

魚肉の調理温度について

第三報 (直火焼きの実験 つづき)

光藤 静子 中峠 哲朗 上山 精子
金沢千賀子 津崎 和美

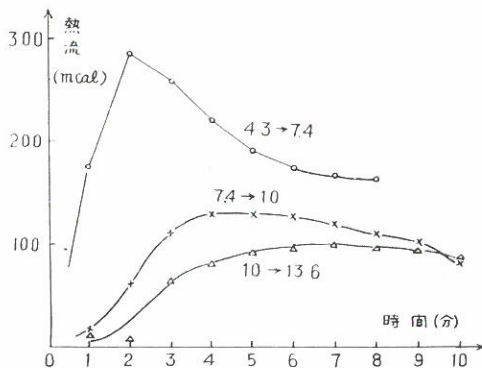
1. 緒 言

前に報告した魚の直火焼きの実験について更に検討した結果、多少定量的な数値と共に、興味ある結果が得られたので、ここに報告する。実験方法については従来のものであり、結果についても新しい事実も現われなかつたので、新しいデータは記さない。計算に使用するデータとしても一応前回の報告に出したものをを用いる。

2. 試料内部の熱移動

試料内部の温度が調理のときに、どのような経過をたどっているかについての実験結果は前回の報告に記した。この数値を用いて、試料内部を流れる熱の流れを計算(計算の方法については後に記す)した結果として第1図に示すものが得られた。図中の「4.3→7.4」のような数値は「深さ4.3mmの面から深さ7.4mmの面へ」という意味である。この結果はもちろんよく知られているように、試料中を流れる熱量は浅い部分では多く、内部にいくほど途中の温度上昇に消費されるために少なくなること、および、熱の流れの最大となる時間がおそくなることを示している。比較的表面に近い部分として

第1図 内部の熱の流れ



深さ4.3mmの面から7.4mmの面へ流れる熱量は加熱時間について平均すると0.2 cal/cm²となる。この熱量と外部から供給される熱量との関係を求めてみよう。

この実験では単位時間は4.5分であるから外部からこの試料に供給される熱量は250gの水を25 deg. 温度上昇させるために4.5分要したとしてピーカーの有効底面積40cm²を用いれば、次式で計算される。

$$25 \times 250 / 4.5 \times 60 \times 40 = 0.58 \text{ (cal/cm}^2, \text{ sec)}$$

この結果は、外部から供給される熱量に比べて内部へ向つて流入する熱量は一部分を占めるにすぎないことが知られる。従つて、この差に相当する熱量がどのような役割を果すかを明らかにする必要がある。

3. 表面における水の蒸発

前節に述べた差の熱量については、試料表面温度が 100°C を越えるので、試料内部の水分を蒸発させるために消費される可能性が最も大きい。この解釈が大体妥当であるか否かを定量的に検討してみよう。

魚肉の含水率を 70 % とするとその 1 mm の厚さの部分に含まれる水の量は 1 cm^2 あたり 0.07 g となるから、これを蒸発させるに要する熱量 $0.58\text{ cal/cm}^2, \text{ sec}$ と、内部への流入熱量 $0.2\text{ cal/cm}^2, \text{ sec}$ との差が全部水の蒸発に使用されたとすると、厚さ 1 mm の部分に含まれた水分を蒸発させるに要する時間は次のようになる。

$$39/(0.58-0.2)=100\text{ sec}=1.7\text{ min}$$

前報第 1 表に示すように加熱時間 7 分間では何 mm の厚さの試料に含まれる水分が蒸発するかを計算すると 4.1 mm となつて、前報第 1 図に示された温度分布において温度が 100°C になる深さ約 4 mm とよく一致する。すなわち、この計算結果は供給される熱量は表面付近の水を蒸発させるに要する熱量と、内部を温めるに要する熱量とになると考えて差支えないことを示している。

更にこのことを正しく判定するためには、以上の検討では不十分であつて、かなり複雑な数学的取扱いを要し、目下研究中である。

しかし以上の結論は、実際の調理を説明するために一応妥当なものと思われるので、この仮定に立つて、調理の問題を考えてみよう。

4. 火力の強さの影響

直火焼きにおいて、火力の強さをどの程度にし、またどれだけの時間焼けばよいかということが、調理技術の問題である。

最初に加熱量が、① 蒸発（「表面近くの水分を蒸発させる」という意味に使う）と② 伝熱（「内部を温めるように熱が伝わっていく」という意味に使う）とに区分されるので、火力の強弱によつてこの 2 つの用途がどのように分担されるかを明らかにせねばならないのであるが、これは事柄が表面付近に関係しているために、実験技術の点から信頼し得るデータを数多く得ることが非常に困難であるという事情から、満足し得る結果は出ていない。

しかし次のような考察から推定することが可能である。すなわち、火力が 2 倍となつた時伝熱が 2 倍となるためには、各部分の温度勾配が 2 倍とならねばならないにもかかわらず、水は 100° で沸騰するから、温度勾配は前とあまり変わらないことがわかる。従つて火力が増加した時その増加は主として蒸発を増すために消費されると考えることが合理的である。このことは内部と表面とでは事情が異つているという指示を与えてくれる。すなわち、表面では水の蒸発が火力によつて影響され、また内部では伝熱が火力の影響をあまり受けないということであ

る。もちろん、このような定性的な説明でなく、前節の事項と共に更に詳しい検討が行われている。従つて第1報において、我々が火力によつて等価時間を定義し、それによつて調理時間を決めようとした事は表面について成立つことであつて、中心部の温度と結びつけることは誤まりであることが知られた。しかし、実験が普通の調理法を基準としたために、火力の強さがあまり異なる場合についてののみ行われており、従つてこの誤まりが表面に現われなかつたと思われる。

5. 味との相関について

前節に述べたことから、直火焼きをする場合について、味をよくするための問題点を考えてみよう。前節の結果から伝熱は火力にあまり関係しないことが推定されたので、これが何によつて影響されるか、ということを明らかにし、それによつて試料内部をどのような状態にすればよいかを謂べることである。火力は主として、蒸発を支配するから蒸発が表面からどの程度の深さにおよぶのがよいかということが問題であろう。しかし、火力が多少弱くても長時間焼けば蒸発は内部にまでおよぶので、この場合火力と時間とがどのように相関するかを考えてみよう。我々は強火で焼く時は短時間でも表面が変色、変質を起こしやすく、弱い火では長時間でも変化が起らないことを知つている。このことから火力の強さは表面の変質を支配し、時間は蒸発が内部へ浸透する程度を支配すると考えられる。これらの問題をそれぞれ明らかにすることができれば、我々は初期の問題に対する解答を見出すことが可能となるであろう。

6. 付記一内部熱流の計算

試料の内部を流れる熱の流れは内部のいろいろの点の温度がわかつていけば、フーリエの式を使つて計算することができる。すなわち、面積が 1 cm^2 であつて、その距離が Δx だけへだたつており、また温度が $\Delta\theta$ だけ異つている二つの面積の間を流れる熱量 q は1秒について

$$q = \frac{K\Delta\theta}{\Delta x}$$

である。こゝに K は試料の熱伝導率である。そこで実際に測定した深さと温度とのデータから試料内の熱流を計算した例を次に示す。記号は表面から順に温度を測つた点を深さによつて表わして x_1, x_2, \dots 、またその点の温度を $\theta_1, \theta_2, \dots$ とする。そして、 $\Delta x_{12} = x_2 - x_1$ 、 $\Delta\theta_{12} \equiv \theta_2 - \theta_1$, etc. である。また K の値は実測の結果 1.1×10^{-3} C. G. S. であつた。

t	θ_1	$\Delta\theta_{12}$	$\frac{\Delta\theta_{12}}{\Delta x_{12}}$	q_{12}	θ_2	$\Delta\theta_{23}$	$\frac{\Delta\theta_{23}}{\Delta x_{23}}$	q_{23}	θ_3	$\Delta\theta_{34}$	$\frac{\Delta\theta_{34}}{\Delta x_{34}}$	q_{34}	θ_4
0	9	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	0	10
1	52	36	116	174	16	3	12	18	13	3	8	12	10
2	91	54	190	285	32	12	46	69	20	2	6	9	11
3	102	54	174	261	48	19	73	110	99	15	42	63	14
4	106	46	148	222	60	22	85	128	38	19	53	80	19
5	108	39	126	190	69	22	85	128	47	22	61	91	25
6	111	36	116	174	75	21	80	128	54	23	64	96	31
7	115	35	112	168	80	19	73	120	61	24	67	100	37
8	118	34	110	165	84	18	69	110	66	23	64	96	43

この実験に関して費用の一部は県委託研究費および本学後援会費によつて援助せられたことを感謝する。