



[公開]

東亜点網納豆計画に基づく大豆浸漬実験

2012年2月8日

アルピナ株式会社 勘里晃

文書開示の範囲と著作権

この文書は [公開] 扱いです。2012年2月8日に作成された文書を、著作権に基づき、公開できる内容に再編成したものです。配布に関してはアルピナ株式会社のみができるものとします。

この文書の著作権は、アルピナ株式会社に帰属します。



目次

	page
表紙	1
	2
第1章 緒言	3
第2章 方法と材料	4
2-1 供試原料大豆	4
2-2 原料大豆の裂皮率の測定	4
2-3 浸漬前大豆重量の計量方法	4
2-4 浸漬時の大豆膨張率の計測方法	5
第3章 結果	7
3-1 供試原料大豆 15Y02601 の裂皮率	7
3-2 供試原料大豆 15Y02601 の浸漬時間と大豆膨張率の関係	7
第4章 考察	9
4-1 供試原料大豆 15Y02601 の浸漬モデル	9
4-2 単純膨張率と石豆補正膨張率の差	12
4-3 水温と最適な浸漬時間との関係	12
4-4 約 7℃の水温における 供試原料大豆 15Y02601 の最適な浸漬時間	12
第5章 謝辞及び感想	13
第6章 参考文献	14

第1章 緒言

ここでは「東亜点網納豆計画」全体についての意見は述べない。ここで議論するのはこのプロジェクトの前段である、大豆の浸漬及び蒸煮工程の、浸漬についてである。別に進めている「災害焔炉計画」で開発する予定の災害焔炉（圧力釜を用いる）を用いて、大豆の浸漬及び蒸煮を行うことは「東亜点網納豆計画」のコンセプトの一つである「スモールファクトリー」を実現するための重要な内容であり、大豆の適切な浸漬時間の目安、或いは浸漬を要しない蒸煮の方法の確立が必要である。

災害焔炉（圧力釜を用いる）を用いて蒸煮を行うにしても、原料大豆の浸漬時間の目安がなければ、適切な蒸煮実験の前提要素が揃わない。原料大豆の種別や粒径、浸漬時間、水温が「適切な浸漬」のパラメーターであることは容易に予想される。そして実際の工場生産規模を想定した場合、厳密にはコントロールできない要素が眼前に横たわることも、これまた容易に想像がつく。このような目標点に向けて、現実的にコントロールすべき要素、無視をしてもよい要素を、効率よく取捨選択する必要がある。

原料大豆の種別に基づく大豆の吸水状況の変化は、自然産品の原料大豆を相手に、厳密な関係を探り出し定義することは、非常に困難な内容である。大豆種別が異なれば、大豆表皮や吸水能力自体の性質もそれなりの傾向があると考えられるが、これを数値化するのは困難であり、労多くして功少なしと予想すべきである。

それよりも大豆の粒径由来の物理的な特性の方が、大きな要素と想像され、またこれらの数値は近似的に「大豆種別特性」と扱っても差し支えないと考えられる。

水温については季節変動の要素であり、今回の実験の中ではパラメーターとせず、一定の固定要素とし、浸漬の時間と吸水率の関係を追求するものとする。

実験環境が完全ではないが、それでも必要とするこれらの基礎データを効率よく収集する努力を行い、いくつかの知見を得た。

第2章 方法と材料

2-1 供試原料大豆

実験には以下の原料大豆を用いた。

- 1) 三幸食品株式会社 色彩選別品 選別中国大豆 小粒 (粒径 6.3mm 未満) 15Y02601
紙袋入り品(NTWT 29.5Kg) 2袋

2-2 原料大豆の裂皮率の測定

タカノフーズ株式会社（納豆メーカー第1位の企業）の茨城工場である株式会社井川食品では、1989年7月の段階でタカノフーズ株式会社と同様の「原料大豆受け入れ検査」を実施していた。その際の受け入れ基準は「裂皮率 25% 以下、水分含量 10.0 ~ 14.0 %」としていた。[1]

「裂皮率」の測定は「約 20°C の水道水に 15 分間、原料大豆を浸漬する。」ことで行い、「完全に大豆の皮が裂皮しているもの」「大豆の皮に皺が入るもの」「大豆の皮に皺が入らないもの」の三つに区分し、「完全に大豆の皮が裂皮しているもの」を計数し、これが 25% 以下の範囲に収まらない場合、その納入ロットを受け入れ基準外として受け入れを行わなかった。

水分含量については「高周波容量式水分計」を用いて「非破壊検査」を行っており、「水分含量 10.0 ~ 14.0 % 以下」を受け入れ基準とし、その範囲に収まらない場合、その納入ロットを受け入れ基準外として受け入れを行わなかった。

実験に供試した原料大豆について、裂皮率を以下の方法で測定した。

- 1) 約 20°C の水道水に 15 分間、原料大豆 100 粒を浸漬する。
- 2) 以下の三つの区分に分ける、目視判定を行う。
 - ・ 完全に大豆の皮が裂皮しているもの
 - ・ 大豆の皮に皺が入るもの
 - ・ 大豆の皮に皺が入らないもの
- 3) 「完全に大豆の皮が裂皮しているもの」を計数し、その数値を「裂皮率」として議論に用いる。

2-3 浸漬前大豆重量の計量方法

計量機器や環境定常化機器が十分揃っている状況ではないが、実験の再現性が無ければ、きちんとしたデータとはいえない。限られた機材ではあるが、計量方法を細かく規定することで、実験の再現性を確保することに努めた。

実験に供試した原料大豆について、浸漬する前の原料大豆の状態の重量を、以下の方法で計量した。

- 1) 原料大豆を 100 粒取り出し、パラピン紙に包んで、テーブルバランス（株式会社島津製作所 TW223N）を用いて秤量する。
- 2) 原料大豆を 300ml ビーカーに移し、次の実験に備える。
- 3) 原料大豆を取り出してから、パラピン紙の重量を計量し、風袋重量とする。
- 4) 以後の実験に必要なだけのサンプル数を用意する。今回の実験では 8 検体を用意した。

2-4 浸漬時の大豆膨張率の計測方法

原料大豆を一定時間浸漬した場合、どの程度の水分を吸収し、重量が増し体積が膨張するのか、数値化することとした。浸漬に使用する水については、以後の実験の実用性を考慮して「水道水」を用いる。またその水温に関しては冬季の水道水常温といえる約 7°C を、澤藤電機株式会社のエンゲル冷凍冷蔵庫(ENGEL MT60F-D1-M)を恒温器として、維持することとする。



Image 1 : ENGEL MT60F-D1-M

- 1) 300ml ビーカーに約 200ml の水道水と検体の原料大豆 100 粒を入れ浸漬する。
それを観測時間経過まで恒温器内に静置する。
- 2) 観測時間経過後、ビーカーを恒温器から取り出し、水道水をできるだけ水切りするように廃棄する。

- 3) 日本製紙クレシア株式会社のキムワイプ（キムワイプ S-200）を 2 枚重ね、それでビーカーの蓋をするように手で押さえ、浸漬後の大豆がキムワイプに接触するようにビーカーを上下に揺する。ビーカーの蓋をしている部分のキムワイプが十分に湿るまでその作業を繰り返し、その後はキムワイプを外してビーカー内壁に付着している余分な水分を拭き取る。この作業を合計 4 回行う。



Image 2 : キムワイプ S-200

- 4) ビーカー内に浸漬後の大豆 100 粒がある状態のまま、ビーカー毎の重量を計量する。
- 5) 浸漬後の大豆を黒いフェルト地に取り出し、取り急いで、ビーカーの重量を計量し、その重量を風袋重量とする。この際にビーカーに付着する水分は拭き取らずに、風袋重量に加えるものとする。
- 6) 黒いフェルト地に取り出した、浸漬後の大豆の吸水の度合いを、目視により計数する。
- 7) 吸水が全く見られなかった浸漬後の大豆を「石豆」と呼ぶ。この石豆を常温の



[公開]

水道水に 200ml 程度に、先程の浸漬時間に追加の浸漬時間を加えて合計で 48 時間以上、浸漬する。その後、それらの内、石豆の状態を維持する大豆の粒数を計数する。

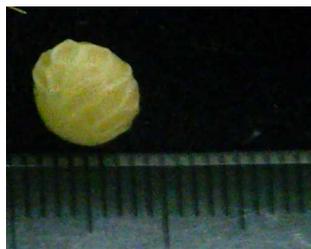
第3章 結果

3-1 供試原料大豆_15Y02601の裂皮率

実験結果は目視による判断となり、明確な区分がある断続的な結果とも言い難い。連続的な変化であると言えるのだが、そうではあっても15分間という時間の範囲では、断続的と目視できる内容でもある。

浸漬後の大豆の状態を三つの区分としその代表的な映像及び各状態の百分率を以下のTable 1に示す。

Table 1 : 供試原料大豆_15Y02601の裂皮検査（各区分の映像と割合）

状態の名称	完全裂皮	皺入り豆	疑似石豆
状態の説明	大豆表皮に亀裂があり、吸水に伴う膨張の早いもの	大豆表皮が吸水を始めており、表皮に皺が入っているもの	吸水している状態が15分間の中では見られないもの
各状態の写真			
各状態の百分率	14%	36%	50%

3-2 供試原料大豆_15Y02601の浸漬時間と大豆膨張率の関係

大豆の膨張率は重量比で取り扱うこととする。また以下の名称を定義する。

- ・ **石豆** : 必要十分な時間（概ね48時間程度）、浸漬を行っても、吸水を全くせずに供試原料大豆の状態を保つものを「石豆」と呼ぶ。
- ・ **疑似石豆** : 規定の試験時間、浸漬を行っても、吸水を全くせずに供試原料大豆の状態を保つものを「疑似石豆」と呼ぶ。これには石豆も含まれる。
- ・ **皺豆** : 規定の試験時間、浸漬を行った時に、大豆表皮と大豆中核部分との間に吸水の差が見られ、3-1 Table 1の「皺入り豆」のような状態になるものを「皺豆」と呼ぶ。
- ・ **水豆** : 規定の試験時間、浸漬を行った時に、大豆表皮に皺が入らずに、きれいに吸水し膨張した状態になるものを「水豆」と呼ぶ。

Table 2 : 浸漬後の大豆の状態の例



Table 3 : 供試原料大豆 15Y02601 の浸漬後の膨張率

浸漬時間(h)	浸漬前重量(g)	浸漬後重量(g)	石豆(個)	疑似石豆(個)	皺豆(個)	水豆(個)	単純膨張率(倍)	石豆補正膨張率(倍)
0	13.869	13.869	0	100	0	0	1.00	1.00
2	13.844	18.378	2	20	30	50	1.33	1.33
4	13.509	20.528	6	10	24	66	1.52	1.55
15	13.920	27.688	3	5	16	79	1.99	2.02
16	14.096	28.443	0	5	5	90	2.02	2.02
17	13.751	27.870	4	8	1	91	2.03	2.07
18	13.996	29.349	3	4	2	94	2.10	2.13
19	13.820	28.939	1	3	4	93	2.09	2.11
20	14.016	29.578	2	5	4	91	2.11	2.13

- ・ 各検体は大豆 100 粒
- ・ 浸漬時間 0 時間の浸漬前重量は全検体の平均値
- ・ 浸漬時間 0 時間の「浸漬後重量」「疑似石豆」「単純膨張率」「石豆補正膨張率」は理論値
- ・ **単純膨張率** : 浸漬後に含まれる石豆も含めて単純に膨張率を算出したもの
- ・ **石豆補正膨張率** : 検体から吸水しない石豆を除外（大豆 1 粒当たりの重量を検体の平均値として取り扱う。）して算出
- ・ 重量の有効数字は小数点以下 3 桁
- ・ 膨張率の有効数字は小数点以下 2 桁

第4章 考察

4-1 供試原料大豆_15Y02601の浸漬モデル

供試原料大豆_15Y02601が浸漬によって吸水し膨張するのにあたり、初期の数時間については浸漬時間の増大に伴い、膨張率も増大する。しかしある時間を超えるとそれ以上の吸水がなされない限界があることは、3-2 Table 3からも見て取れる。

この浸漬時間と膨張率の関係を最小二乗法により関数モデル化する。浸漬時間を x とし膨張率を $F(x)$ とする一次関数モデルと二次関数モデルを算出するが、「吸水のなされない限界」は限界点への漸近線となるであろうことは容易に想像されるため、二次関数モデルの方が実際の状態に対して近似であろう。

最小二乗法の計算はシャープ株式会社の ELECTRONIC CALCULATOR PC-1480U に BASIC でプログラムを組んで計算させた。以下はそのプログラムルーチンである。

一次関数用プログラムルーチン

```
10:***** MIN.SQU *****
20:A=0:B=0:C=0:D=0:N=0:N1=0
30:INPUT "サンプルスハ? N = ";N
40:INPUT "X=";X
50:INPUT "Y=";Y
60:PRINT ""
70:A=A+X^2
80:B=B+X
90:C=C+X*Y
100:D=D+Y
110:N1=N1+1
120:IF N1<N THEN GOTO 40
130:AA=(N*C-B*D)/(N*A-B^2)
140:BB=(D-AA*B)/N
150:PRINT ""
160:PRINT USING " F(X) = #####.##### X + (#####.#####)";AA,BB
170:PRINT "この F(X)ヲ ツカイマス "
180:INPUT " X = ??? ";XX
190:YY=AA*XX+BB
200:PRINT ""
210:PRINT USING " F(#####.#####) = ";XX:PRINT YY
220:GOTO 180
230:END
```



[公開]

二次関数用プログラムルーチン

```
240:***** MIN.SQU Y=AX^2+BX+C *****
250:X1=0:X2=0:X3=0:X4=0:Y0=0:Y1=0:Y2=0:N1=0
260:INPUT "サンプル スクハ ? N = ";N
270:IF N<3 THEN GOTO 260
280:INPUT "X=";X
290:INPUT "Y=";Y
300:PRINT ""
310:X1=X1+X
320:X2=X2+X^2
330:X3=X3+X^3
340:X4=X4+X^4
350:Y0=Y0+Y
360:Y1=Y1+X*Y
370:Y2=Y2+(X^2)*Y
380:N1=N1+1
390:IF N1<N THEN GOTO 280
400:C=((X2*X4-X3^2)*(X3*Y0-X2*Y1)+(X1*X3-X2^2)*(X3*Y2-
X4*Y1))/((X1*X3-X2^2)*(X2*X3-X1*X4)-(X2*X4-
X3^2)*(X1*X2-N*X3))
410:B=(C*(X1*X2-N*X3)+X3*Y0-X2*Y1)/(X1*X3-X2^2)
420:A=(Y0-B*X1-N*C)/X2
430:PRINT ""
440:PRINT USING " F(X)=#####.##### X^2 + #####.##### X +
#####.#####";A,B,C
450:PRINT " この F(X)ヲ ツカイマス "
460:INPUT " X = ??? ";XX
470:YY=A*(XX^2)+B*XX+C
480:PRINT ""
490:PRINT USING "F(#####.#####) = ";XX:PRINT YY
500:GOTO 460
510:END
```

上記の2系統のプログラムを走らせることにより、浸漬時間と膨張率の関係の一次関数モデルと二次関数モデルを算出した。この際に浸漬時間0時間の理論値も検体の中に加えた。

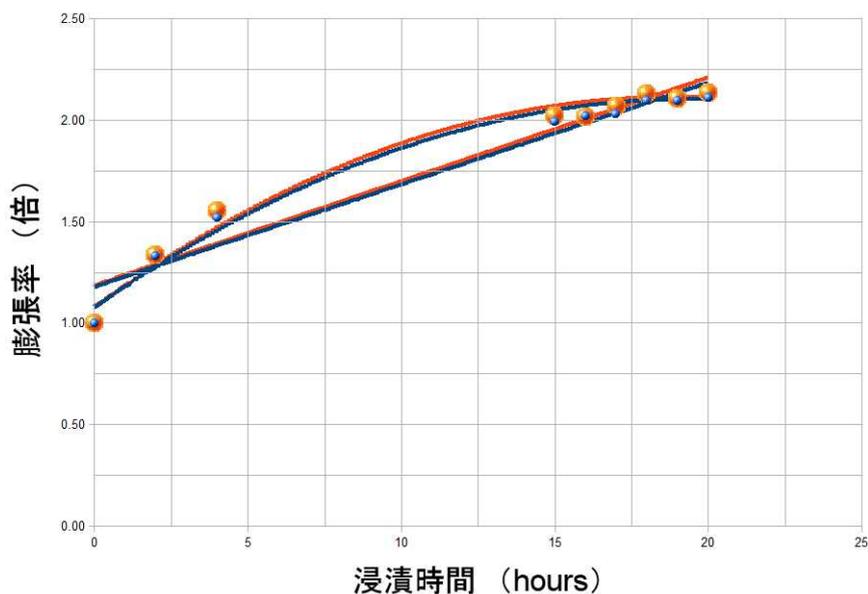


Figure 1 : 浸漬時間と膨張率の関係

- 単純膨張率
 - 石豆補正膨張率
 - 単純膨張率関数モデル
 - 石豆補正膨張率関数モデル
- 直線は一次関数モデル、曲線は二次関数モデル

4-1 Figure 1 で用いた各関数モデルは以下の式である。

- ・ 単純膨張率 一次関数モデル

$$F(x) = 0.0503x + 1.1784$$

- ・ 単純膨張率 二次関数モデル

$$F(x) = -0.0027x^2 + 0.1052x + 1.0788$$

- ・ 石豆補正膨張率 一次関数モデル

$$F(x) = 0.0512x + 1.1858$$

- ・ 石豆補正膨張率 二次関数モデル

$$F(x) = -0.0029x^2 + 0.1095x + 1.0799$$

4-1 Figure 1 を見てわかる通り、一次関数モデルよりも二次関数モデル式の方が、実際のプロットによく合致している。これは供試原料大豆が無制限に吸水できないことを示すと同時に、吸水の限界が漸近線を取ることに由来しているのであろう。

4-2 単純膨張率と石豆補正膨張率の差

また石豆補正をかけた場合が当然のように膨張率は増大する。今回の実験に用いた供試原料大豆 15Y02601 の石豆率は、3-2 Table 3 の結果からは 0 ～ 6 % の範囲であり、平均すると 2.63 % である。この数字が増大すれば、更に「単純膨張率 < 石豆補正膨張率」の関係のまま差が広がることも容易に想像がつく。

4-3 水温と最適な浸漬時間との関係

今回の実験では、水温をパラメーターとして取り扱わないようにするために、恒温器で約 7°C の環境を作った。しかし実際の製造レベルの内容では、簡易に水温を一定に保つことは困難であり、また可能であるとしてもコストの面から許されることはないであろう。

穀類・豆類を蒸かすことにより、短時間で吸水することは、日常の調理からも常識的に観測できる。このことから水温が高ければ、単位浸漬時間当たりの膨張率は増大することが予想される。一定浸漬時間における水温と膨張率との関係について、今後の実験が必要である。

4-4 約 7°C の水温における供試原料大豆 15Y02601 の最適な浸漬時間

最後に改めて「最適な浸漬時間」を定義するが、これは「大豆が最大級の吸水を行う最短の時間」と言えるであろう。しかし吸水の限界に対して漸近線を取ることから、「最大級」と言った、敢えて不明瞭な文言になるしかない。

今回の実験において、供試原料大豆 15Y02601 は、水温約 7°C の環境下で、4-1 Figure 1 より最適な浸漬時間は「18 時間」と結論づける。



[公開]

第5章 謝辞及び感想

本実験を終えるに当たり、単発かつ最小ロットにも関わらず、快く原料大豆の手配を行っていただきました、三幸交食品株式会社の篠原俊裕氏に感謝します。



[公開]

第6章 参考文献

- [1] 勘里晃 (1990) 経営戦略室タイガールーム虎の巻 page 1