

フリーズフロー

高橋 章 夫*

1. はじめに

食品中の水分は、その食品の風味、テクスチャー、保存等に大きな影響を与えており、したがってこの食品中の水分をいかにコントロールするかは、食品の加工、調理、保存において非常に重要なことである。

今回、御紹介するフリーズフロー（冷凍温度下でも食品が固くならず流動性を保っている技術）は、水分コントロールを通じて、食品の保存性を飛躍的に高めると同時に、冷凍温度でも固くならず、加工、調理、食事の際に非常に便利であるといった画期的な技術である。

食品を出来るだけ長期に保存し、しかももとの食品と外観も、味も、食感も変わらないというのは、我々食品工業にたずさわる者にとっては、大変のぞましいことであるが、フリーズフロー技術は、その意味で、大いに今後期待出来る技術であるといえよう。

2. 食品の保存と水分

食品の保存性を高めるために、昔から色々な方法がとられていた。もっともポピュラーな方法は、食品を乾燥することであるが、他にも“くんせい”にしたり、塩漬けや砂糖漬けにすることも広く行われてきた。

これらは、いずれも食品中の水分を何等かの形でコントロールしており、それによって、微生物的に安定な食品にすることで共通している。

ところで、食品の水分には、一般に結合水と呼ばれているものと、自由水とに大別出来る。前者は、食品の構成成分である蛋白質、炭水化物その他の成分に束縛されているのに対し、後者は、結びつかないで食品中に存在しているのである。

微生物（バクテリア、カビ等）が繁殖したり生育するために利用出来る水分は、この自由水であり、自由に食品に入ったり（吸湿）、食品から出たり（蒸散）する水である。いいかえれば水としての活性を有している水、すなわち、0°Cで凍り、100°Cで沸騰する水を微生物は

利用するのである。

したがって食品を長く保存するためには、単に水分をコントロールするのではなく、この自由水を減少乃至、零にすることがポイントになる。

3. 食品の水分活性

上記の自由水の量を示す指標として水分活性がある。これは、水の自由度を熱力学的に表したものであり、物質中の水の蒸気圧と、純水の水の蒸気圧の比率で表している。

したがって、純粋の水の場合は、この水分活性は1であり、水分0の物質の水分活性(Water Activity 以下 A_w で表す)は0である。

A_w は、他の条件、すなわち、温度、pH 空気等と同じく、微生物の生育条件として、きわめて大切な値である。

そして、微生物の生育にとって最適な A_w は、微生物の種類によって勿論異なるが、一般には0.90以上とされている。だから、0.90以下に A_w をおさえれば、可成り微生物の生育を防ぐことが出来る。

微生物の種類別の生育に要する最低の A_w は第1表の通りである。

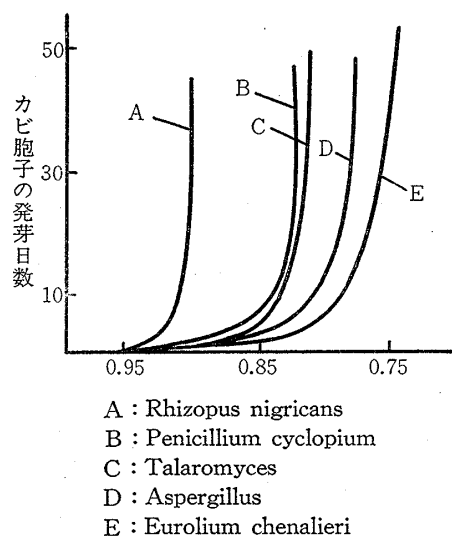
第1表 微生物に必要な最小水分活性

種 類	A_w
バ ク テ リ ア	0.90
イ ー ス ト	0.88
カ ビ	0.80
好 乾 性 カ ビ	0.65

京谷龍美：食品と科学「水分活性測定器について」(1982-8)

最適 A_w 以下になると、生育誘導期や、カビの胞子の発芽期間が、次第に長くなり、ある A_w 以下では、増殖も発芽も、全く止ってしまう。これらに必要な最低の A_w を最小水分活性 (Minimum A_w) という。

* 日本製粉(株)、日本リッチ(株)



第1図 カビ胞子の発芽日数とAwとの関係

4. 水分活性を低下させる方法

以上述べたことから、食品の保存性を向上させるには水分活性を下げるのが重要であることがわかる。

水分活性を下げる方法としては、下記のものがあげられる。

1) 乾燥

食品中の水分を除去し乾燥することによって水分活性を下げる又は、0とする。……一般乾燥食品

2) 冷凍

冷凍することにより、Awを低下させる。食品中の水分活性は、温度を下げることによって低下するからである。……冷凍食品

3) 溶質を加える

糖類、とか塩類、高分子物質(グルテン、ゼラチン等)を加えることによってAwを低下させる。

これらの物質には、食品中の自由水を結合する力があり、そのためにAwが低下するのである。……中間水分食品

5. 中間水分食品

これは、いわゆる乾燥食品とは異り、ある程度の水分を持っていて、適当な軟らかさを有し、しかもAwが低いため、微生物の生育も抑制されているのである。

通常、Aw 0.85~0.65、水分40%~15%の食品を中間水分食品と呼んでいる。伝統的な食品の中では、第2表に示すようなものが、この中間水分食品に属するものといえる。

この中間水分の考え方を入れて、色々な食品についてAwを下げた保存性の高い中間水分食品の開発が進めら

第2表 伝統的な中間水分食品

	水分(%)	Aw
フルーツケーキ	—	0.87~0.80
サラミソーセージ	30	0.83~0.78
イワシ生干し(注4)	55	0.80
イカ塩辛(注5)	64	0.80
ジャム、マーマレード(注6)	約30	0.80~0.75
醬油	—	0.81~0.76
味噌(甘、辛)	約50~40	0.80~0.69
イカ燻製	66	0.78
Parmesan チーズ	17	0.76
蜂蜜	16	0.75
ケーキ(注7)	25	0.74
乾燥果実	17~15	0.72~0.65
ゼリー	18	0.69~0.60
裂きイカ	30	0.65
干しエビ	23	0.64

れた。これらのものは、多くは、食塩、砂糖、グリセリン、等の溶質を加えたものである。すでにペットフードでは、軟かく、肉に近い食感を有し、しかも保存性の高いものが商品化されているが、一般の食品については、安全、安価であり、しかも食品本来の味や香りを損わない溶質(水和剤)がない限り可成り困難である。なお、このように、水和剤が加えられたものを、組立て中間水分食品(Fabricated Intermediate Moisture Foods)と呼んでいる。

6. フリーズフローの沿革

フリーズフローの技術は、米国ニューヨーク州バッファロー市にあるリッチプロダクツ社が開発したものである。リッチ社は、10年以上前から、上記の中間水分食品を人間の食物に応用する研究をはじめた。しかし、味と保存性の両方を兼ね備えたものを開発することはなかなか困難であった。

一方において、同社は永年冷凍食品の製造をつづけて来た。これは、味、保存性は問題ないが、簡便性といった点で大きな難点があった。つまり解凍する手間がかかり、又、組織の破壊といった危険も有している。そこでリッチ社は、中間水分食品と冷凍食品との組合せを考え、常温でもある程度保存性があり、しかも冷凍温度では飛躍的に保存性が高く、更に-18°Cでも固らず、使用するのに便利な新しい食品を開発したのである。

これがフリーズフローである。この技術は、最初、ホイップクリーム(商品名ベタークリーム)に応用され、成功をおさめた。

その後、同社は、着々と応用範囲を拡げており、ベーカーリー関連商品はもとより、スープ、フルーツ、フルー

ツフィリング、ペーストリーについても、この技術に応用した商品の開発に成功している。

将来は、医療面にも応用出来る可能性を秘めており、きわめて有望な技術といえる。

7. フリーズフローの特徴

1) 簡便性

冷凍庫から取り出した時、食品は固っていないので、すぐに食したり、調理したりすることが出来る。

これは、単に消費者のみならず、食品加工業者、流通業者、フードサービス業者にとって、きわめて大きな利益をもたらす。

再冷凍、再解凍も可能であることも便利である。

2) 保存性の向上

① 通常の冷凍食品の場合、食品中の水は凍っていても遊離しているので、微生物の生育環境は存在する。

しかし、フリーズフローの場合には、自由水は、食品の構成物質に結合されているので、微生物の生育環境は消滅しており、したがって細菌学的にはきわめて安定で、腐敗を防ぎ、保存期間を長く保つことが出来る。

第3表 エクレア中の細菌数変化(米国リッチプロダクツ社)
5°C保存(冷蔵庫)

	1日	2日	3日	4日	5日	6日
通常品	5×10^2	5×10^3	5×10^5	5×10^6	10^9	無数
フリーズフロー品	10以下	10以下	10以下	10以下	10以下	10以下

20°C保存(室温)

	1日	2日	3日
通常品	5×10^3	10^9	無数
フリーズフロー品	10以下	10以下	10以下

② 食品中の水分が蛋白、砂糖、塩類、不飽和植物油等に強く結びつけられているので、水が蒸発しにくく、冷凍、冷蔵状態で食品が乾燥し老化するようなことがない。

3) 省エネルギー、省資源

① 従来の冷凍食品程低い温度で貯蔵する必要がないので保存のためのエネルギー費用が少い。

② 解凍、凍結のためのエネルギーが不要(融解潜熱や凝固潜熱がいらない)なので、一般の冷凍食品に較べて、エネルギーコストが7分の1乃至8分の1と格段に少くてすむ。

③ 解凍による水の分離がないため、又再冷凍も可能なため、ロスが劇的に減少する。特にフリーズフローの食品は、汚染の心配をせずに、冷凍庫からの出し入れが可能である。

④ 解凍時間が不要なので、消費者、フードサービス、メーカーにとって時間の節約となる。

4) 自然食品であること

“固らない冷凍”“保存性の向上”といった大きなメリットがあるのにもかかわらず、特殊な化学薬品、保存料等を必要としない自然食品である。

8. フリーズフローの応用例

フリーズフロー技術の概要については、今まで述べて来たとおりであるが、これを実際の食品に応用するにはその食品ごとに色々な工夫が必要である。

すなわち、如何にその食品の風味、味、テクスチャーを保ちながらフリーズフロー加工をするかがポイントである。当然ながら、やりやすい食品もあれば、やりにくいものもある。又、フリーズフローにするメリットが大きいものも、余りメリットのないものもある。

以下、フリーズフローが応用された食品のいくつかについて、すこし詳しく述べてみよう。

1) ホイップクリーム(ノンデイリー)

リッチプロダクツ社が最初に商品化し、大成功したものである。

洋菓子や各種のデザート類、アイスクリーム等にホイップしたクリームをデコレーションしたりトッピングしたりすることは、これらの食品をおいしく、楽しく食べるために、大変重要なことである。

一般に、ホイップクリームは乳脂肪だけのものや、植物性油脂だけのもの、両方を混合したもの(コンパウンド)があるが、いずれも脂肪分45%前後、水分50%位のものである。

このように水分が多いので、非常にいたみやすいのが欠点である。したがって長期に保存しなければならない場合や、常温で流通する商品の場合には、日持ちのよいバタークリームを使用している。しかしこのバタークリームは、脂肪分がずっと多く、水分が少いので、食べた場合、油っぽく味が悪い。

10年以上前には、デコレーションケーキ類は殆んどこのバタークリームを使用していた。しかしいわゆる高級化志向時代に入っていくにつれて、次第にバタークリームが、ホイップクリームにとって代られるようになり、最近では、50%前後ホイップクリームになっている。

しかし、従来のホイップクリームは、先に述べたように、保存性が悪いので、これが大きなネックになって来た。

米国リッチプロダクツ社は、ここに注目し、フリーズフロー技術によるホイップクリームを開発したのである。

フリーズフローホイップクリームは、ホイップクリー

フリーズフロー

第4表 ホイップクリームの細菌数変化(日本リッチ社)

一般細菌数/ml

保存条件：冷蔵庫(10°C)

サンプル \ 保存日数	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	10日	15日	20日	25日	30日	35日
フリーズフローホイップ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
市販 ホイップクリーム	<10	<10	<10	10 ²	10 ³	10 ⁴	多数	多数	多数	多数	多数	多数	多数

保存条件：常温(20°C)

サンプル \ 保存日数	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日
フリーズフローホイップ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10 ³
市販 ホイップクリーム	<10	10 ³	多数	多数	多数	多数	多数	多数

試験方法：

フリーズフローホイップ、市販ホイップクリーム(砂糖15%添加)をホイップし、密封容器に入れ各温度で保存した。

ムの味、食感をのこしながら、バタークリームに近い保存性を付加したものである。つまり両者の長所を合せ持ったものである。

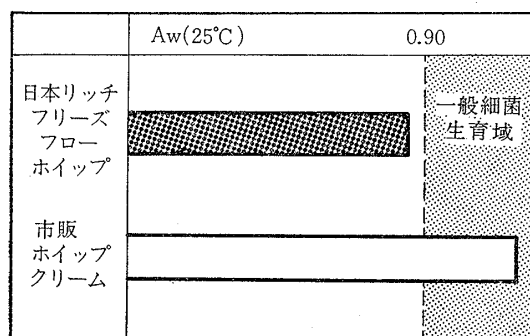
10°C と 20°C で保存した時の比較をグラフに示したのが第3表である。

これでわかるように、通常のホイップクリームでは、冷蔵庫(10°C)内でも1週間はもたせることが出来ないが、フリーズフローであれば、1ヶ月以上経過しても全く安全である。常温であれば、一般のクリームは、2日しかもたないのに対して、フリーズフローは、1週間は安全であるといったように、保存性は飛躍的に改良される。

しかも、保存性以外のクリームの重要なファクターである耐凍性、保型性、ホイップ性も、通常のクリームと同等、又はそれ以上のものがある。

これは、いずれも、自由水が少く、すべて水分は結合水となっているからであり、水分がクリームの成分の1つとして、がっちり組みこまれているからである。したがって水分活性も第4図のように一般クリームと比較しずっと低い。

このように、従来のホイップクリームの常識を破った特性を有しているのです。洋菓子、デコレーションアイス、デザート類、パンやドーナツへのフィリング、



第2図 ホイップクリームの水分活性

トッピングと幅広い利用が可能になる。

又、冷凍、冷蔵、常温のすべての条件で、流通が非常にやりやすくなり、その点でも利用範囲がぐっと広がる。

2) コーヒー、紅茶

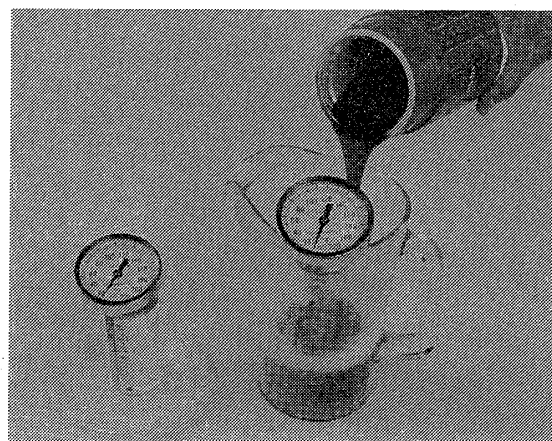
コーヒー、紅茶類も、フリーズフローにすることによって、用途が幅広くなる。

特にアイスコーヒーやアイスティの場合は、従来は、一旦ホットコーヒー、ティを作ったのち、これを冷し、氷を加えるといった二重の手間がかかった。

フリーズフローであれば、冷凍温度においても凍らず流動性を持ったコンセントレートが出来るので、単に水を加えるだけで、すぐにアイスコーヒー、ティとしてサーブ出来る。又風味、香りもインスタントのものに較べてすぐれているので、家庭用、業務用とも、便利である。米国のリッチプロダクツ社は、すでにこの類の商品の開発は終っており商品化されるのは間もないと思われる。

3) フルーツ類

フルーツは、ケーキ、アイスクリーム等とききてもきれない縁があるが、これがフリーズフロー加工出来れば



第3図 フリーズフロー紅茶(リッチプロダクツ社)

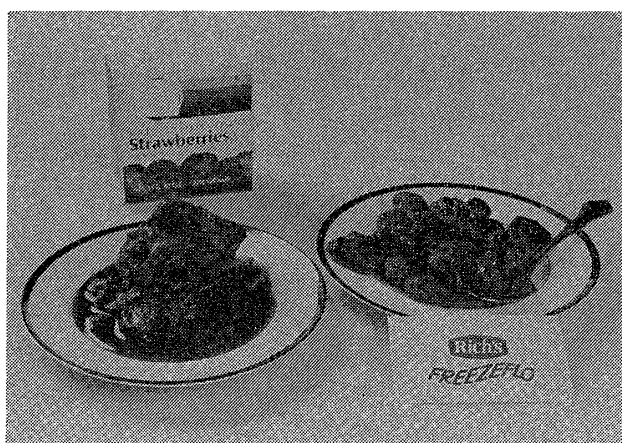
色々便利な点がある。

洋菓子(ショートケーキ)にかざるいちごがフリーズフローであれば、保存性が高く、冷凍可能で、しかも冷凍庫からとり出してすぐ食べられる。又、アイスクリームの中にフルーツをきざんで入れても、固くならず、アイスクリームと一緒に食べられる。

リッチプロダクツ社では、果物のテクスチャーや風味・色を出来るだけのこしフリーズフロー加工をする研究をつづけた。必要な溶質(糖類等)をどのように果物に浸透させるかについては、ノウハウがあるようであるが、今では、いちご、ブルーベリー等は全粒のままでフリーズフロー化することに略成功しているし、梨、桃等も、ある程度のフレックであれば、可能であるという。

いずれにしても、このようなフルーツ類が食品に使われるのも、そう遠いことではない。

この他、各種のケーキ類、デザート類やスープ類も、



左) 一般の冷凍いちご 右) フリーズ・フローのいちご
一般のいちごは水が遊離しているがわかる

第4図 フリーズ・フローのいちご(リッチプロダクツ社)

フリーズフロー化は可能であるし、将来は、もっと広がって、単に食品だけでなく、保存血液等にも応用出来る可能性を秘めている。

9. むすび

フリーズフローの原理そのものは、今まで述べて来たように、水分活性のコントロール、氷点降下、といったことで、特別目新しいものではない。

しかし、これを個々の食品に応用するには、その食品の特性がそれぞれあり、それを生かしながら、しかも、フリーズフロー加工をしなければならず、そこに色々なノウハウが生ずる。いいかえれば、フリーズフローは多くの経験技術の積み重ねであるといえる。

したがって、現在ではまだごく限られたものしか開発されていないが、今後の地道な努力と研究により、更に多くのものに適用されることになるであろう。

本格的な冷凍食品が50年前に Clarene Birdseyes によって発売されたときは、大きなエポックであったが、フリーズフローもそれと同じように、今後冷凍食品を大きく変えて行くエポックメイキングになるのではないだろうか。

参考文献

- 1) John A. Troller, J. H. B. Christian, 平田孝・林徹訳: 食品と水分活性
- 2) 京谷龍美: 食品と科学「水分活性測定器について」(1982-8)
- 3) Marvin L. Kahn et al: Intermediate Moisture Ready-to-Use, Frozen Foods. U. S. Patent. 4, 146, 652.