アグリビジネス創出フェア in 東海 Web展示

一般財団法人 日本食品分析センター③

賞味・消費期限設定のための二次機能分析
（味・外観・硬さ・におい）

① 加工食品の賞味・消費期限設定

② 味覚センサーを用いた味の分析

③ ビジュアルアナライザーを用いた外観分析

④ クリープメーターを用いた硬さの分析

⑤ GC-MSで測定したにおい成分の多変量解析

⑥ 参考：官能評価

⑦ 結果のご報告

⑧ 分析料金

⑨ 食品の二次機能分析について

賞味・消費期限設定のための
二次機能分析
(味・外観・硬さ・におい)

一般財団法人
日本食品分析センター

加工食品の賞味・消費期限設定は

食品衛生法およびJAS法により，**科学的・合理的な根拠をもって適正に設定すること**が要求されています。
【「食品期限表示の設定のためのガイドライン」（平成17年2月，厚生労働省及び農林水産省）】

◆賞味・消費期限設定のための試験

標準的には，官能評価および劣化の指標となる微生物検査や各種理化学試験の結果を組み合わせて，期限を設定します。
さらに，二次機能分析を実施することで，味，外観，硬さ，においといった官能評価の各指標を客観的に評価することができます。

標準的な期限設定のための試験

官能評価
消費：外観観察(異常の有無)
賞味：合議による官能評価(比較評価)

微生物試験
消費：主に衛生指標菌
賞味：微生物による腐敗(劣化)が考えられる食品に適用

理化学試験
水分，水分活性，ｐＨ，酸価(AV)，過酸化物価，チオバルビツール，酸価，揮発性塩基窒素，酸度，糖度，ヒスタミン

二次機能分析

食品の感覚・嗜好機能(二次機能)である味，外観(色，形，大きさ)，硬さ，においを機器分析により数値化または定性する。

使用機器：味覚センサー，ビジュアルアナライザー，クリープメータ，GC-MS
分析例：p2～3参照

◆官能評価と二次機能分析の長所と短所◆

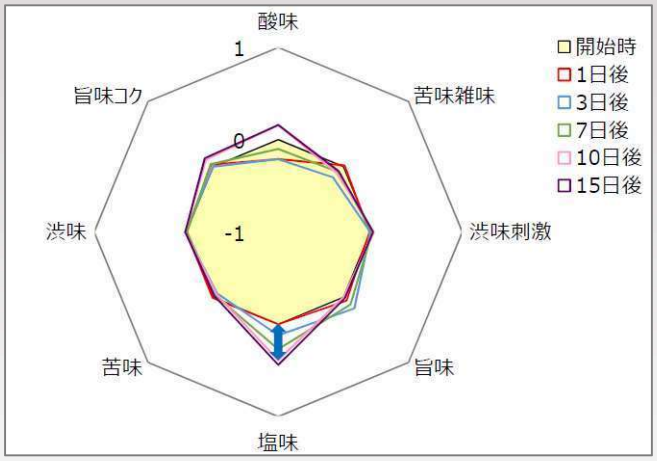
賞味期限設定のための官能評価と二次機能分析には長所と短所があります。

	官能評価	二次機能分析
長所	➢ 複合的な味やにおい，外観や硬さを総合的に評価できる。 ➢ 味・外観・硬さ・においの好みを評価できる。 ➢ 食事を提供する状態(温度)で試験ができる。	➢ 味・外観・硬さを客観的に数値化できる。 ➢ 結果を可視化できる。 ➢ 官能評価で評価されたにおいの変化に関与する物質を特定できる。
短所	➢ 目的に応じた評価者の選択，訓練が必要となり，コストや時間がかかる。 ➢ 複数名の評価者による主観的な評価を合議で決定する。 ➢ 対象品が必要である。 ➢ 実施日の異なる分析データの比較が難しい。	➢ 保存開始品(コントロール品)が必要である。 ➢ 味・外観・硬さ・においの好みを評価できない。 ➢ サンプルによっては実際の食事と異なる状態で試験を行う必要がある。

消費期限・賞味期限の設定において，官能評価や微生物試験，各種理化学試験に加え，二次機能分析を組み合わせることで，それぞれの短所を補い，より総合的・客観的な評価が可能となります。

◆味覚センサーを用いた味の分析(食パンの保存試験例)

味覚センサーは客観的に食品の「味」を比較評価する装置です。味の差を数値化することにより，保存による味の変化を評価します。味の差はレーダーチャートにて視覚化します。



分析結果：レーダーチャート

分析結果より
塩味，酸味が増加したことで，保存により食パン特有の風味が損なわれたと判断。

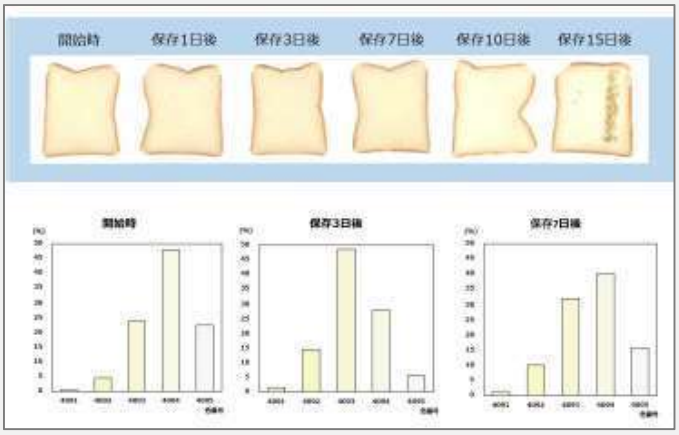
味認識装置 TS-5000Z
株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー
写真：株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー提供

●味覚センサーは私たち人間の舌をモデルとした「人工脂質膜」に味物質が吸着するときに生じる膜電位の変化量を測定することにより，客観的に味を数値化します。

●5種類のセンサーを用い，先味（酸味・苦味雑味・渋味刺激・旨味・塩味)と後味(苦味・渋味・旨味コク)を測定することで計8種類の味を評価することができます。

◆ビジュアルアナライザーを用いた外観分析(食パンの保存試験例)

ビジュアルアナライザーは食品などの外観を評価する装置です。色や形を数値化し，比較することにより，保存による外観の変化を評価します。



分析結果：外観写真とカラーパターン

分析結果より
保存7日後までは，保存による外観の変化はみられなかった。

ビジュアルアナライザーIRIS VA400
アルファ・モス・ジャパン株式会社
写真：アルファ・モス・ジャパン株式会社提供

●ビジュアルアナライザー IRIS は，複雑かつ不均一なサンプル表面の見た目(外観)を数値化するシステムです。
●外部の光などの影響を受けずにサンプルを撮影し，サンプル表面の色や大きさのばらつきを高感度に解析します。
●色・形(真円度など)・大きさを数値化できる点が特徴です。

◆クリープメーターを用いた硬さの分析(食パンの保存試験例)

クリープメータはサンプルを圧縮し，破断した点や侵入したときの荷重値を測定する装置です。硬さを数値化し，比較することにより，保存による食感の変化を評価します。

分析結果：硬さと水分の変化

クリープメータ RE2-33005C
株式会社 山電
写真：株式会社 山電提供

【破断強度試験】
一定速度でサンプルを圧縮することにより，サンプルを破断したときの硬さ(食品などの素材そのものの硬さ)や，人がものを食べたときを想定した硬さなどを求めることができます。

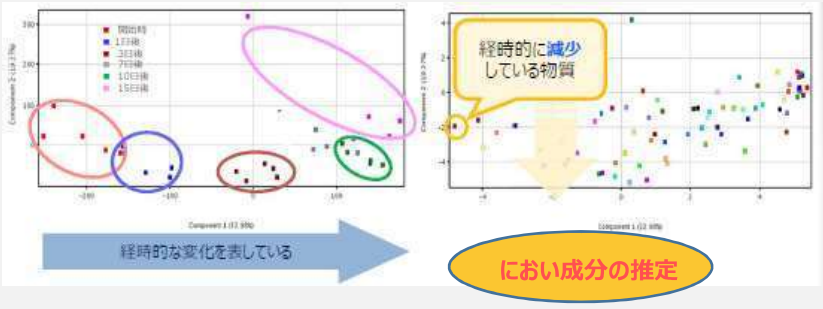
【テクスチャー試験】
一定距離間を等速で往復運動し，力の変化を測定します。食品分野で一般に用いられる「テクスチャー試験」に対応し，「硬さ」「付着性」「凝集性」などを求めます。口腔内の感覚(くっつきやすさ，まとまりやすさ)などを数値化できます。

分析結果より
水分量の低下により，パサつくことで硬さが上昇し，食感の低下につながったと判断。

◆GC-MSで測定したにおい成分の多変量解析(食パンの保存試験例)

SPMEを用いたガスクロマトグラフィー質量分析(GC-MS)法と多変量解析ソフトを用いた解析により，においの変化に影響を与えた物質の検索が可能です。

多変量解析ソフトウェア【Mass Profiler Professional】を用いた解析結果



SPME
（Solid Phase Micro Extraction）

固相マイクロ抽出（SPME）は画期的で高感度，溶媒不要のサンプル前処理法です。吸着／吸収と脱離の原理に基づき，SPMEはコーティングファイバーを使ってサンプルから揮発・半揮発性成分を濃縮します。

推定された成分のピーク面積の推移の確認

SPME-GC-MS法にて得られた全イオンクロマトグラム中の各ピークの多変量解析（主成分分析)より
経時的に変化しているピークを抽出し，得られた物質リスト中から，においに関与する成分を検索した結果，甘い特徴的な臭気であるγ-ウンデカノラクトンの減少が確認された。

◆参考：官能評価(合議による官能評価)

食品が持つ固有の特性を人(目的に適したパネリスト)の感覚器 (目，耳，口，鼻，皮膚など)によって総合的に評価する，賞味期限設定に標準的に用いられる手法です。

○評価方法
3名のパネリストによる合議制

○対照品との比較評価
①測定ポイントごとに評価 ： 製造直後品，冷凍保存品等
②製造日(保存日数)の異なる製品をまとめて評価 ： 製造直後品

○評価項目
外観 におい 風味 食感 など

○評価点（総合評価）
評価基準を決めて評価する。
[評価項目毎に点数をつける場合もある。]

○評価コメント
評価項目毎に，対照品との差を記述する。

○評価のポイント

<外観>
・色，状態の変化
・異常の発生

<においl>
・製品特有のにおいの減少
・におい質の変化
・異臭の発生

<食感>
・食感の変化
・湿気

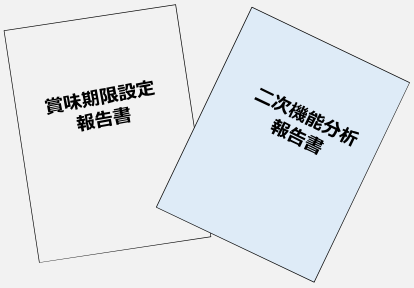
<風味>
・製品特有の風味の減少
・味質の変化（塩味，甘味等）
・異味の発生

○評価基準例

評価点	評価基準
5点	対照品と差が認められない。
4点	対照品よりわずかに差を認める。
3点	対照品と差を認める。
2点	対照品と明らかの異なる。
1点	食べることに抵抗を覚える。

◆結果のご報告

標準的な期限設定のための報告書とは別に二次機能分析報告書にて結果をご報告いたします。
報告内容は，各評価項目についてレーダーチャート，外観写真，グラフ，解析等でお示しいたします(分析例p2～3参照) 。



◆分析料金

・味：味覚センサー 46,000円～
・外観･色：ビジュアルアナライザー 40,000円～
・硬さ：クリープメータ 40,000円～
・におい：香気成分分析（GC-MS）150,000円～
（試験内容によります。）

期限設定のための試験について，官能評価，微生物試験，各種理化学試験と合わせて，二次機能分析のご相談を承っております。
二次機能分析にご興味がございましたらお気軽にお問合せ下さい。

(na4amikaku@jfrl.or.jp 二次機能担当者)

JFRL ニュース　Vol.7　No25　Aug.　2023

食品の二次機能分析について
～味・外観・硬さ・においの測定～

はじめに

「おいしい」という感覚はかなり複雑で，味やにおいだけではなく，食べ物の色や形，喫食時の食感や音などさまざまな要素が複雑に影響しており，食べる人の体調や食べるときの環境，食文化などにも左右されます[1)]。

食品機能論では，食品のもつ機能を，栄養素としての一次機能，嗜好性としての二次機能，生体内調節を行う三次機能に分類[2)]していますが，JFRL では，おいしさ，すなわち嗜好性(二次機能)の主な構成要素である味・外観・硬さ・においをそれぞれ分析機器により評価する試験を受託しています(JFRL ではこれらの分析を二次機能分析と称しています)。

二次機能分析は，嗜好性を構成するこれらの要素を客観的なデータに置き換えることができます。二次機能分析の代表的な活用シーンとしては，①商品の差別化・特徴付け，②肉・果物等の熟成・熟度の評価，③消費(賞味)期限設定における官能評価の裏付け，④食品の保存等による劣化の評価などが考えられます。

このように様々な用途に活用できる二次機能分析について，今回は測定方法や測定事例を紹介します。

二次機能分析の測定方法

JFRL では，二次機能分析として 4 つのカテゴリについてそれぞれの機器(味：味覚センサー，外観：ビジュアルアナライザー，硬さ：クリープメータ，におい：GC-MS)を用いて測定しています。それぞれの二次機能分析の特徴と JFRL が使用している分析機器を表-1 に示しました(機器の写真はメーカーより提供)。二次機能分析では，比較試験として 2 つ以上の測定結果を比較します。例えば次項に記載の活用シーン①差別化・特徴付け では 2 種類以上の商品の測定結果を，活用シーン②熟成・熟度，活用シーン③食品期限設定，活用シーン④劣化の評価では，測定ポイント 2 箇所以上の測定結果を比較します。

Copyright © 1987-2023Japan Food Research Laboratories. All Rights Reserved.

表-1　二次機能分析に用いる機器の特徴

味：　味覚センサー
食品の「味」を比較評価する。酸味，苦味，渋味，旨味，塩味，甘味の測定が可能。 食品の味を人間の舌で感じるように客観的に評価できる。 インテリジェントセンサーテクノロジー製 TS-5000Z 【測定例】野菜類，果実類，飲料，酒類，調味料など
外観：　ビジュアルアナライザー
食品などの複雑かつ不均一なサンプル表面の色や形，大きさを数値化する。 アルファ・モス・ジャパン製 IRIS VA400 【測定例】野菜類，果実類，パンの焼き色など
硬さ：　クリープメータ
食品の食感を力に置き換えて数値化する。一定速度で食品を圧縮することにより，食品が破断したときの硬さなどを求めることが可能。 山電製 RE2-33005C 【測定例】錠剤，ゼリー，介護食品など
におい：　GC-MS
固相マイクロ抽出(SPME)を用いたガスクロマトグラフィー質量分析(GC-MS)法と多変量解析ソフトを用いた解析により，においの変化に影響を与えた物質を検索する。 GERSTEL 製 MPS2 多機能オートサンプラ+ Agilent Technologies, Inc. 製 7890A GC/5975C TAD MSD 【測定例】油菓子，パンなど

分析事例

1　味覚センサーを用いた味の分析

リンゴの種類による味の違いを評価した測定例です(活用シーン①差別化・特徴付け)。

リンゴは品種によって食感や甘味，酸味などの特徴が異なります。図-1 に測定したリンゴの甘味と酸味の二次元散布図を示しました。品種による甘味，酸味の強弱を可視化することができました。図-2 にレーダーチャートを用いて，サンフジの味を測定した 5 種類のリンゴの平均値と比較した例を示しました。甘味，酸味，旨味，塩味において味の差があり，図-1 に示すよう，甘味が強く酸味が弱い品種であると特徴づけることができました。

リンゴなどの青果物の場合には，味覚センサーの塩味は味の厚みに表現を置き換えて，評価を行うことがあります。

なお，図-1 及び図-2 は，JFRL における測定例であり，一般的な品種の特徴を示すものではありません。

Copyright © 1987-2023 Japan Food Research Laboratories. All Rights Reserved.

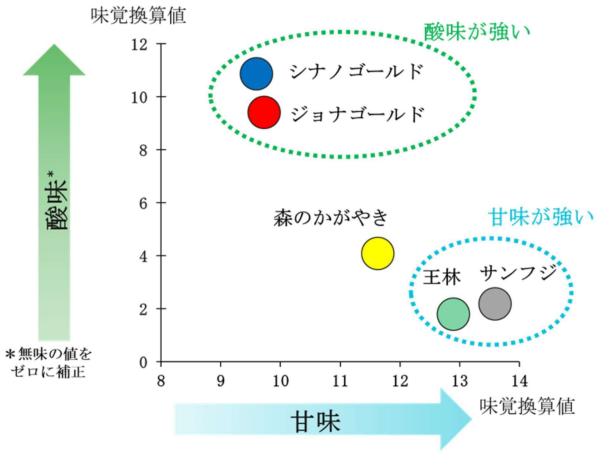


図-1　リンゴの二次元散布図

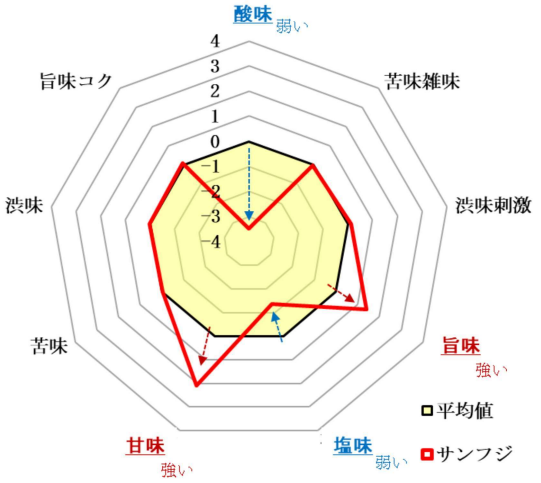


図-2　リンゴのレーダーチャート

2　ビジュアルアナライザーを用いた外観分析

等級の異なる桃の測定例を図-3 に示しました(活用シーン①差別化・特徴付け)。

桃の真円度とカラーパターンを図-3 に示しました。カラーパターンは，外観を構成する色要素の存在割合を示した棒グラフです。規格外に比べてエクセレントの桃は赤の割合が多く円に近い(真円度が大きい)ことがわかります。

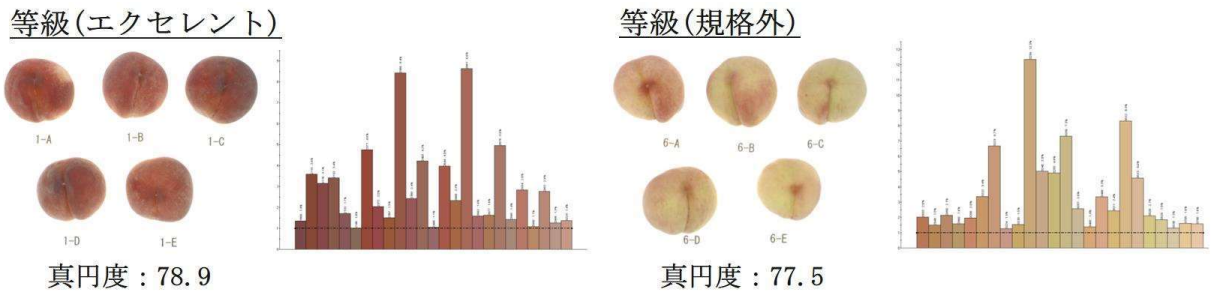


図-3　等級の異なる桃の色・形の比較

室温で 5 日間保存したバナナのカラーパターンの測定例を図-4 に示しました(活用シーン②熟成・熟度)。保存中の経時的な色の変化をモニタリングすることで，熟度の進行を数値化することができました。

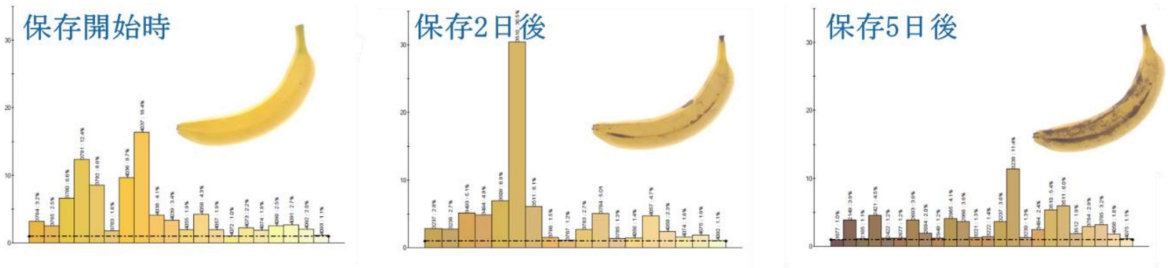


図-4　保存によるバナナの色の変化

Copyright © 1987-2023 Japan Food Research Laboratories. All Rights Reserved.

3　クリープメータを用いた硬さの分析

室温で，15 日間保存した食パンの測定例を示しました(活用シーン③食品期限設定)。

保存による硬さと水分の変化を図-5 に示し，並行して行なった官能評価の結果を表-2 に示しました。官能評価では，3 日後と 7 日後に差が見られず，「ぱさついている。ふんわり感が弱い」という結果でしたが，クリープメータを用いた硬さの分析では，保存開始時から 15 日後までで，経時的に最大荷重の数値が大きくなり，また，水分値においても減少がみられ，食パンが硬くなったことがわかります。

なお，加工食品の消費(賞味)期限設定は，食品表示法により，科学的・合理的な根拠をもって適正に設定することが要求されています[3)]。

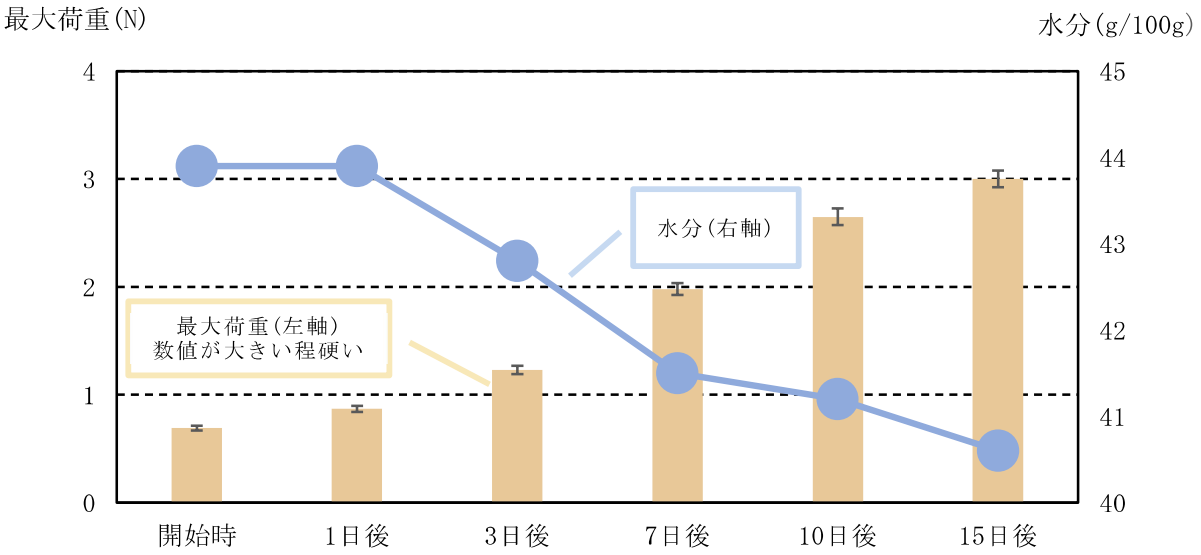


図-5　室温保存した食パンの硬さ及び水分の結果

表-2　室温保存した食パンの官能評価の結果

検査項目	保存日数	
	3 日後	7 日後
食感	ぱさついている。 ふんわり感が弱い。	ぱさついている。 ふんわり感が弱い。

Copyright © 1987-2023 Japan Food Research Laboratories. All Rights Reserved.

4　GC-MS で測定したにおい成分の多変量解析を用いた分析

25 ℃で 111 日間保存した かりんとうの測定例を示しました(活用シーン④劣化の評価)。

SPME 法(固相マイクロ抽出法)により揮発性を有する成分を捕集し，これを GC-MS で測定しました。得られた全イオンカレントクロマトグラム中の各ピークについて，多変量解析(主成分分析)により経時的に変化しているピークを抽出，得られた物質リスト中から，においに関与する成分を検索しました。

その結果，脂質の酸化により生じることが知られているアルデヒド類，アルコール類，脂肪酸類の経時的な増加が確認されました(図-6，7 及び表-3)。これらの成分変化が，油の酸化臭の増加に寄与していると考えられました。

表-4 に示した官能評価の油の酸化臭の結果は，30 日後に「やや感じる」，82 日後に「かなり感じる」，111 日後に「非常に感じる」となり，油の酸化臭に関与するヘキサナールなどの増加との関連がみられました。

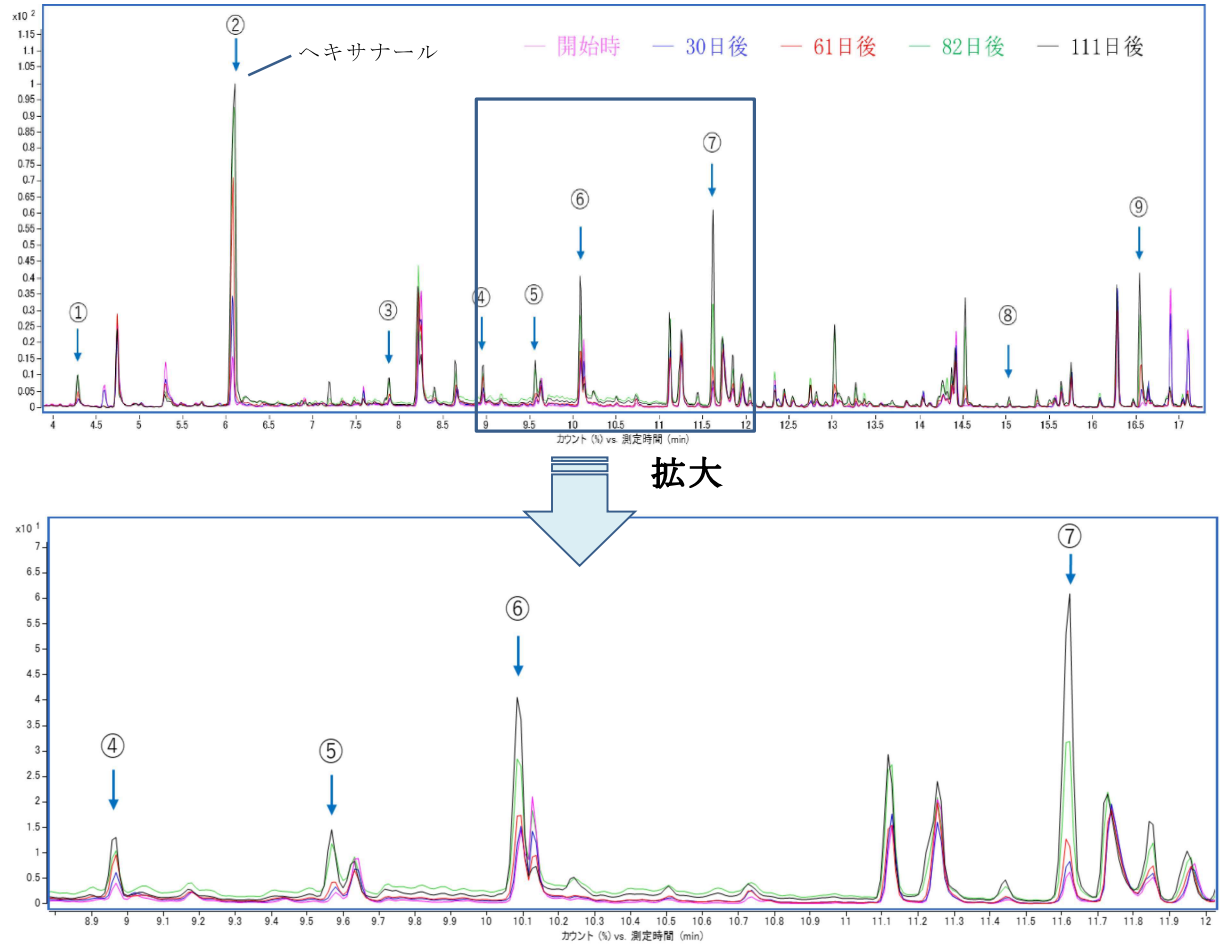


図-6　かりんとうの全イオンカレントクロマトグラム(①～⑨：経時的な増加ピーク)

Copyright © 1987-2023 Japan Food Research Laboratories. All Rights Reserved.

表-3　ピーク①～⑨の同定結果

ピーク	物質名
①	ペンタナール
②	ヘキサナール
③	ヘプタナール
④	1-ペンタノール
⑤	オクタナール
⑥	*trans*-2-ヘプテナール
⑦	*trans*-2-オクテナール
⑧	*trans*, *trans*-2,4-ノナジエナール
⑨	ヘキサン酸

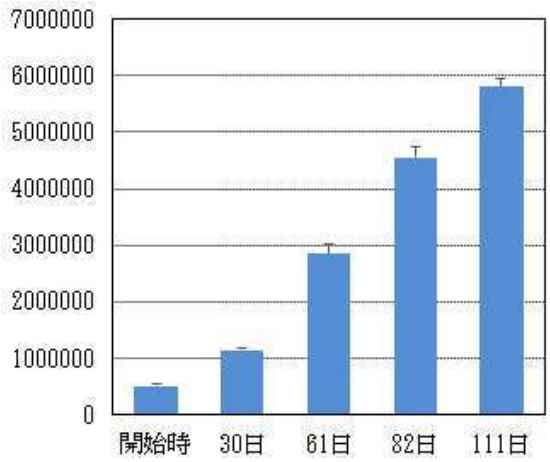


図-7　ヘキサナールの抽出イオンのピーク面積の変化

表-4　25 ℃で保存した かりんとうの官能評価の結果

検査項目	保存日数		
	30 日後	82 日後	111 日後
油の酸化臭	やや感じる。	かなり感じる。	非常に感じる。

おわりに

二次機能分析と官能評価や微生物試験，各種理化学試験を組み合わせることで，それぞれの特徴を活かしたより総合的・客観的な評価が可能となります。また，二次機能分析では，官能評価によるデータ取得が難しい以下のようなケースでも測定が可能です。

・パネリストへの負担の大きい酒類・香辛料・苦味物質を含むサンプルなど
・クレーム対応などの喫食が困難なサンプル
・消費期限・賞味期限を超えた範囲の評価

二次機能分析はお客様のニーズに応じた様々なシーンにご利用いただけます。

参考資料

1）佐藤成美：「おいしさ」の科学，講談社(2018)
2）荒井綜一ほか：機能性食品の事典，朝倉書店(2007)
3）消費者庁：食品表示法等(法令及び一元化情報)

Copyright © 1987-2023Japan Food Research Laboratories. All Rights Reserved.