注目しています。その技術！

近赤外分析装置を利用した栄養成分の迅速分析の開発

岡野勝樹† 小南良太

ビーエルテック株式会社

1. 緒　　言

2015年に「食品表示法」（平成25年法律70号）が施工され包括的かつ一元的な制度が創設された．生鮮食品の表示については，「名称」「原産地」など表示が義務付けられた．また加工食品についてはさらに，栄養成分として，熱量，たんぱく質，脂質，炭水化物，ナトリウム（食塩相当量で表示）の表示が義務付けられた．そして2020年4月1日から一般用加工食品の経過措置期間が終わり完全施行された[1]．熱量，たんぱく質，脂質，炭水化物，ナトリウムの表示値は，表1に示す測定方法または，合理的な推定によって得られる．標準測定法以外での測定値と化学分析値（いわゆるデータベース）の相関が確率されていれば，合理的な推定として採用でき，「この表示は目安です」や「推定値」として表示することができる．

今回は，弊社の近赤外分析装置（スペクトラスターXT-R）にて測定を行い，得られたスペクトルと化学分析値により検量線を作成し，近赤外分析装置での測定値と化学分析値を比較し遜色ない結果が出たことを報告する．また分析精度を上げるための測定方法の検討も行った．

2. 測　定　方　法

近赤外分析装置で測定するにあたり，加工食品の前処理が必要になる．今回は，サンプルとして，弁当，惣菜，おにぎり，麺類，パン類など準備した．

以下の手順で測定サンプルの前処理を実施した．

手順1．サンプルをフードプロセッサーなどでホモジナイズし均一にする．

手順2．ホモジナイズしたサンプルをナイロン製袋またはシャーレに入れ，ナイロン袋の場合はシーラーで封をする．

測定は非常に簡単であり，ナイロン製袋またはシャーレを図1に示す装置（XT-R）の測定部に載せ，タッチパネルのScanを押すだけである．測定時間は約60秒で，図2に示すようにたんぱく質，脂質，炭水化物，ナトリウム及び熱量を同時に測定することができる．

図1と2を以下に示す．

表1　食品表示基準（消費者庁食品表示基準　別表第9[1]に記載されている事項から抜粋）

栄養成分及び熱量	表示の単位	測定及び算出の方法	許容差の範囲
たんぱく質	g	窒素定量換算法	±20%
脂質	g	エーテル抽出法，クロロホルム・メタノール混液抽出法，ゲルベル法，酸分解法又はレーゼゴットリーブ法	±20%
炭水化物	g	当該食品の質量から，たんぱく質，脂質，灰分及び水分の量を控除して算定すること．この場合において，たんぱく質及び脂質の量にあっては，第1欄の区分に応じ，第3欄に掲げる方法により測定し，灰分及び水分の量にあっては，次に掲げる区分に応じ，次に定める方法により測定すること． 1 灰分 酢酸マグネシウム添加灰化法，直接灰化法又は硫酸添加灰化法 2 水分 カールフィッシャー法，乾燥助剤法，減圧加熱乾燥法，常圧加熱乾燥法又はプラスチックフィルム法	±20%
ナトリウム	mg	原子吸光光度法又は誘導結合プラズマ発光分析法	±20%
熱量	kcal	修正アトウォーター法	±20%

〒103-0011　東京都中央区日本橋大伝馬町14-15　マツモトビル4F

† Fax: 03-5847-0255, E-mail: okano@bl-tec.co.jp

© 2022 Japan Society for Food Engineering



図 1　XT-R の外観と測定部



図 2　測定結果画面例とスペクトル図

3. 近赤外分析と検量線

近赤外線は，可視光と赤外の間の一般的には 800 nm ～2500 nm の波長領域である．近赤外分析装置は，1970 年代，米国農務省の Dr. Karl Norris らにより，農産物の品質取引や食品中の主要一般成分で，水分，タンパク，脂肪分などを非破壊で迅速に測定できる装置として実用化された．日本国内では，1970 年代後半から徐々に導入が始まり，原料の管理や工場の工程管理などで使用されている．近赤外分析装置は，文字通り近赤外線を出す装置であり，実用化するには検量線を作成する必要がある．そのためには，近赤外分析装置から得られるスペクトルと測定サンプルの対象項目ごとの従来分析値が必要になる．検量線を作成する場合の検体数は多ければ多いほどよいが，対象サンプルの種類が少ない場合は，100 検体ほどでも精度よく作成できる．

また，加工食品の栄養成分表示向けの食品分析機関で使用される場合は，お弁当，惣菜，サンドイッチ，麺類など様々な加工食品があるため精度を上げるためには多くのサンプル情報を検量線に入れる必要がある．弊社では，約 2000 サンプルの測定を行い，検量線を作成した．

4. 栄養成分表示向けの検量線の作成方法

上記の近赤外分析装置での測定により，サンプルごとにスペクトルを習得できる．そのサンプルの化学分析値とスペクトルを対にし，検量線作成ソフトに入れ計算することにより検量線を作成することができる．

5. 結　　果

加工食品約 2000 サンプルを測定し，作成した検量線を用いて，10 点の加工食品について化学分析と近赤外分析装置の測定を行った．以下の表 2 に化学分析値と近赤外分析値の比較例を示す．

6. 検　　討

栄養成分の表示する値が化学分析値の場合の許容差の範囲は，±20％以内である必要がある．消費者庁の食品栄養成分についての資料 [2] では，表示された一定の値が許容差の範囲を超える可能性がある場合は，合理的な推定により得られた値として表示することも可能と記載されている．緒言で記述したように近赤外分析装置で測定した値は，根拠資料を保管することによりこの合理的な推定により得られた値として使用できるが，実施に測定する場合は，より測定値の精度を上

表 2　化学分析値と近赤外分析装置での測定結果比較例

サンプル名	たんぱく質 (g/100g)		脂質 (g/100g)		炭水化物 (g/100g)		ナトリウム (mg/100g)		熱量 (kcal/100g)	
	化	近	化	近	化	近	化	近	化	近
シーチキンマヨネーズおにぎり	4.1	5.1	5.0	4.4	32.6	32.6	270	290	192	191
紀州南高梅おにぎり	3.0	3.4	0.6	0.6	35.0	33.7	560	560	157	157
甘辛タレの豚カルビ丼	5.7	7.2	3.2	2.9	30.7	28.9	390	400	174	169
豚焼肉カレー弁当	3.2	3.3	4.9	5.1	21.6	20.4	390	320	143	143
デイリー牛丼	5.1	5.4	7.2	7.3	23.0	22.1	240	260	177	178
3 種のカツサンド	8.9	8.6	13.0	12.9	26.8	28.9	760	750	260	270
ベイクドショコラタルト	5.8	6.4	25.2	25.2	48.3	46.0	110	110	443	444
たっぷりクリームのシフォンサンド	4.9	5.3	20.9	20.7	32.6	31.4	140	130	338	336
まるごと苺（ケーキ）	3.2	3.8	17.1	17.3	27.2	25.7	96	110	276	276
ごろっとグラノーラ（メープルナッツ）	8.8	8.5	17.0	18.2	69.9	69.1	250	280	468	469

※化は化学分析値，近は近赤外分析装置の結果

© 2022 Japan Society for Food Engineering

げるよう求められる．

当初は，サンプルの保存性，測定の簡易性を考慮しナイロン袋に入れての測定を行っているが，ナイロン袋自体の近赤外の吸収があるため，サンプルをシャーレに入れて精度がどれだけ向上するかの確認を行った．

操作は，ナイロン袋の手順１と同様にサンプルをフードプロセッサーにてホモジナイズして均一にしてシャーレに隙間無く入れた．

シャーレでの検量線作成は約 50 検体である．図３に測定部を示す．



図３　シャーレによる測定の写真

表３に化学分析値とシャーレとナイロン袋での測定結果を示す．

7．結論と今後の取り組み

栄養成分表示の義務化に対応した近赤外分析装置の検量線が完成し，測定時間はおよそ 60 秒で迅速に５項目同時に測定することができる．

サンプルをシャーレに入れて測定すると測定精度が向上することも明らかとなった．

最近食物繊維の測定についても問い合わせが増えてきており，検量線作成を行っている．

参　考　文　献

1) 食品表示法に基づく栄養成分表示のためのガイドライン　消費者庁　食品表示企画課　平成 30 年５月
2) 食品の栄養成分表について　消費者庁　食品表示企画課　令和元年７月

表３　化学分析値とシャーレとナイロン袋の測定結果

	たんぱく質（g/100g）			脂質（g/100g）			炭水化物（g/100g）			ナトリウム（mg/100g）			熱量（kcal/100g）		
	化	シ	ナ	化	シ	ナ	化	シ	ナ	化	シ	ナ	化	シ	ナ
とんかつ	17.3	18.5	19.6	27.1	25.4	25.7	12.5	9.6	8.3	287	384	652	363	358	355
パスタ	4.8	5.0	4.5	2.8	1.2	2.7	26.8	28.7	30.0	317	345	414	152	148	152
天ぷら	4.1	4.1	4.0	23.1	21.6	22.5	23.1	23.7	27.3	93	120	260	317	321	319
卵焼き	12.4	10.8	11.3	15.9	14.3	13.2	4.2	6.1	6.5	707	688	397	210	202	199
焼き肉	25.6	25.3	25.3	12.3	11.7	12.2	0.0	0.5	1.4	357	433	572	213	206	199
唐揚げ	19.6	18.0	19.0	34.7	35.3	37.4	2.6	3.4	4.4	388	543	430	401	405	407
焼き魚	15.9	16.8	16.6	25.7	23.7	26.5	17.2	15.3	17.2	303	373	507	364	355	375
人参煮	26.4	25.0	25.0	10.5	11.2	12.4	0.3	1.8	1.3	948	824	690	201	211	207
SEP		1.11	1.33		1.48	1.64		2.18	2.61		204	247		9.3	14.2

※化は化学分析値，，シは，シャーレ，ナはナイロン袋
※ SEP は Standard Error of Prediction（予測標準誤差）で検量線の評価指標である．
いずれの SEP もシャーレの方が低く，より精度がよい検量線となった．
実際の運用で精度が必要な項目ではシャーレを利用した方がよいと思われる．
また精度を上げるには，測定品種ごとに検量線を作成した方がよい場合もある．

© 2022 Japan Society for Food Engineering