

## 3 种粗粮热值测定及质量评价<sup>\*</sup>

侯守芳, 周利兵

(广西科技师范学院, 广西 来宾 546199)

**摘 要:** 用氧弹式热量计测定三种常见粗粮热值。以苯甲酸作为标准物质, 在室温 20 ℃, 氧气压力为 2 MPa, 样品质量为 0.1~0.3 g 的条件下, 进行燃烧实验。对实验数据做雷诺温度校正图处理, 得出粗粮燃烧前后系统温度的变化值, 进而计算粗粮的燃烧热。测定结果表明: 红米的热值最大, 其次为糯白玉米的热值, 黑豆的热值最小。通过对粗粮燃烧热的测定结果, 对其进行质量评价。同时对粗粮热值分析研究方面提供一定数据。本试验测定原理简单、方法可靠、易操作。

**关键词:** 粗粮; 热值; 质量评价

中图分类号: TS210.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-9677(2021)021-0091-03

## Combustion Heat Determination and Quality Evaluation of Three Kinds of Coarse Cereals<sup>\*</sup>

HOU Shou-fang, ZHOU Li-bing

(Guangxi Science & Technology Normal University, Guangxi Laibin 546199, China)

**Abstract:** The calorific value of three common coarse grains was determined using an oxygen bomb calorimeter. The combustion experiments were carried out at room temperature of 20 ℃, oxygen pressure of 2 MPa and sample mass of 0.1~0.3 g using benzoic acid as the standard substance. The experimental data were processed as Reynolds temperature correction plots to obtain the values of the changes in system temperature before and after combustion of the coarse grains, and then the heat of combustion of the coarse grains was calculated. The results showed that the calorific value of red rice was the largest, followed by that of glutinous white maize, and the calorific value of black beans was the smallest. The results of the heat of combustion measurements of the coarse grains were used to evaluate their quality. It also provided some data for the analysis of the calorific value of coarse grains. The principle of this test is simple, reliable and easy to operate.

**Key words:** coarse grains; calorific value; quality evaluation

粗粮主要包括谷物类(荞麦, 燕麦, 大麦, 高粱, 大米, 小米, 红米等), 豆类(黄豆, 红豆, 绿豆, 黑豆, 豌豆, 蚕豆, 芸豆等)和块茎(红薯、山药、马铃薯等)。不同粗粮含有不同的营养元素。例如荞麦含有丰富的 B 族维生素、维生素 E 和铁、锰、锌等微量元素; 豆类含有丰富优质的蛋白质; 山药富含多种人体必需的微量元素。随着社会的不断发展, 人们生活水平提高, 饮食越来越精细化, 粗粮的摄入严重不足, 导致肥胖、高血压、冠心病及某些癌症人群增多<sup>[1]</sup>。本文主要从常见的三种粗粮入手, 探究这些粗粮热值对减肥人群合理搭配饮食、粗粮深加工、储藏及食用方面都具有一定的指导意义, 也为粗粮的热值分析研究方面提供一定的数据<sup>[2]</sup>。通过对粗粮燃烧热的测定结果, 对其进行质量评价。同时对粗粮热值分析研究方面提供一定数据。本试验测定原理简单、方法可靠、易操作<sup>[3]</sup>。目前, 国内在粗粮热值方面已有相关研究, 但研究不是

很多<sup>[4]</sup>。所以, 此次内容主要对部分粗粮热值测定研究。由试验数据表明, 不同种类粗粮的热值存在很大差异, 对部分消费者合理选择粗粮具有一定指导意义<sup>[5]</sup>。

### 1 实 验

#### 1.1 实验原理

燃烧热的定义: 即 1 mol 物质完全燃烧所释放出的热量。所谓完全燃烧, 即参加反应的反应物的各个元素在经过燃烧反应后, 必须呈现本元素的最高化合价<sup>[6]</sup>。如碳生成 CO<sub>2</sub>(g), 氢生成 H<sub>2</sub>O(l) 等。

本实验采用氧弹式热量计测量三种不同粗粮的恒容燃烧热, 实验公式为:

<sup>\*</sup> 基金项目: 2018-2020 年广西本科高校食品科学与工程特色专业及实验实训教学基地(中心)建设项目(桂教高教[2018]52 号); 广西科技师范学院校级《物理化学》课程思政、广西科技师范学院校级一流本科课程《物理化学》(燃烧热研究阶段性成果); 广西科技师范学院重点科研项目资助(GXKS2021ZD004); 广西科技师范学院高等教育本科教学改革工程项目(2021GKSYGA04); 广西科技师范学院功能性食品配料工程技术研究中心(KJ5CSH000008)。

第一作者: 侯守芳(1998-), 女, 学士, 本科毕业生, 专业方向为食品质量与安全。

通讯作者: 周利兵(1978-), 男, 教授, 从事食品药品质量评价、计算机化学、计量学和统计学多学科交叉融合研究。

$$\Delta m_{\text{粗粮}} Q_V = W_{\text{卡}} \Delta T - Q_{\text{点火丝}} \Delta m_{\text{点火丝}} - Q_{\text{胶囊}} m_{\text{胶囊}}$$

式中:  $W_{\text{卡}}$  为样品参加反应的质量(g),  $W_{\text{卡}}$  为样品的恒容燃烧热,  $W_{\text{卡}}$  为热量计水当量,  $W_{\text{卡}}$  为燃烧前后温度的变化值,  $W_{\text{卡}}$  为点火丝的燃烧热( $W_{\text{卡}} = 1400.8 \text{ J/g}$ ),  $W_{\text{卡}}$  为点火丝参加燃烧反应的实际质量,  $W_{\text{卡}}$  为胶囊的恒容燃烧热,  $W_{\text{卡}}$  为胶囊的质量(g)。

## 1.2 仪器与样品

仪器: 燃烧热试验装置(型号 HR-15A), 氧气钢瓶、压片机、粉碎机、分析天平、干燥箱等。

样品: 苯甲酸、点火丝、药用胶囊、三种粗粮(糯白玉米, 红米, 黑豆)市购。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 热量计水当量的测定

样品称量: 用托盘天平称 0.3~0.4 g 左右苯甲酸, 在压片机上压成圆片。将压成圆片的苯甲酸样品在分析天平上进行准确称量, 记录准确值。

装置氧弹: 打开氧弹盖, 将氧弹内壁尤其是电极下端的不锈钢接线柱擦拭干净。称取 0.2 g 左右点火丝一根, 并用分析天平准确称重, 将其两端固定在两个电极上, 并让苯甲酸与其有良好接触, 然后, 盖紧氧弹盖。打开氧气钢瓶开关, 调节氧气表压为 1.5~2 MPa(经不同氧气压力下的重复实验, 证明在氧气压力 2 MPa 下样品能够完全燃烧), 对氧弹瓶充氧。先充氧 5 s 排气检查氧弹瓶气密性良好, 然后再持续充氧 40 s。

测量: 量取已调好温度(调节内筒水温比外筒低 0.2 °C 左右)的自来水 3000 mL 置于内筒中。将氧弹放入内筒中央, 连好所有电路, 盖好盖子后将测温传感器插入内筒, 打开电源和搅拌器。每隔 30 s 记录 1 次温度, 当记下第 20 次温度时, 点火, 成功后每隔 30 s 继续记录数据, 直到温度稳定或缓慢上升至第 100 次温度。试验完毕后称量点火丝的质量, 记录数据, 进行数据处理。

### 1.3.2 粗粮热值测定

将三种粗粮(糯白玉米, 红米, 黑豆)分别通过粉碎机粉碎, 置于干燥箱中恒温 80 °C 干燥 10 h。然后将烘干后的样品装入空胶囊内, 按上述 2.3.1 实验步骤操作测其燃烧热值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 热量计水当量的测定

根据实验测得苯甲酸燃烧热数据, 用 origin 绘制雷诺温度校正曲线, 见图 1。

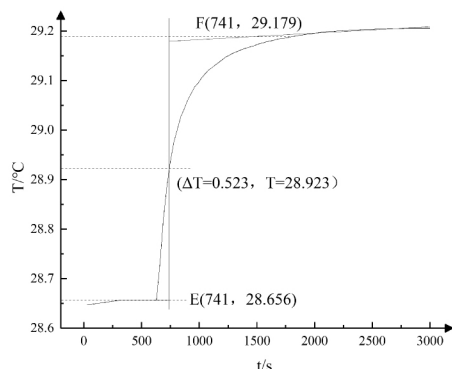


图 1 苯甲酸燃烧热测定的雷诺温度曲线校正图

Fig. 1 Reynolds temperature curve correction chart of benzoic acid

热量计的水当量  $W_{\text{卡}}$  的计算: 苯甲酸实验样品, 样品质量

为 0.2862 g, 点火丝的质量为 0.0092 g。

根据公式:  $\Delta m_{\text{粗粮}} Q_V = W_{\text{卡}} \Delta T - Q_{\text{点火丝}} \Delta m_{\text{点火丝}} - Q_{\text{胶囊}} m_{\text{胶囊}}$

已知  $W_{\text{卡}} = 26460 \text{ J/g}$ 、且由图 1 可知,  $W_{\text{卡}} = 0.523 \text{ °C}$ 。由此可求得  $W_{\text{卡}} = 14551.5467 \text{ J/°C}$ 。

### 2.2 药用胶囊壳燃烧热的测定

取药用胶囊壳精确称其质量, 根据 2.3.1 试验步骤进行胶囊壳燃烧热值的测定。胶囊壳燃烧热值平行测定 3 次, 测定平均值  $Q_{\text{胶囊}} = 19454.7052 \text{ J/g}$ 。

### 2.3 粗粮的热值测定

根据实验测得三种粗粮(糯白玉米, 红米, 黑豆)燃烧热数据, 用 origin 绘制雷诺温度校正曲线, 如图 2~图 4 所示。

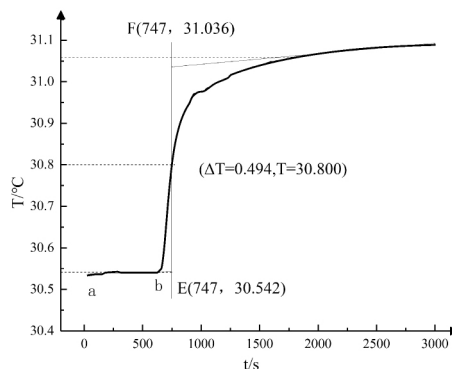


图 2 糯白玉米燃烧热测定的雷诺温度曲线校正图

Fig. 2 Reynolds temperature curve correction chart of White waxy corn

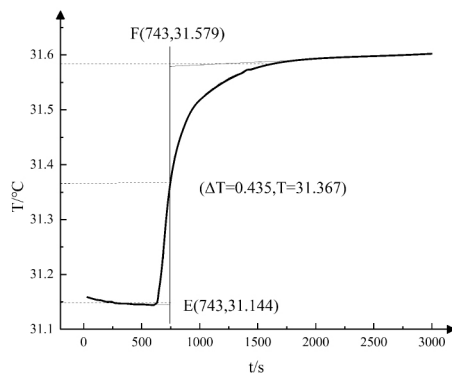


图 3 红米燃烧热测定的雷诺温度曲线校正图

Fig. 3 Reynolds temperature curve correction chart of red rice

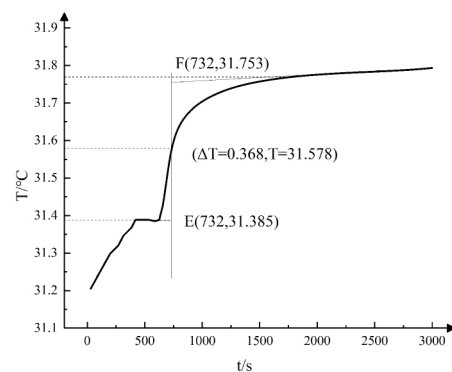


图 4 黑豆燃烧热测定的雷诺温度曲线校正图

Fig. 4 Reynolds temperature curve correction chart of black beans

2.3.1 糯白玉米燃烧热计算

样品名称：糯白玉米。样品质量为 0.2998 g，点火丝质量为 0.0085 g，空胶囊质量为 0.0975 g。

由公式：
$$Q_V = \frac{(W_{\text{卡}} \Delta T - Q_{\text{点火丝}} \Delta m_{\text{点火丝}} - Q_{\text{胶囊}} m_{\text{胶囊}})}{\Delta m_{\text{粗粮}}}$$

计算得到  $Q_V = 17610.8189 \text{ J/g}$

2.3.2 红米燃烧热计算

样品名称：红米。样品质量为 0.2346 g，点火丝质量为 0.0108 g，空胶囊质量为 0.1082 g。

由公式：
$$Q_V = \frac{(W_{\text{卡}} \Delta T - Q_{\text{点火丝}} \Delta m_{\text{点火丝}} - Q_{\text{胶囊}} m_{\text{胶囊}})}{\Delta m_{\text{粗粮}}}$$

计算得到  $Q_V = 17944.5655 \text{ J/g}$

2.3.3 黑豆燃烧热计算

样品名称：黑豆。样品质量为 0.1764 g，点火丝质量为 0.0097 g，空胶囊质量为 0.0974 g。

由公式：
$$Q_V = \frac{(W_{\text{卡}} \Delta T - Q_{\text{点火丝}} \Delta m_{\text{点火丝}} - Q_{\text{胶囊}} m_{\text{胶囊}})}{\Delta m_{\text{粗粮}}}$$

计算得到  $Q_V = 9365.4705 \text{ J/g}$

3 结 论

燃烧热测定结果：糯白玉米的燃烧热为 17610.8189 J/g，红米的燃烧热为 17944.5655 J/g，黑豆的燃烧热 9365.4705 J/g。从实验结果可以看出，红米的热值最大，其次为糯白玉米的热值，黑豆的热值最小。

参考文献

[1] 赵爱娟,冯彩婷,周军华. 谷物燃烧热的测定研究[J].河南科学, 2014,32( 7): 1189-1192.

[2] 赵丽娜,刘春玲,姜大雨. 三种主食热量的测定—燃烧热测定实验的应用[J].广州化工, 2013,41( 16): 132-134, 201.

[3] 高锦红. 常见谷物的热值测定分析[J].黑龙江畜牧兽医,2016 ( 11): 275-277.

[4] 高锦红. 常见豆类的热值测定与分析[J].食品与发酵工业, 2015, 41( 10): 152-154.

[5] 侯炜,戴莹莹. 物理化学实验[M].北京:北京理工大学出版社, 2016.

[6] 高锦红,陈莹,李雅丽. 用氧弹式量热计测定茶叶的热值[J].茶叶科学,2018,38( 4): 425-429.

( 上接第 84 页)

[3] 赵洪伟,张宁,李自辉,等. 玄参多糖对 2 型糖尿病大鼠降糖作用的研究[J]. 中医药信息, 2017,34( 5): 8-12.

[4] 李自辉,张宁,董婉茹,等. 玄参多糖对正常生理小鼠和免疫低下状态小鼠免疫功能的影响[J]. 中国药房,2017,28( 10): 1316-1319.

[5] 段金殿,宿树兰,吕洁丽,等. 药材产地加工传统经验与现代科学认识[J]. 中国中药杂志, 2009,34( 24): 3152-3157.

[6] 魏学军,林先燕,李雪莹,等. 基于杜仲多糖生物活性的适宜“发汗”加工方法研究[J]. 黔南民族医学学报,2019,32( 01): 8-10, 19.

[7] 方学敏,曹岗,蔡银燕. 玄参炮制前后多糖含量的变化研究[J]. 中华中医药学刊,2012,30( 5): 986-987.