

食品製造工程におけるリアルタイム計測の研究 —米菓の体積測定法—

大 竹 嘉 尚*

1. 緒 言

食品をその嗜好性からみると、味、香り、色、食感などが重要な点となる。その中でも、米菓といわれる煎餅は、特にその食感が嗜好性から重要な点となっている。煎餅の食感—かたい、やわらかい—の微妙な部分は主に培焼工程時に検査され、火加減等により調整される。

その検査調整は、煎餅の培焼を進行させながら行われるので、迅速性が要求される。検査員が直接口にしてみて、その食感を確かめているのが、現状で熟練した検査員が必要となる。人間が検査するため、熟練された検査員といえども検査員の体調、長い時間後の再現性の不確かさなど問題がある。そこで、人手によらない検査方法が望まれている。

食感とほぼ同様な物理量に比容積がある。それで食感の測定には、重量と体積の測定が重要となる。重量の測定は天秤でかなり正確に測定できるが、一方体積の測定は難しい。従来より行われてきた体積の測定方法には、菜種置換法、真空包装後水置換法などがある。菜種置換法は、測定に菜種を使用するため、その置換法での体積の測定がその操作に大きく影響を受ける。測定値のバラツキの大きい測定となるし、測定時間もかなり必要とする。

真空包装後の水置換法は、真空包装のための機械が必要となる。また、包装という操作から、形状の小さい米菓、例えば柿の種のような形状の被測定物の場合は、誤差が大きく発生する。

そこで、操作が比較的簡単で、現場的に使用が可能な油置換法について検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 被測定用サンプル

測定用の体積として、標準鉄板、市販品の素焼き生地を用意した。

- ・標準鉄板 直径10.00cm厚み1.00cmの円盤で、体積測定の標準として使用した。
- ・素焼き生地 当県の業者製造の米菓(培焼後、調味掛け前の生地)で、実際の被測定物として使用した。
- ・素焼き生地の直径、厚みからの体積計測
直径:生地の周上を一周する間に30点、ノギスで1/20mmまで測定し、その平均を直径とした。
厚み:凹凸のある生地上を測定点が一様分布するように30点、ダイヤルキャリパで1/20mmまで測定し、その平均を厚みとした。

以上より得られた計測値を基に、円盤として仮定してその体積を求め、これを素焼き生地の実測体積とした。

2.2 粒体置換法による体積測定

以下の6種類の粒体を、図1のように一定の高さから素焼き生地5枚の入った一定の容器に落下させて、あらかじめ測定していたブランクとの差をもって置換体積とした。この測定は繰り返しを10回とした。

菜 種	食用菜の種	
ガラスビーズ	代表名	直径の範囲
	50 μ m	37 ~ 63 μ m
	115	105 ~ 125
	425	350 ~ 500
	1194	991 ~ 1397
	2000	1500 ~ 2500

ガラスビーズの粒径範囲を変えることにより、粒体置換法の粒径による影響を検討した。

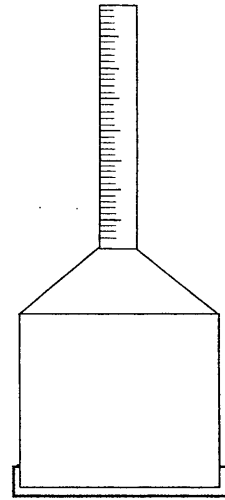


図1 粒体置換法の概略図

2.3 油置換法による体積測定

図2のような器具を試作して測定を行った。予め市販の食用サラダ油を入れてブランクの時の容量を求めておく。次に下部の容器部に測定する素焼き煎餅を入れて、器具を倒立させて容量を求める。この2つの容量差を素焼き生地の体積とする。素焼き生地に油が若干侵入するが、その量は補正可能である。油置換前後の素焼き生地に付着した油をキムワイプで十分に拭き取り、前後の重量差を検算して付着油の体積とした。

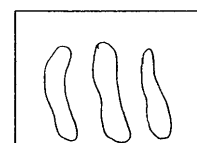
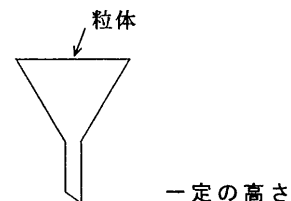


図2 油置換測定用の容器

*食品加工部

3. 実験結果および考察

3.1 素焼き生地への油の侵入

素焼き生地への水の侵入と同様に、素焼き生地に油が浸入するが、その侵入は図3をみると1分程度で終わり、以後浸入しないことがわかる。その浸入量は被測定物の米菓の重量の10～15%程度である。米菓の比容積を3.5ml/g（現在流行しているカタ焼きタイプのソフト米菓の比容積に相当）とすると、米菓内部へ侵入したと予想される油の量は、体積比で3～5%程度である。以上より、素焼き生地への油の浸入は、浸入という表現よりも、付着とか吸着という表面上の変化を表す表現が適している。

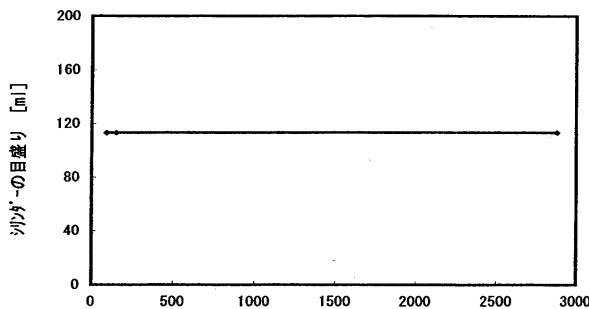
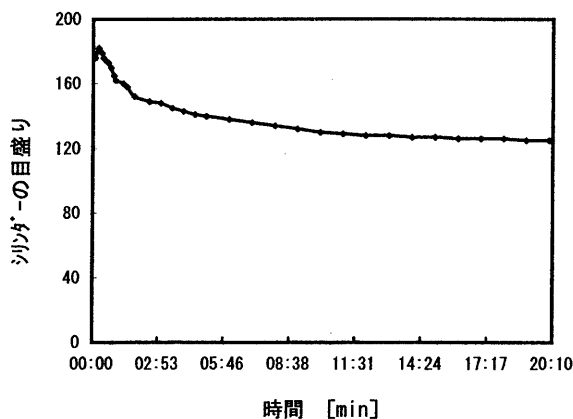


図3 素焼き生地への油の浸入の経時変化

対照として、水で置換法を実験した場合、図4の通り、時間とともに水が侵入しシリンダーの目盛りが減少して測定が不可能となる。油と違いその米菓への侵入量はかなり



多く、米菓の形状が維持できない程である。

図4 素焼き生地への水の侵入の経時変化

3.2 測定法の精度比較

体積が明確な標準鉄板3枚を被測定物として、各測定方法の正確性を検討した。標準鉄板の実測体積は、正確に235.62mlである。図5から、この値に1番近いのは油置換法の230.1mlであり、次が、2000 μ mのガラス粒での228.8mlである。従来法の菜種置換法は210.0mlで相対的に精度が良くないとわかる。

油置換法と標準体積との差は、標準鉄板が重く、図2の油置換法用の測定器真の底の部分が歪んだために発生したと考えられる。比重の小さい材質を選定すべきであった。平均粒径を変えた場合のガラス粒の測定結果からは特にその傾向を読みとれなかった。菜種、平均径の小さいガラス粒は、静電気が発生し粒体が壁に付着したので、静電気

防止スプレーを使用して測定した。いずれにしても粒体による置換法は粒体が、散乱するなど作業に困難を伴う。このような点を考えていても、油置換法の方が優秀と言える。

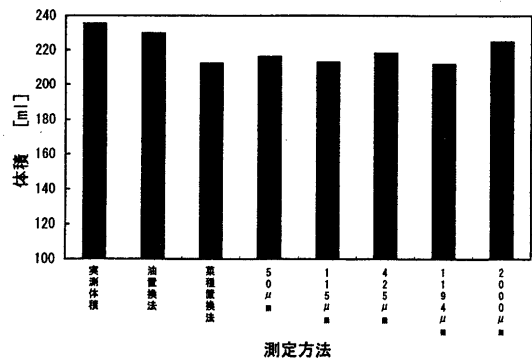


図5 標準鉄板での体積測定比較

次に、実際の素焼き生地4枚で測定を行ったのが図6である。油置換法の場合、実際の生地の表面が多孔質のため、油が素焼き生地に浸入する。そのため油置換法は、標準鉄板ではその精度がガラス粒2000 μ mより良かったが、実際の素焼き生地では劣っている。油置換法で測定の前後での素焼き生地の重量差から浸入した油の体積を算出し、補正したのが図7である。図7から油の浸入量を補正した場合、油置換法が1番、実測体積に近くなる。標準鉄板同様に実際の米菓の場合でも、作業性からも油置換法の優秀さが理解できる。平均粒径を変えた場合のガラス粒の測定結果からは、見かけ比重が小さくなるほど、つまりその粒径が大きくなるほど、実測体積にその測定値が近くなる傾向があった。これについては標準鉄板の結果と整合性がなく、説明がつけられない。

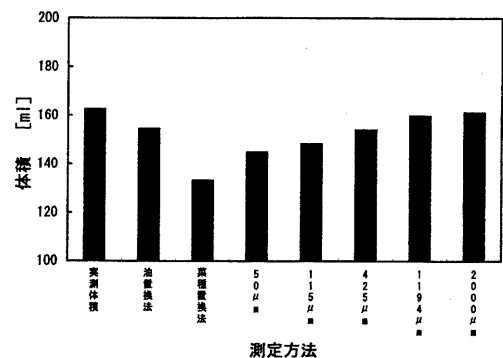


図6 素焼き生地の体積測定

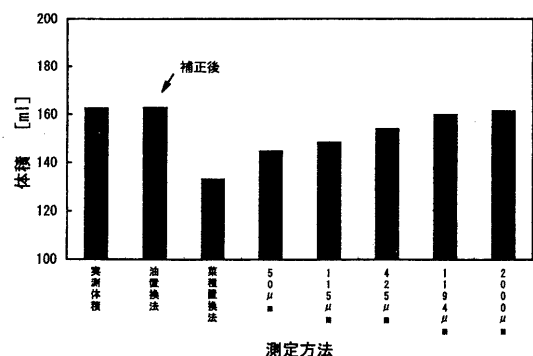


図7 素焼き生地の体積測定（補正後）

各測定方法の測定精度を見るために、標準鉄板を被測定物とした場合の精度について検討した。測定精度は、測定値の標準鉄板の体積からの偏り $\bar{X}$ 、各測定回ごとのばらつきを表す標準偏差 S を使用して、偏りの二乗 $\bar{X}^2$ 、ばらつきの二乗 S^2 の和の平方根 $(\bar{X}^2 + S^2)^{1/2}$ で表した。この測定精度を各測定ごとに計算したのが図8である。

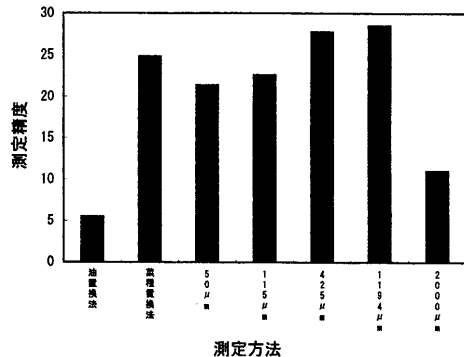


図8 各測定での測定精度

この測定精度で比較すると、油置換法の測定精度が1番小さく、より正確に測定できていると言える。次に、2000 μmのガラス粒での測定で、従来行われてきた菜種置換法は、その精度が良くないと言える。

2000 μmのガラス粒は、ガラス製と言うこともあって菜種に比べて重く、堅く、十分にガラスとガラスでできる空隙を一定にできる。よって比較的精度の良い測定が可能なのであろう。

一方、菜種はその比重も軽く、一定容器中に入れたときの見かけ比重も変わりやすく、再現性も良くない。

煎餅のような多孔質の物体の真の体積は、体積そのも

の定義を明確にできなければ、その測定法の確立も十分にできない。煎餅のような多孔質の体積の定義は、表面の無数にある凹凸の凸と凸の頂点をなめらかに結んでできた曲面内部の閉空間というのが、一般的に正確であろうと考える。この意味では、油置換法より粒体置換法、真空包装法の方がその定義に即した測定方法といえる。しかし、実際の製造現場では、測定に使える労力、時間には限りがあり、少なければ少ない程、歓迎されるのが現実である。油置換法の場合、油の浸入が表面から多孔質内部にあるため、前述の定義に即した測定方法ではない。しかしその量は体積にして3～5%程度である。この侵入量を見捨てて体積を測定したとしても、粒体置換法よりも優秀である。現場的には、測定精度は低下するが作業性の良い、煎餅表面の油の拭き取りをしない、重量を測定しない油の侵入を見捨てた方法を推奨する。

4. 結 言

油置換法は、測定の精度が良く、測定時間も短い。繰り返し測定のバラッキも小さく、再現性だけを重視した測定ならば、その測定用の自作可能な器具だけで十分である。さらに簡易な秤があれば、従来行われてきた粒体の置換法、例えば菜種置換法よりかなりよい精度で測定が可能である。欠点として、測定者が油で汚れる程度である。さらに、製造工程の中の素焼きの生地と違って、調味乾燥された米菓は、表面がデンプンを主体とした調味液でコーティングされているので、侵入する油の量はかなり少ないと考えられる。

是非、米菓等の品質管理に利用されて、人間の感覚によらない食感の管理、経時変化のない品質管理への一助となれば幸いである。