

鶏卵構成成分の製パン性に関する研究

筒井知己 金井節子

Studies on the Baking Properties of Egg Constituents

TOMOMI TSUTSUI and SETSUKO KANAI

Egg was fractionated into some components and functional properties and baking properties of each components were estimated. Egg yolk, egg yolk plasma and LDL (Low Density Lipoprotein) indicated highest emulsion activity and highest foam capacity. In baking, breads used these components also indicated highest loaf volume. And emulsifying properties and foaming properties were totally correlated to the loaf volume of bread.

卵は製パンの際の副材料の一つで、リッチなパン生地では、小麦粉に対して20%程度加えられている⁹⁾。そして卵はパンを、やわらかく風味のよいものにしていく。このようなパンの場合には、卵は主として、全卵もしくは卵黄の形で使用されるが、卵の各画分で、機能特性がかなり異なることが、知られている。¹⁰⁾ 実際、卵黄の乳化力は、卵白の4倍あり、その乳化特性も、食塩や糖の添加により多少変化することが知られている¹¹⁾。また起泡力は、溶液のpHによって異なるが、卵黄のほうが卵白よりも高く、泡の安定性は卵黄の方が低いことが明らかにされている⁹⁾。さらに卵黄の構成成分では、低密度リポタンパク質(LDL)は、高密度リポタンパク質(HDL)より乳化容量が大であるが、エマルジョンの安定性は、LDLがHDLにおとること⁷⁾、またHDLは、起泡を阻害することが知られている⁹⁾。そこで今回は、鶏卵構成成分の各画分の、乳化特性や起泡特性を測定するとともに、各画分を副材料として製パンに使用した。そして焼き上げたパンのローフボリューム

ム、かたさ、弾力性等を測定して、これらの各数値が、各機能特性とどのような関連があるか検討を加えた。

実験方法

1. 各画分の調製

前報¹²⁾と同様に、産卵後の新鮮卵を割卵後、卵黄と卵白に分離した。次に卵黄を、蒸留水で数回洗浄後、ろ紙上をころがし、付着する卵白を完全に除いた。この卵黄をガーゼでろ過し、卵黄試料とした。次に、卵黄に等重量の0.16M塩化ナトリウム溶液を加え、30分間攪拌後、久保田遠心分離機KR-20000Sを用いて、4℃で14000rpm(12710G)、40分間遠心分離し、プラズマ(上澄)とグラニュール(沈殿)に分離した。さらに、このプラズマに、塩化ナトリウムを加えて、IM塩化ナトリウム濃度に調整後、EVANSら²⁾の方法に準じて処理し、LDLを調製した。これら各画分を、蒸留水に対して透析して、脱塩後、その固形物含量を、常圧加熱乾燥法で測定した。

2. 機能特性の測定

Key words: Baking property, Functional property, Egg constituents

乳化活性は、PEARCEとKINSELLAの方法⁹⁾に従った。すなわち、0.5%の各画分溶液(pH7.4, 0.02Mリン酸緩衝液に溶解してある)3 mlに、市販コーン油(味の素K.K.)1 mlを加え、AM-11型ホモジナイザー(日本精器製)で、12000rpm, 1分間攪拌した。1分放置後、この下層溶液を0.05ml採取し、さらに0.1% SDSを含むpH7.4, 0.02Mリン酸緩衝液9.95mlを加えて希釈した溶液の500nmの透過度を、日立100-60型分光光度計で測定した。次にPEARCEとKINSELLAの式に従い、この透過度の値からEmulsion activity index (EAI)を算出した。乳化安定性も、PEARCEとKINSELLAの方法⁹⁾に従った。すなわち0.5%各画分溶液3 mlに市販コーン油1 mlを加え、AM-11型ホモジナイザーで、12000rpm, 1分間攪拌した。攪拌後1分間隔で、下層液を0.05mlずつ採取し、これらに0.1% SDSを含むpH7.4, 0.02Mリン酸緩衝液9.95mlを加えて希釈した。次にこれらの各溶液の、500nmの透過度を、日立100-60型分光光度計で測定した。透過度は時間の経過とともに増加するが、最終的にはほぼ一定の値になるので最初の透過度と最終的なほぼ一定の値の半分の数値を算出し、その透過度に相当する経過時間を求めて乳化安定性のインデックスとした。

起泡容量と起泡安定性の測定は、TASNEEMとSUBRAMANIANの方法¹⁰⁾に従った。すなわち1%各画分溶液15mlをAM-11型ホモジナイザーで、10000rpm, 5分間攪拌後、すぐに内容物を50mlのメスシリンダーに移した。次に30秒後、および30分後の泡の体積を測定した。文献¹⁰⁾では、30秒後の泡の体積の、元の溶液の体積に対する割合を、起泡容量としているが、今回は、30秒後の泡+溶液の全体積の、元の溶液に対する比を起泡容量インデックスとした。また30分後の泡の体積が、30秒後の泡の体積の何%をしめているかを算出し、起泡安定性インデックスとした。

3. 製パン試験

製パン試験は、表1のような原料配合でおこなった。

まず、カナディアン・ウェスタンNo 1 (1 CW)小麦粉(粗タンパク質14.2%, 粗灰分0.5%), 砂糖, 食塩, スキムミルク(雪印乳業KK), ドライイースト(オリエンタル酵母KK)と一緒に三回ふるいにかけて。次にこれらを、

Table 1 Typical bread formula

Ingredient	Quantity
Wheat flour	200g
Sugar	12g
Salt	4g
Skim milk	4g
Butter	8g
Dry yeast	2g
Egg constituent	3.75g
Water	144ml

フナイオートベーカリーFAB-72に加え、卵の各画分を固形物として、3.75g, 水144ml, バター8gを加えて、5分間ミキシングした。さらに製パンの標準コースにセットして、3時間50分かけて、混捏, 発酵, 焼成をおこなった。(なお卵の各画分で、水分含量が異なるので添加する水の量は加減した。またコントロールとして卵の成分を加えないものも一つ用意した。製パンは、同じ配合の物を三回繰り返して焼成した。)焼成したパンは、重量を測定後、ローフボリュームを菜種置換法で測定した。次にパンの物性を測定するため、厚さ2cmにスライス後、耳の部分除去して、5.5cmの正方形に整形した。この硬さや弾力性を、飯尾電器製レオメーターで、30mm(直径)のプランジャーを用い、サイクルスピード, 6 cy/m, クリアランス5mm, ロードレンジ20kgで測定した。

4. 電子顕微鏡観察

各パンの切片を、液体窒素で凍結後、日立走査型電子顕微鏡S2150を用い、40倍から500倍で観察した。

実験結果および考察

1. 各画分の機能特性

鶏卵や鶏卵構成成分の各画分の乳化活性と乳化安定性は表2のようになった。卵黄や卵黄構成成分のプラズマ, LDLは, 乳化活性70 m²/g前後と高い値を示した。卵黄, プラズマとも, 主成分はLDLであるので, 各画分の乳化活性の高さは, LDLの影響によるものと思われる。LDLの乳化特性がすぐれている点は, 押田⁷⁾の報告によっても確認されている。一方グラニユールの乳化活性は, 卵黄の約60%の値であった。また卵白の乳化活性は, 極端に低かった。

次に乳化安定性では, グラニユールの値が, 6.7と高く, 卵黄は, グラニユールの値の, 70%程の数値を示した。またプラズマ, LDLの値は, 卵黄と似ていた。グラニユールの主成分は, HDLであるが, HDLを用いたエマルジョンの乳化安定性がすぐれている点は, やはり押田⁷⁾により報告されている。

一方各画分の, 起泡沫容量や起泡沫安定性は, 表3のようになった。鶏卵構成成分は, 全般に, 他のタンパク質に比べ, かなり起泡沫容量が小さいが, 各画分では, プラズマ, LDLの値が比較的高く, 卵黄, 卵白の値がこれらに続いていた。これら各画分の中で, 卵白の起泡沫力が, 比較的低い理由として, pHの影響が考えられる。なぜならば, タンパク質の起泡沫力は, その溶液のpHによってかなりかわ

り, 卵白の場合, オボアルブミンの等電点に近いpH4.6~4.9で起泡沫力が最高になる⁶⁾といわれているからである。

次に起泡沫安定性では, グラニユールが一番高く, 卵黄, プラズマ, LDLがこれに次ぎ, 卵白はグラニユールの約60%の値であった。

2. 製パン試験結果

各画分を用いて焼き上げたパンの外観は, 図1のように, 重量とローフボリュームは表4のようになった。これらの中では, プラズマを用いたパンが, ローフボリューム1684ml(三回の平均値)と最も大きく, LDL, 卵黄を用いたものが1600ml台で, ほぼ似ていた。グラニユールを用いたパンは, プラズマの物より, 100ml程小さく, 全卵を用いたパンは, プラズマの物より, 200ml程ボリュームが低下していた。一方卵白を用いたパンの, ローフボリューム1211mlで, かなり低い値であった。これらの各パンの内層は, 図2のようになり, 全卵を用いたパンが比較的すだちがよく, 卵黄を用いたパンは, やはり, すだちがよかったが, プラズマやLDLを用いたものは, 多少すだちが荒かった。一方各パンの硬さや弾力性をレオメーターで測定した結果は, 表5のようになった。LDL, 卵黄, プラズマを用いたパンは, 全般にやわらかく, 生地のリュームが大きくて, すだちの比較的良好点

Table 2 Emulsifying properties of egg constituent

	whole egg	egg yolk	plasma	LDL	granule	egg white
Emulsifying activity index (m ² /g)	50.78	72.52	71.93	71.12	42.37	0.24
Emulsion stability index (min)	2.05	4.83	3.9	3.9	6.7	0.86

Table 3 Forming properties of egg constituent

	whole egg	egg yolk	plasma	LDL	granule	egg white
Foam capacity (% volume increase)	122.0	120.0	133.3	132.0	119.3	118.7
Foam stability (% foam volume)	58.1	81.1	79.4	76.9	91.2	54.7

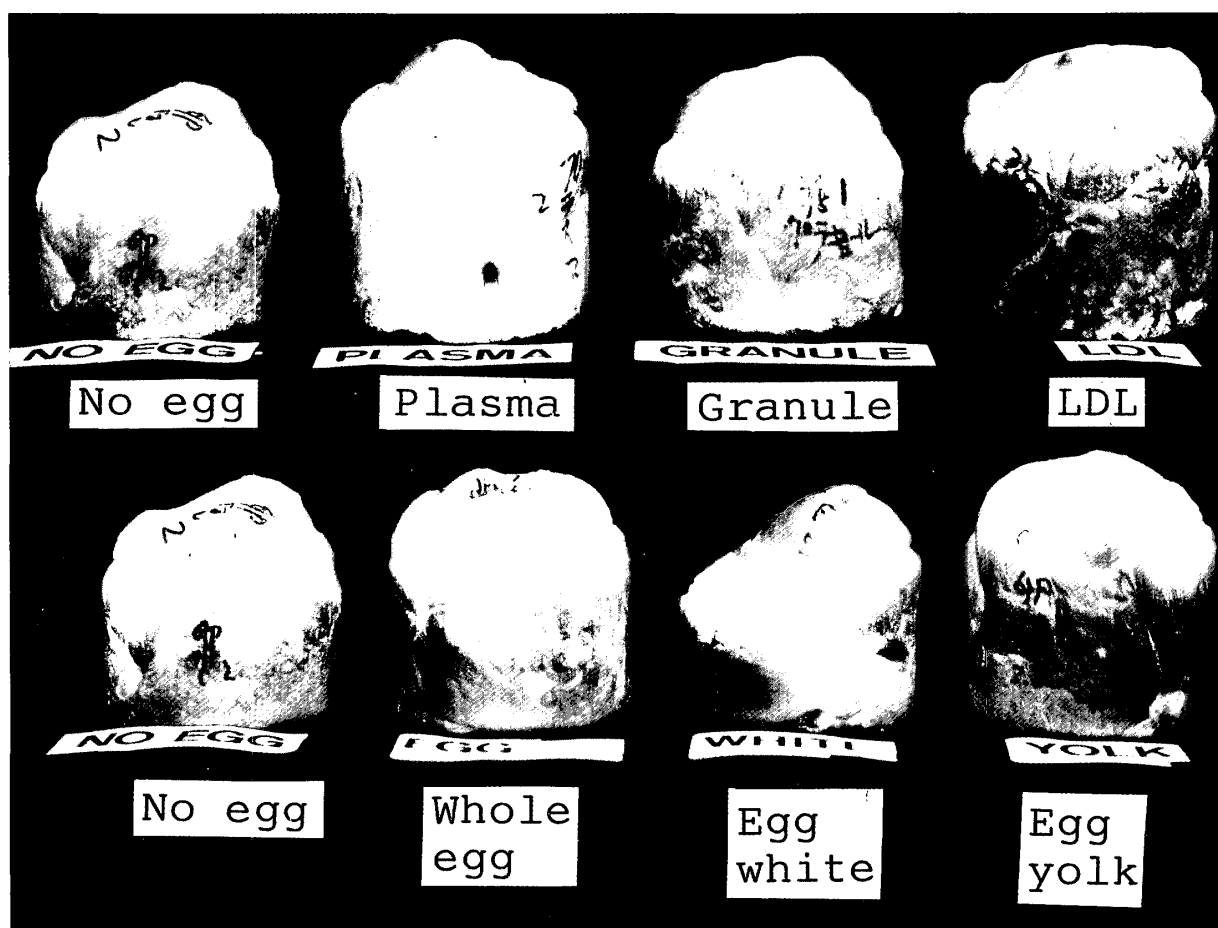


Fig. 1 Bread baked from 1CW-flour

Table 4 Loaf volume of baked bread

Variety of egg constituent	Weight of baked bread (g)	Loaf volume (ml)
Whole egg	294.8	1460
Egg yolk	297.0	1640
Plasma	297.4	1684
LDL	294.3	1644
Granule	294.8	1556
Egg white	295.0	1211

Table 5 Hardness and elasticity of baked bread

Variety of egg constituent	Hardness	Elasticity
Whole egg	0.88	41.73
Egg yolk	0.69	26.46
Plasma	0.71	26.11
LDL	0.60	25.38
Granule	1.30	27.86
Egg white	1.81	27.08

と関連するものと思われた。これに対してグラニュールや卵白を用いたパンは、かなり硬く、これらのパンのローフボリュームが小さい点から納得できる結果であった。また弾力性では、全卵を用いたパンの値が最も大きく、卵黄構成成分や卵白を用いたパンの弾力性は、多少低い値であった。

次に各パンの切片を凍結後、電子顕微鏡で観察すると図3、4のような結果が得られた。これらの各パンの中で、全卵もしくは、卵黄を加えたパンは、気泡膜がなめらかで薄くのびている傾向が見られた。一方卵白やグラニュールを用いたものは、気泡膜が多少厚い感じがした。

以上の結果から、卵黄を用いたパンは、ローフボリュームが大きく、すだちもよく、気泡膜も薄い良質なパンであることがわかった。この理由として、先の結果のように、卵黄の乳化活性や乳化安定性が高く、生地のみキシングの際に、小麦粉と副材料との乳化がうま

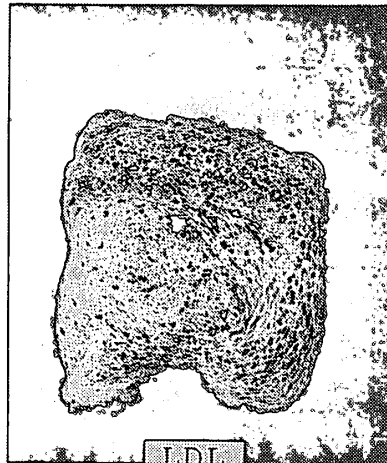
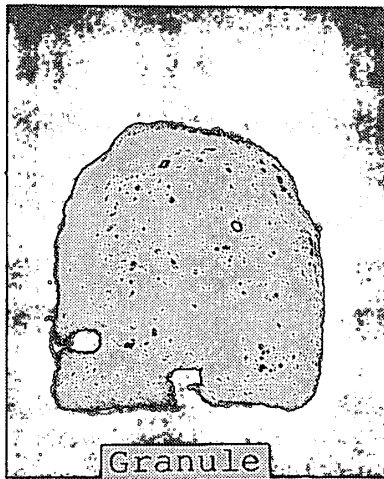
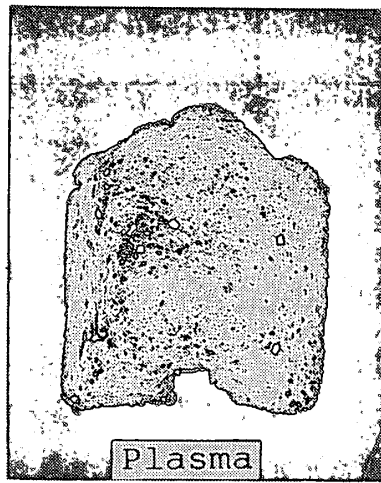
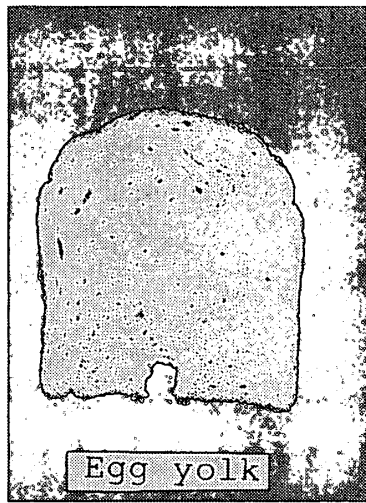
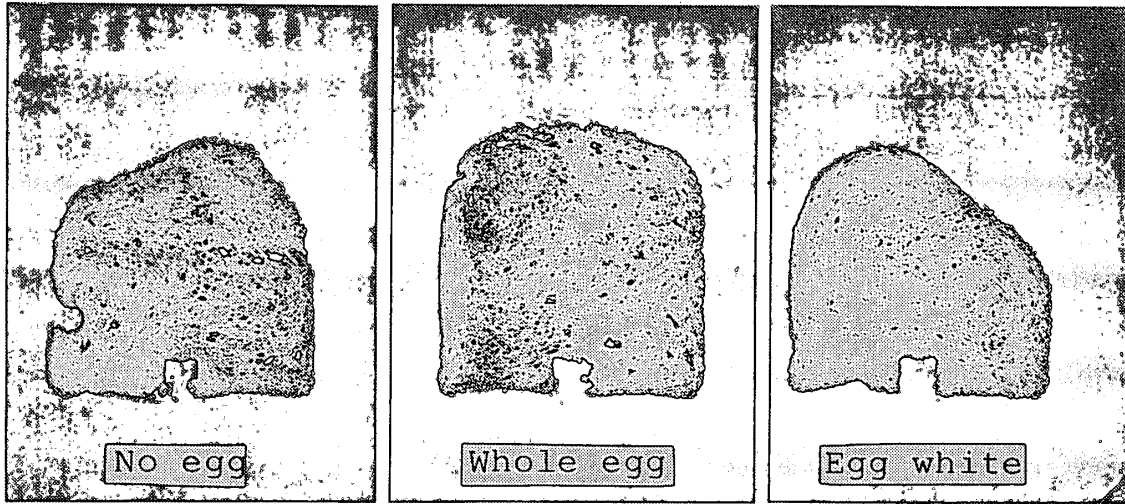


Fig. 2 Vertical cross-sections of bread baked from 1CW-flour

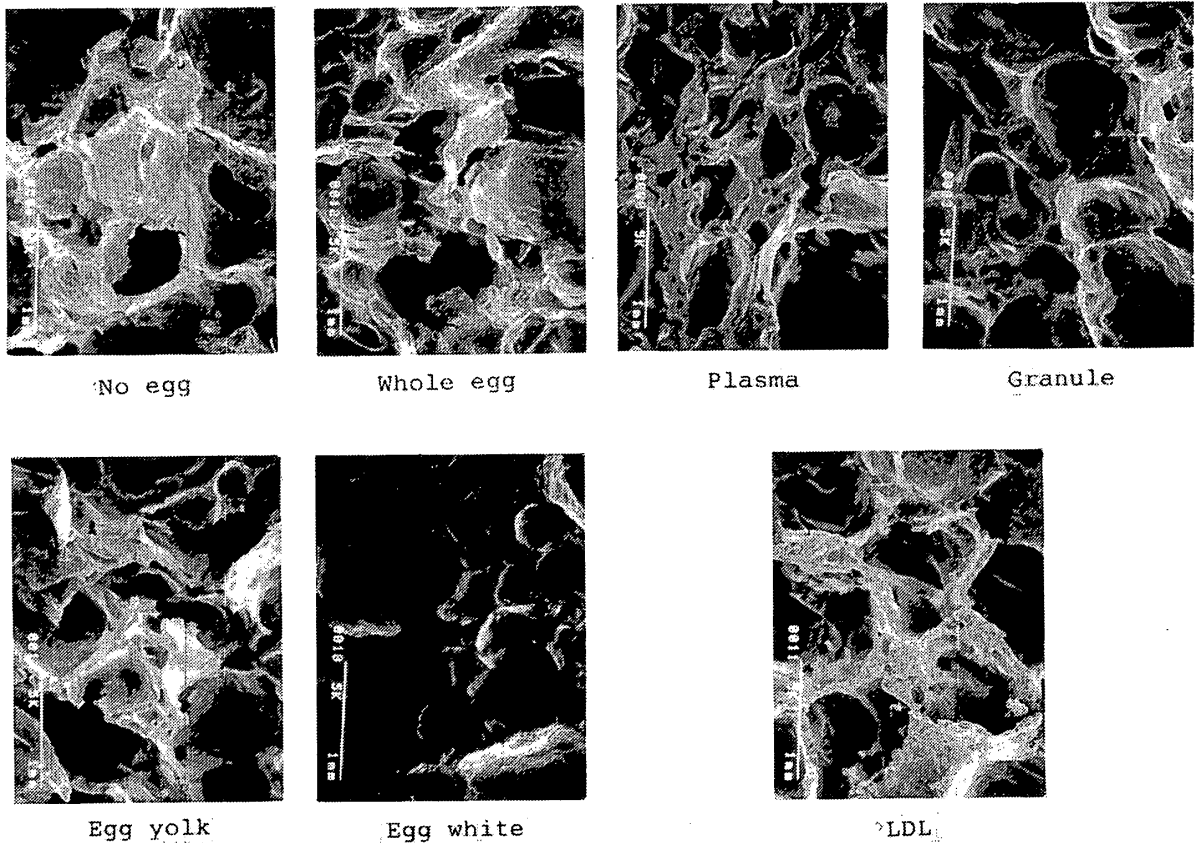


Fig. 3 Electron microscopic patterns of bread

Fig. 4 Electron microscopic patterns of bread

くいき、タンパク質-脂質-でん粉がバランスよく結合した膜ができたためと考えられた。しかし卵黄から分離したLDLを用いたパンは、ローフボリュームは大きいですが、内層は多少荒く、これはLDLの乳化安定性や起泡安定性が、卵黄にくらべ多少低い点と関連あるものと思われた。

以上のパンを試食してみると、LDLを用いたパンは、他のパンにくらべ、多少油っぽい味がした。これはLDLを110℃以上に加熱すると、脂質が遊離するとの、GRAMら³⁾の報告と関連するものと思われた。

次に各画分の機能特性と、各パンのローフボリュームとの間に、どのような関連があるか検討したところ、乳化活性インデックス(X_1)、乳化安定性インデックス(X_2)、起泡容量インデックス(X_3)、起泡安定性インデックス(X_4)のいずれも、ローフボリュームとは関連がみられなかった。しかし各機能特性値を総括して、ローフボリュームとの関連を検

討すると、ローフボリューム Y と、乳化活性インデックス(X_1)、乳化安定性インデックス(X_2)、起泡容量インデックス(X_3)、起泡安定性インデックス(X_4)の間には、 $Y = 609.496 + 4.222X_1 + 15.488X_2 + 3.949X_3 + 2.132X_4$ ($r=0.99$, $P < 0.05$)

の重回帰式が得られ、これら各機能特性が、総括的にパンのローフボリュームと関連していることが明らかになった。

要 約

鶏卵構成成分の機能特性を測定し、さらに各構成成分を製パン試験に用いて、以下のような結果を得た。

1. 鶏卵構成成分では、卵黄や、卵黄の主成分のプラズマ、LDLの乳化活性が高く、乳化安定性では、グラニュールの値が高かった。
2. 起泡容量では、プラズマやLDLが高い値を示した。一方起泡安定性では、グラニュールの値が高かった。

3. 各構成成分を加えて焼き上げたパンでは、ブラズマを加えたものが最もホーフボリュームが大きく、LDL、卵黄を加えたものがこれに次ぐローフボリュームを示した。また、これらのパンは他のパンにくらべ多少やわらかかった。

4. 各パンのローフボリューム(Y)と、各構成成分の、乳化活性インデックス(X_1)、乳化安定性インデックス(X_2)、起泡容量インデックス(X_3)、起泡安定性インデックス(X_4)との間には、 $Y = 609.496 + 4.222X_1 + 15.488X_2 + 3.949X_3 + 2.132X_4$ ($r = 0.99$, $p < 0.05$)の重回帰式が得られた。

文 献

- 1) CHAPIN, R. J., : Iowa State College J., **26**, 182(1951)
- 2) EVANS, R. J., BANDEMER, S. L., DAVIDSON, J. A., HEINLEIN, K. and VAGHEFI, S. S. : Biochim. Biophys. Acta., **164**, 566(1968)
- 3) GRAM, G. E. and KAMAT, V. B. : J. Sci. Fd. and Agric., **28**, 34(1977)
- 4) KAMAT, V. B., LOWRENCE, G. A., HART, C. J. and YOELL, R. : J. Sci. Fd. and Agric., **24**, 77(1973)
- 5) LOWE, B., "Experimental Cookery" Jhon WILEY and SONS, Inc., New York, p328(1964)
- 6) 中村 良, 佐藤 泰 : 農化, **35**, 385(1961)
- 7) 押田 一夫 : 日食工誌, **23**, 250(1976)
- 8) PEARCE, K. N. and KINSELLA, J. E. : J. Food Sci., **26**, 716(1978)
- 9) 田中 康夫, 松本 博 : "製パンプロセスの科学", p9(1992)
- 10) TASNEEM, R. and SUBRAMANIAN, N. : J. Agric. Food Chem. **34**, 850(1986)
- 11) 筒井 知己, 日食工誌, **33**, 349(1986)
- 12) 筒井 知己, 聖徳栄養短大紀要, **18**, 1(1987)