グラフ 1: DSC response curves for the crystallization exotherm

ショートニングの巨視的特性は様々な異なった方法で計測することができます。ショートニング中の油脂固形分は AOCS 法の Cd16b-93¹² で計測できます。この方法は20MHz NMR 装置を使用し所定温度での固形成分含有量を計測します。この手法は特定のアプリケーションのための機能性の目安として一般的に利用されています。(グラフ2) またこの装置は結晶 化率の判断に等温条件下で固形分が形成されるレートを測定するために利用されます。

この装置の利用で検体に関して有益な情報が入手できますが、以下の2つの欠点があります。一つは試験時検体は静的状態ですが、これは実世界での条件とは異なります。もう一つはその固形分の構造化の能力に関しての情報は得られないということです。この欠点はグラフ2のデータを分析すると明らかです。曲線がはっきりと示しているように、Trancendim™は製品品質を損なうことなく低い油脂固形分含量で汎用ショートニングの代替として利用可能です。

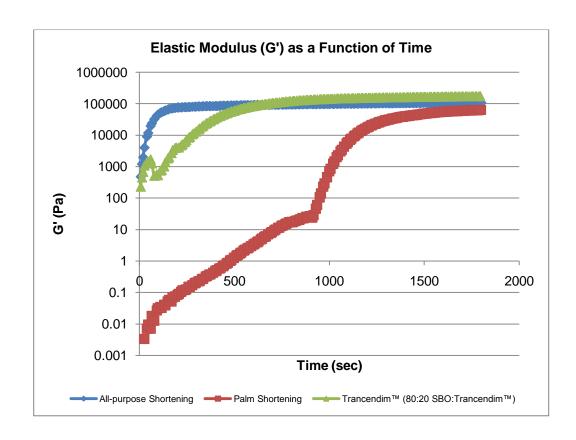


Method: AOCS Cd 16B-93

グラフ 2: Solid Fat Content Curves

これらの観察所見はショートニングの構造は必ずしも固形分含量の度合いによってのみ決まるものではないと理解できれば説明がつきます。同じく重要なことは固形分がショートニング中の液状部分をどれ程うまく構造化できるかということです。固形分含有が同じショートニングの構造は含まれるトリグリセリドの種類によって著しく異なります。飽和脂肪酸とのエステル結合が1つ、2つ、または3つなのかどうかでそのトリグリセリドは大きく異なった特性を有します。そのため液状油を構造化する能力もまたそれぞれに異なります。¹³

この概念をさらに理解するために、補足的な特性測定法が用いられています。その内のひとつが物質の粘弾特性を測る振動レオメトリー(Oscillatory Rheometry)の利用です。この装置でより実情に近い動的な試験条件が設定できます。例えば検体を動的な温度条件下でせん断し、その検体を定温状態で維持するとどのような構造になるのかが測定できます。(グラフ3)得られたデータは物質の弾性係数(G')と粘性係数(G")のような巨視的特性を表します。これらのデータから特定温度での歪みに対する抵抗としてショートニングの構造能力が測定できます。



Method: All tests were run using concentric cylinders and DIN rotor. Samples were heated to 70°C and held isothermally for 3 min. to reach equilibrium. Samples were then cooled from 70°C – 25°C at 15°C/min applying a shear rate of 400 1/s. Samples were then held isothermally at 25°C while applying a small strain to observe structure development.

グラフ 3: Structure Development

グラフ3は Trancendim™含有ショートニングが SFC 曲線で示したように固形分が汎用およびパームショートニングと比較して 少ないにもかかわらず、それらと同様に液状油を構造化していることを明瞭に示しています。弾性係数が大きいということは 歪みに対する抵抗が大きいということを示します。そのためそれは剛性の指標となり、このデータは Trancendim™含有ショートニングは他の2種類のショートニングと同等の剛性を有していることを表しています。また、パームショートニングは Trancendim™含有ショートニングや汎用ショートニングと比較すると結晶化速度が随分遅いことがわかります。 Trancendim™ を添加することでパームに見られるような好ましくないショートニングの結晶化速度を改善し結晶化特性を向上するができます。 14

Trancendim™が利用できるその他のアプリケーションは業務用マーガリンです。例えば完全精製したパーム油に植物性液状油と10~15%の Trancendim™の混合油脂をブレンドしたような配合です。マーガリンは生地やロールイン生地に最適です。 Trancendim™混合のパーム油含有マーガリンはパーム油製品によく見られる製造後の製品硬化を改善します。¹⁵ これは Trancendim™の添加で結晶化速度が上昇し、マーガリンが充填前により十分に仕上がっているからです。¹⁶ 繰り返しになりますが、Trancendim™含有のマーガリンはトランス脂肪酸の排除や飽和脂肪酸の大幅な低減により栄養表示面でとても優れています。



Trancendim™を利用し成功しているもうひとつのアプリケーションはフライ油です。植物性液油に Trancendim™を 12~14%添加の配合で製造できます。もしキャノーラ油を使用する場合、飽和脂肪酸量は 18~19%低減できます。Trancendim™が添加されていると結晶化時間が短くなるのでフライ油が揚げ物の表面で急速に構造化するため揚げ物が油っこく(oily や greasy に)ならず食味特性が向上します。Trancendim™を利用すると風味特性もパームフライ油と比較して改善されます。パームフライショートニングはよく変わりやすい風味とか、時にはフルーティーな風味があると言われますが、香りのよい(savory)揚げ物には不向きだとされています。好ましくない風味特性の他にもパーム由来のフライ油脂は飽和脂肪酸含有量が高く、食感もロウ状物性(ワキシー)になりがちです。

食品業界で自社の商品群の栄養面に関して今後も取り組みを継続するならば、市場要求に応えるために革新的なアプローチが必要です。Trancendim™はショートニングを利用する加工食品にとって栄養価的に優れた製品製造のための革新的な解決策のひとつです。液状油を構造化する Trancendim™の比類なき能力によってトランス脂肪酸を製品から削除できるだけでなく飽和脂肪酸が低減できます。栄養価的なメリットだけでなく Trancendim™を使用すると油脂の結晶化速度を改善し製品の生産処理能力を上げるため、結果としてコスト削減や利益増大につながります。

参考文献

- 1. Food Fats and Oil; Institute of Shortening and Edible Oils 9th ed. Washington, DC, 2006.
- 2. O'Brien, R. D.; Fats and Oils, Formulating and Processing for Applications 3rd ed.; CRC; Boca Raton, FL, 2009; pp 110-111, 274, 348-349, 367.
- 3. Bakery Fats; American Soybean Association. St. Louis, MO.
- 4. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS 5th ed.; Firestone, D., Ed.; Iodine Value (Wijs) Cd 1-25(93); AOCS: Washington, DC, 1998.
- 5. American Heart Association Home Page. http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3045792 (accessed August 11, 2009)
- 6. Dalgleish, D. G. In *Food Emulsions 4th ed., Revised and Expanded*; Friberg, S. E., Larsson, K., Sjoblom, J., Eds.; Marcel Dekker: New York, NY, 2004; Chapter 1, Food Emulsion: Their Structures and Properties.
- 7. Mono- and diglycerides of edible fats or oils, or edible fats. *Code of Federal Regulations*, Sec 582-4505, Title 21, 2008.
- 8. Food Additives other than Colors and Sweeteners. *European Parliament and Council Directive*, No 95/2/EC, February, 1995.
- 9. Moonen, H.; Bas, H. In *Emulsifiers in Food Technology;* Whitehurst, R. J., Ed.; Blackwell: Oxford, UK, 2004; Chapter 2, Mono- and diglycerides.
- 10. Kawai, S. In *Diacylglycerol Oil;* Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B. D., Tokimitsu, I., Matlock, M. G., Eds.; AOCS: Champaign, IL, 2004; Chapter 20, Oil in Water Foods: Mayonnaise and Salad Dressing.
- 11. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS 5th ed.; Firestone, D., Ed.; Fatty Acids, cis and trans Isomers by GLC Cd 1c-89(95); AOCS: Washington, DC, 1998.
- 12. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS 5th ed.; Firestone, D., Ed.; Solid Fat Content (SFC) by Nuclear Magnetic Resonance Cd 16-81 (97); AOCS: Washington, DC, 1998.
- 13. Narine, S. S.; Marangoni, A. G. "Relating structure of fat crystal networks to mechanical properties: a review" *Food Research International*, **1999**, 32:227-248.
- 14. Siew, W-L.; Ng, W-L. "Influence of diglycerides on crystallisation of palm oil" *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **1999**, 79:722-726.
- 15. Smith, K. W. In *Crystallization Processes in Fats and Lipid Systems*; Garti, N., Sato, K., Eds.; Marcel Dekker: New York, NY, 2001; Chapter 10, Crystallization of Palm Oil and Its Fractions.
- 16. Garbolino, C., Bartoccini, M., Floter, E. "The influence of emulsifiers on the crystallisation behavior of a palm oil-based blend" *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **2005**, 107:616-626.

