

INSTITUTO DE HIGIENE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE HIGIENE E SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO

CAIXA POSTAL 2920 — S. PAULO — BRASIL

DIRETOR: PROF. G. H. DE PAULA SOUZA

---

BOLETIM N. 70

# ENSAIOS DE CALORIMETRIA ALIMENTAR

II

PROF. G. H. DE PAULA SOUZA  
DR. ALEXANDRE WANCOLLE  
e ROLANDO H. BARSOTTI

1940  
IMPRESA OFICIAL DO ESTADO  
SÃO PAULO

# ENSAIOS DE CALORIMETRIA ALIMENTAR

## II

Prof. G. H. de Paula Souza e

Dr. Alexandre Wancolle e Rolando H. Barsotti

Na apreciação do valor energético dos alimentos, vários processos podem ser utilizados. Sobressai, entretanto, o uso da bomba calorimétrica, sendo a de Berthelot-Mahler de clássica utilização. Em nosso laboratório já tivemos oportunidade de, por meio dessa aparelhagem, proceder ao exame de uma série de produtos alimentícios, trabalho que publicamos em nosso boletim n. 6, com a colaboração do Prof. Luiz Adolfo Wanderley.

De alguns anos para cá e graças a Francis G. Benedict, um outro método, mais acessível que o precedente aos laboratórios em geral, vem sendo utilizado satisfatoriamente. Os seus resultados são perfeitamente concordes com os do método clássico da bomba calorimétrica, dentro dos limites das variações das amostras, sobretudo em se tratando de gêneros alimentícios, não obrigando a maior grau de precisão.

Enquanto a bomba calorimétrica requer manipulações e cálculos que apresentam certas dificuldades, sendo também de preço bastante elevado, o oxi-calorímetro de Benedict e Fox é de manêjo relativamente simples e de preço acessível.

Queremos, nesta nota, apresentar alguns resultados prévios, que serão completados **a seguir**, sobre o valor calórico obtido com o oxi-calorímetro de Benedict e Fox, aparelho sobrejamente conhecido mas, parece-nos, ainda não aplicado entre nós, para a medida do valor energético de alimentos.

O princípio do oxi-calorímetro consiste na medida direta do volume de oxigênio necessário para a combustão de uma quantidade conhecida de substância, sendo o valor energético desta calculado pelo valor calórico de um litro de oxigênio, previamente estabelecido em bomba calorimétrica pela combustão de substância semelhante.

De acôrdo com a natureza da substância examinada, serão usados valores diferentes para o cálculo. Os valores médios calóricos do oxigênio, sugeridos para serem usados nas determinações pelo oxi-calorímetro, são os seguintes: para substâncias ricas em azoto, 4,68 calorias por litro de oxigênio; para gorduras, 4,7 calorias; para compostos ricos em hidratos de carbono, 5,0 calorias; para uma dieta mista de hidratos de carbono e gorduras, 4,825, e para fezes, 5,0 calorias.

O oxi-calorímetro de Benedict e Fox consiste, em linhas gerais, em uma câmara de combustão, um recipiente contendo cal sodada para absorção do gás carbônico, um insuflador e distribuidor da corrente de ar, e um espirômetro no qual se mede a contração de volume do oxigênio usado.

A câmara de combustão nada mais é do que uma chaminé de vidro, semelhante às de lampeão a querosene. A parte inferior da chaminé é mergulhada em uma camada de água contida em um recipiente de metal, munido de dois pequenos postes para o contacto elétrico; êste recipiente comunica-se, pela sua parte central, a um tubo metálico que forma um ângulo reto com um outro tubo em forma de U, o qual funciona como refrigerador. Um cadinho de níquel, contendo a substância a ser queimada, é colocado sôbre um suporte adaptado ao início daquele tubo, suporte que, pelas suas aberturas adequadas, permite a livre circulação do oxigênio que chega à chaminé pela sua parte superior. O insuflador, movido por um motor com resistência, deve assegurar uma circulação de ar bem próxima dos 30 litros por minuto, o que deverá ser previamente verificado.

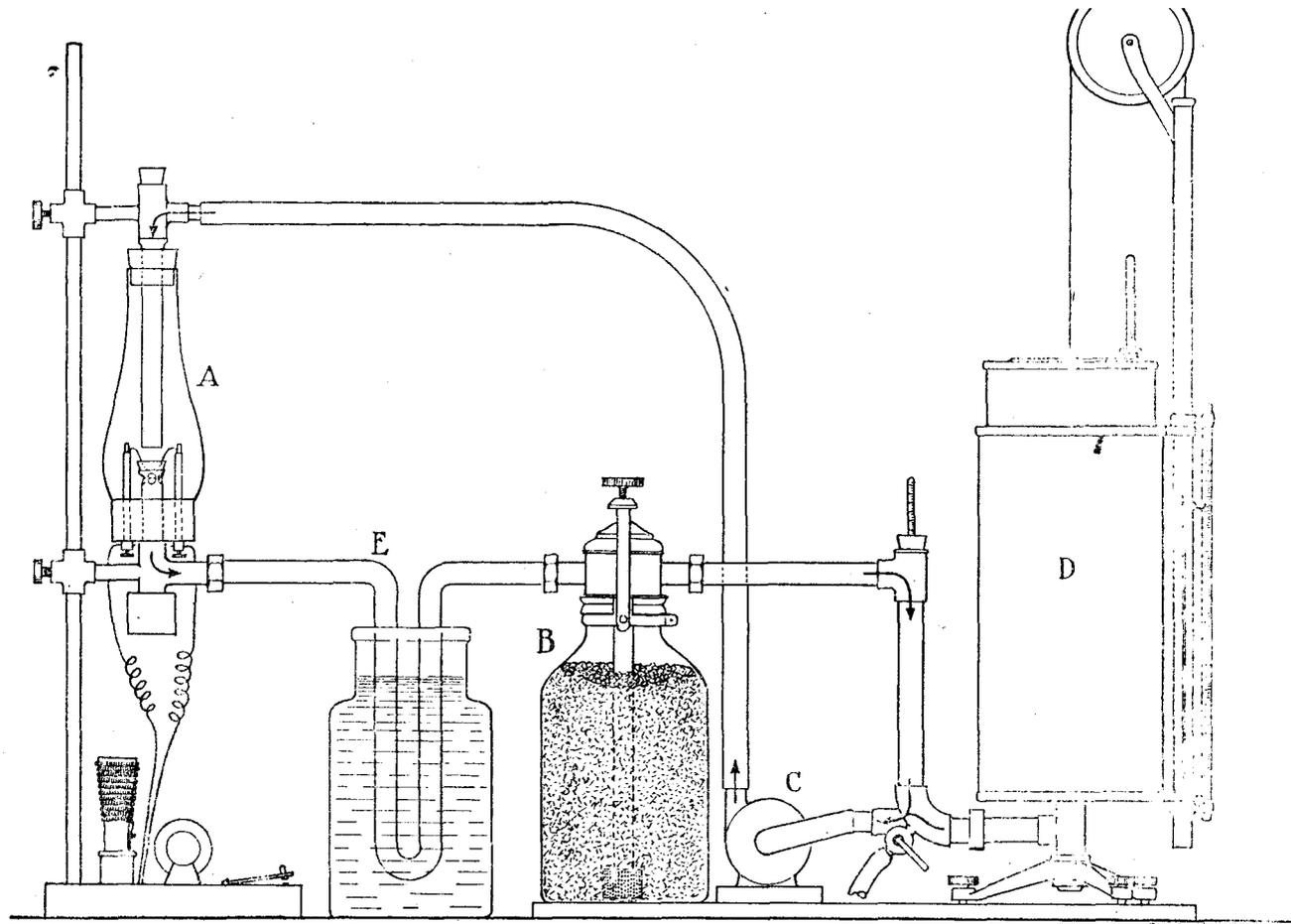
Quanto ao espirômetro, sua campânula deve ter cerca de 150 mm. de diâmetro para, assim, ceder um volume aproximado de 21 cc. para cada mm. de comprimento; sua capacidade deve ser tal que possa prover a uma contração de volume de 2,5 a 3 ls. de preferência.

Tanto o calor excessivo resultante da combustão como o produzido pela absorção do bióxido de carbono pela cal sodada, são eliminados, deixando-se passar os produtos da combustão através do tubo metálico em U que é resfriado por água gelada.

No cotovêlo dêste tubo acumulam-se, após algumas queimas, alguns cc. de água, resultante da combustão, da evaporação de parte da água que fecha a chaminé e da fornecida pela cal sodada, sendo, pois, aconselhável, após umas três queimas, retirar a água condensada, para não impedir a livre circulação da corrente de oxigênio. Há dois termômetros: um no circuito e outro na campânula do espirômetro; a temperatura no fim da queima deverá ser a mesma da do início.

Os cadinhos usados para a combustão são de níquel, sem soldas, com capacidade de 9 cc.

Para a ignição é usado o método elétrico, geralmente empregado na bomba calorimétrica. Para ser queimado empregarse-á material previamente sêco e em quantidade tal, que assegure um volume aparente de 2 a 3 ls. de oxigênio absorvido: 1 a 2 grs. são suficientes.



A: Câmara de combustão — B: Recipiente com cal sodada — C: Insuflador da corrente de oxigênio  
 D: Espirômetro — E: Tubo refrigerador

Des. S. A. 12

Vejam os, agora, como realizar uma queima.

Pesa-se uma certa quantidade de substância sêca, num cadinho de níquel, que é colocado na câmara de combustão. O fio de ignição (fio próprio) é fixo aos dois pequenos postes, formando quasi um U apoiado sôbre a substância a ser queimada, em cuja superfície, em contacto com o fio, coloca-se uma pitada de pedra pomes para assegurar a ignição. Adapta-se a chaminé e introduz-se o oxigênio, enchendo-se o espirômetro. Quando a temperatura dêste estiver igual à do ambiente, toma-se nota da altura da campânula. (Quando a campânula do espirômetro se eleva por introdução do oxigênio, produz-se um resfriamento provocado pela evaporação da água que adere à campânula, sendo, pois, necessário aguardar que a temperatura no espirômetro seja igual à ambiente). Liga-se o motor e, por contacto elétrico, provoca-se a ignição. A combustão é geralmente completa após 1 ou 2 minutos. Sendo a produção de calor elevada — como já foi dito — é necessário um sistema de refrigeração eficiente.

Cessada a combustão, deixa-se o insuflador em movimento, continuando a ventilação até que a temperatura volte a ser a mesma verificada no início da experiência: lê-se, então, o espirômetro. Calcula-se o volume de oxigênio que foi necessário para a queima, pela diferença entre as leituras do espirômetro, reduzindo-se o resultado a 0° C e 760 mm. É necessário uma pequena correção, por causa do oxigênio requerido para a queima do fio, que é de 5 cc. (para um fio de ferro de 75 mm. de comprimento e 0,18 de diâmetro). Será a seguinte, a fórmula para o cômputo da contração de volume:

$$V = \frac{(D \times K \times r) - 5}{P}$$

V = volume em cc.

D = diferença entre as leituras do espirômetro em mm.

K = volume da campânula por mm. de comprimento.

r = fator de redução a t e p.

P = pêso da substância usada.

O fator r é obtido pela fórmula:

$$r = \frac{273}{273 + t} \times \frac{p}{760},$$

onde t é a temperatura no espirômetro e p a leitura barométrica.

Obtido V, multiplica-se pelo valor calórico do oxigênio, valor que varia segundo a natureza da substância usada, como já foi referido.

As vezes, ao fim da combustão, obtem-se um resíduo de carvão não queimado; é, então, necessário uma correção, que se consegue acrescentando-se um volume de oxigênio correspondente à quantidade de carvão. Para isso, pesa-se o cadinho, calcina-se o resíduo e pesa-se de novo: a perda em pêso é anotada como carvão não queimado; cada mgr. de carvão corresponde a 1,9 cc. de oxigênio.

Em se tratando de material que contenha azoto é preciso fazer-se mais uma correção, pois durante a queima o azoto irá ocupar o lugar do oxigênio consumido: acrescenta-se o valor correspondente ao volume de azoto por grama da substância queimada. (1).

A exatidão do oxi-calorímetro com que trabalhámos foi verificada por várias queimas de lactose e sacarose (puríssimas), sendo obtido 98,01 % do valor teórico, o que foi levado em conta no cálculo de nossos resultados.

Vejamos, agora, um exemplo de combustão de substância contendo azoto:

Pêso da substância (feijão sêco) .....	2,1925 grs.
Azoto na substância sêca (pelo Kjeldahl) ....	3,02 %
Humidade da substância .....	14,26 %
Leitura inicial do espirômetro.....	175 mm.
Leitura final do espirômetro .....	81,5 mm.
Temperatura do espirômetro (início e fim)....	21°C
Pressão barométrica .....	697,2
Perda por calcinação .....	2,2 mgrs.
Volume da campânula por mm. ....	20,83 cc.

$$V = \frac{(93,5 \times 20,83 \times 0,851) - 5 + 4,2}{2,1925} + 24,2 = 779,7$$

779,7 x 5 = 3.899 calorias por grama da substância sêca.

(1) Para descrição do aparelho e outros detalhes nos utilizamos dos trabalhos de Francis G. Benedict e Edward L. Fox: a) "The oxi-calorimeter"; b) "A method for the determination of the energy values of foods and excreta" publicados respectivamente em "Industrial and Engineering Chemistry, vol. 17 n. 9 pg. 912 (1925)" e "The Journal of Biological Chemistry", vol. LXVI, n. 2 (1925).

Correção:  $\frac{3,899}{0,9801} = 3,978$  cal. por grama de substância sêca.

ou seja 3,411 cal. por grama de substância húmida.

Na fórmula, o valor 4,2 representa o volume de oxigênio correspondente aos 2,2 mgrs. de carvão não queimado, e o valor 24,2 o volume de azoto por grama de substância que tomou o lugar do oxigênio.

Dos demais têrmos já falámos em outra parte.

Damos a seguir os primeiros resultados obtidos com o oxicalorímetro de Benedict e Fox. Aproveitámos o fato de ter sido necessária a dosagem do azoto afim de se poder calcular o valor calórico, conforme dissemos em outra parte, para incluirmos a taxa dêsse elemento em nossas tabelas.

SUBSTÂNCIA ANALISADA	UMIDADE	AZOTO POR CENTO	CALORIAS EM 100 GRAMAS	
	Por cento	Substância húmida	Substância sêca	Substância húmida
Tomate (inteiro com semente) . . . . .	93,55	0,12	252,5	16,3
» (somente a polpa) . . . . .	94,35	0,09	173,4	9,8
Mamão. . . . .	89,65	0,06	184,4	19,1
Oleo de Burity (Mauritia vinifera) . . . . .				941,0 (*)
Queijo português da Serra da Estrela . . . . .		3,83		229,2
Queijo tipo parmezão nacional . . . . .	26,08	4,70	733,2	542,0
Croquete de camarão (1). . . . .		1,62		85,6
Bife à milanesa (1) . . . . .	52,10	3,01	598,7	286,8
Tigelada de carne (1). . . . .	46,40	3,07	784,8	420,6
Gnocchi (1) . . . . .	71,88	0,47	499,3	140,4
Môlho para macarronada (1) . . . . .	72,86	0,08	553,4	150,2

(\*) No óleo tal como foi adquirido no mercado.

(1) Preparado no restaurante do Instituto de Higiene.

Vamos dar agora resultados obtidos com diferentes amostras de feijão que nos foram remetidas pelo Departamento de Fomento da Produção Vegetal — S. Paulo (amostras 1 a 8) e pelo Instituto Agrônômico de Campinas (amostras 9 a 14).

SUBSTÂNCIA ANALISADA	UMIDADE	AZOTO POR CENTO	CALORIAS EM 100 GRAMAS		CALORIAS EM 100 GRÃOS	N.º DE GRÃOS CORRESPONDENTES A 100 CALORIAS
	Por cento	Substância úmida	Substância sêca	Substância úmida	Substância úmida	
1 — Feijão branco . . . . .	16,16	3,22	391,6	328,3	131,5	76
2 — » vinagre . . . . .	13,09	3,16	371,1	322,5	75,9	131,8
3 — » mulatinho escuro . . . . .	14,50	3,09	381,3	326,0	71,1	140,7
4 — » enxofre . . . . .	13,06	3,22	372,8	324,1	83,2	120,2
5 — » manteiga . . . . .	14,53	2,86	390,9	334,1	138,3	72,3
6 — » preto . . . . .	14,26	2,59	397,8	341,1	64,5	154,9
7 — » bico de ouro . . . . .	13,40	2,83	360,8	312,5	83,2	120
8 — » mulatinho meio claro . . . . .	14,04	3,00	377,0	324,1	72,3	138,2
9 — » cabreúva . . . . .	11,10	2,40	357,9	318,2	63,6	157,1
10 — » campineiro . . . . .	11,57	2,84	383,0	338,7	71,8	139,3
11 — » mulatinho novo . . . . .	11,06	2,72	385,9	343,2	66,9	149,4
12 — » preto . . . . .	11,81	3,26	419,0	369,5	72	138,8
13 — » bico de ouro . . . . .	11,39	2,62	402,0	356,2	66,6	150,1
14 — » mulatinho tupi . . . . .	11,46	2,80	405,6	359,1	70	142,8

Na tabela precedente incluímos, a título de curiosidade, o número de calorias correspondente a 100 grãos e o recíproco, isto é, o número de grãos correspondente a 100 calorias. As diferenças correm por conta da variedade do peso do grão.