

# 食品质构的仪器测量和 感官测试之间的相关性

蒙名燕, 李沛生\*, 阮征, 朱志伟  
(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

**摘要:**通过对影响食品质构测量和感官测试之间相关性因素(温度、压缩速度、样品的均一性、样品的大小)的分析,以及举例说明食品质构的仪器测量和感官测试之间存在的相关性,讨论了在仪器测量(I)和感官测试(S)间可能的关系及相关系数的问题。共有9种可能的关系,其中,各有三种可能显示了仪器测量和感官测试之间的良好的相关性、边际的预测关系、较差的线性关系。当仪器测量和感官测试之间的相关系数为 $\pm 0.9 \sim \pm 1.0$ 时,食品质构的仪器测量能很好的反映感官测试的结果。

**关键词:**质构, 仪器测量, 感官测试, 相关性

**Abstract:** This paper analyzes the effects of temperature, compression speed, sample size, uniformity of sample on instrumental measurements and sensory tests for texture, and lists some examples of the potential relationships. Also, the relationships and the correlation coefficient between instrumental measurements and sensory tests are discussed. There are nine potential relationships between instrumental measurements (I) and sensory tests (S), three are well related, three are marginally related, and the rest three are poorly related. When the simple correlation coefficient between the instrumental measurements and sensory tests is from  $\pm 0.9$  to  $\pm 1.0$ , the instrumental measurements is a good one and can be used with confidence as a predictor for sensory tests.

**Key words:** texture; instrument measurements; sensory tests; correlation

中图分类号: TS207 文献标识码: A  
文章编号: 1002-0306(2006)07-0198-05

由于人类评估质构相对于那些被校正的仪器读数来说是标准,而高质量的感官分析对预测仪器测量质构质量时的读数是很有价值的,仪器测量的准确性在于它获得的数据是否能很好地预测感官测试的结果,对仪器测量读数的校准是以感官测试的结果为参照标准的,因此,了解仪器测量和感官测试

收稿日期: 2006-02-06 \*通讯联系人  
作者简介: 蒙名燕(1982-),女,在读研究生,研究方向:食品加工保藏。

的相关性是非常有必要的。

## 1 影响质构测量的因素及其对仪器测量和感官测试之间的相关性的影响

影响质构测量准确性的因素很多,不同的影响因素对仪器测量和感官测试之间的相关性影响程度也不一样,这里简单介绍温度、压缩速度、样品的均一性、样品的大小对其的影响。

### 1.1 温度的影响

众所周知,温度影响液态食品的质构测量。如粘度,大部分粘度计要求维持样品的温度变化在 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 内,以消除温度变化对测量结果的影响。但是很多研究者并没有意识到温度对固态食品的质构测量同样有影响。Bourne(1982)定义了质构-温度系数(Texture-Temperature Coefficient, TTC)如下<sup>[1]</sup>:

$$TTC(\%/^\circ\text{C}) = \frac{\text{温度 } T_2 \text{ 时质构参数} - \text{温度 } T_1 \text{ 时质构参数}}{\text{温度 } T_1 \text{ 时质构参数} \times (T_2 - T_1)} \times 100\%$$

即温度每变化 $1^\circ\text{C}$ 时质构参数改变的百分比。这里的 $T_1$ 、 $T_2$ 分别是测量质构的温度范围的最低和最高温度。该定义假设质构参量与温度是直线关系。对于食品来说,这个关系不一定是直线的,但该定义仍可使用。当温度范围比较窄时,其可以看作近似直线段;当温度超过特定范围时,TTC的应用是特别指定的。

国外学者对各类食品的质构-温度系数进行了大量的研究<sup>[2-6]</sup>。研究表明,TTC的值是一个很宽的范围,如香肠在 $21 \sim 49^\circ\text{C}$ 时,刺破力的TTC为 $0\%/^\circ\text{C}$ ,猪油在 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ 时,穿透力的TTC为 $-27.7\%/^\circ\text{C}$ 。而且当检测的温度接近引样品状态改变的温度,如脂肪、凝胶体接近熔点时,TTC值非常高。通过比较还可以看出,除了草莓的为 $7.7\%/^\circ\text{C}$ 外,水果和蔬菜的TTC值都在 $-0.2 \sim -1.0\%/^\circ\text{C}$ 之间。

因此,在测量过程中要得到可重复的数据,控制

样品的温度是非常关键的。对于 TTC 值低的食品,温度的变化应控制在 $\pm 2 \sim \pm 4^\circ\text{C}$ 之间;对于 TTC 值高的食品,应该控制在更窄的范围内。对于很多脂肪来说,前期的贮存温度会对质构有影响,因此,对于这类食品来说,应全过程控制温度,而不仅仅是控制检测过程的温度。

### 1.2 压缩速度的影响

检测时的压缩速度对于弹性或近弹性的样品的结果影响是比较小的,但是对于粘弹性食品有较复杂的影响。

Bourne(1965)对三种不同品种的苹果进行穿刺力实验,操作速度为 $0.5 \sim 50\text{cm}/\text{min}$ 。经过多次重复的实验,发现穿刺力仅仅有一点变化,它与检测时运行的速度几乎没有关系,这类食品称为“应力变形速率非敏感型(strain rate insensitive)”食品<sup>[7]</sup>。这样的例子很多,如:Thybo 等人(2000)通过对 10 种不同品种的土豆进行单轴晶体压缩检测,速度范围为 $20 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ ,发现速度对用仪器测量和感官质构分析之间相关系数的变形率没有相应的影响<sup>[8]</sup>。Van Hecke 等人(1995)报道当速度在 $10 \sim 50\text{mm}/\text{min}$ 时,对易碎疏松食品的弯曲度的检测没有影响<sup>[9]</sup>。Wium 等人(1997)在压缩超细羊乳干酪时,发现尽管速度从 $50\text{mm}/\text{min}$ 增到 $2500\text{mm}/\text{min}$ ,它对用仪器测量破裂压力和感官测试的硬度之间相关系数的变形率几乎没有影响<sup>[10]</sup>。

与此相反,对于某些食品来说,控制压缩速度是非常关键的。Shama 等人(1973)通过以不同速度对两种不同干酪的检测,得出了一个需要选择正确速度的典型例子<sup>[11]</sup>。当压缩速度为 $5\text{cm}/\text{min}$ 时,白斯第尔顿(white stilton)奶酪的力-压缩速度曲线通常在高达干酪上面,这说明斯第尔顿奶酪比高达干酪硬。当压缩速度为 $20\text{cm}/\text{min}$ 时,而且压缩量在 $0\% \sim 30\%$ 和大于 $60\%$ 时,斯第尔顿奶酪的力-压缩速度曲线在高达(Gouda)干酪上面;压缩量为 $30\% \sim 60\%$ 时,斯第尔顿奶酪的力-压缩速度曲线在高达干酪下面。当压缩速度在 $50 \sim 100\text{cm}/\text{min}$ 时,也产生类似的情况。该实验表明了在某些检测条件下,斯第尔顿奶酪比高达干酪硬;在另外一些条件下,斯第尔顿奶酪比高达干酪软。但是,感官测试通常认为高达干酪比斯第尔顿奶酪硬。因此流变学的仪器测量和感官测试在这里仅仅有某些时候才相关。这个例子说明了为使流变学的仪器测量与感官测试相关,选择压缩速度和压缩程度是很关键的。

### 1.3 样品均一性的影响

有些样品内各点的质构都很均匀,然而有一些样品各点的质构却都不一样。Sigurgisladottir 等人(2000)对生鲑鱼片进行剪切实验,发现从鱼头到鱼尾的剪切力有很大变化<sup>[12]</sup>:在中间鱼片剪切力最低,向头部稍微大一点,向尾部变得更大,在一条鲑鱼

内,剪切力从头到尾出现三重变化。而且在一些粒状食品中也应该考虑质地的分布情况。Bourne(1972)发现,被煮过的豆类种子的刺破力接近正态分布<sup>[13]</sup>。在这些样品中,有些比较硬的大豆的刺破力比平均刺破力要大约五倍。这些硬的大豆在那些使用大量的混和样品的检测实验中(如挤压实验)是不会被检测出来的,但是在感官测评中是很明显的。Szczesniak(1968)在压碎单块的玉米片时,同样得到了有关的分布问题<sup>[14]</sup>。

因此,尽管是在没有偏差的情况下选择了尽可能均一的样品,但是对很多样品来说与生俱来的内在变化问题依然存在。而在仪器检测法和感官测评法中,均一性差的样品的相关性可能会比均一性好的样品的相关性差。在这种情况下,需要重复一定数量的实验。重复数量的多少取决于样品的差异程度,可通过统计分析来确定。

### 1.4 样品大小的影响

被检测样品的大小对一些样品的质构测试证明有较小的影响,但对另外一些会有复杂的影响。

1.4.1 刺破实验 只要能维持半固定状态,样品的大小是非实质性的。

1.4.2 Warner-Bratzler 剪切实验 样品的大小影响力的读数,但是准确的关系目前并不清楚。

1.4.3 反挤出实验 挤出开始时,样品大小对力有一点影响,力必须足够大,以确保真实挤出的进行。

1.4.4 Kramer 剪压实验 有些食品,力与样品重量成直线正比关系;另一些食品,力的增加与重量增加并不成直线关系;此外,还有一类食品,当样品的重量低过某一最小值后,力是恒定不变的。

1.4.5 变形实验 待试样品的大小和形状对变形读数有一定的影响。影响的程度依赖于待测样品的形状、大小以及可变形能力。

1.4.6 质构剖面分析 样品的形状和大小是得到可重复性结果的关键。

质构分析人员需要知道哪些测试原理对样品大小敏感,哪些不敏感。对那些对样品大小不敏感的测试项目,在检测前不必要花时间对样品的数量、大小、形状进行标准化。

## 2 仪器测量法和感官测试之间相关性的实例

### 2.1 相互关系成功的例子

Cutler 等人(1983)研究流态食品的口感粘稠度<sup>[15]</sup>。对于牛顿流体,感官分析感觉到的稠度的对数与仪器测量测到的粘度的对数呈直线关系,相关系数 $r=0.995$ (如图 1-a)。对于非牛顿流体,如由藻酸盐、果胶、瓜尔胶和黄原胶组成的水溶液,感官分析感觉到的稠度的对数与在 $50\text{s}^{-1}$ 下测量到的表观粘度的对数呈直线关系,相关系数 $r=0.995$ (如图 1-b)。这些高度的相关性表明了仪器测量粘度作为感官稠度的指示

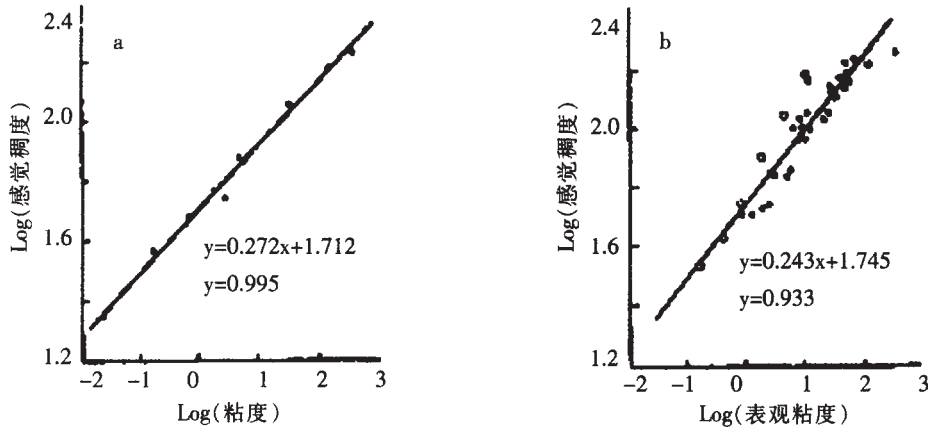


图1 牛顿流体(a)和非牛顿流体(b)感觉稠度与测量的粘度的对数关系

器是可靠的。

## 2.2 相互关系可变的例子

Warner-Bratzler 剪切实验被广泛用来测量肉类的嫩度。Szczesniak 和 Torgeson(1965)概括了研究者已经列出的肉嫩度的 Warner-Bratzler 剪切实验与感官测试之间的相关系数,其中牛肉有 38 种、猪肉 4 种、家禽 9 种,并得出相关系数  $r$  的变化范围为  $-0.001 \sim 0.942$ ,而且大部分相关系数相当均匀的分布在  $-0.2 \sim 0.9$  之间<sup>[6]</sup>。后来一些公开发表的文章依然显示了 Warner-Bratzler 剪切实验与感官测试之间的相关系数变化范围是很宽的。

## 2.3 一些容易具有高度相关性的食品

在加工和储藏过程中,某些食品质构特性的改变是协调及同向的。在这些情况下,有些类型的质构仪器测量与其它的质构测试原理以及感官评价之间有很好的相关性。例如,当水果(如梨、桃子、香蕉)成熟后很快变软,各种不同类型的测试都将给出满意的结果(如图 2 所示<sup>[7]</sup>),但是测量这些物品的坚硬程度变化是最直接的。由于不同参数之间存在着相关性,一个参数的错误依然能得到正确的结论。在这种情

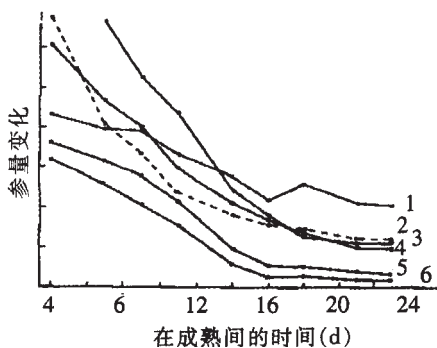


图2 梨在成熟过程中质构以及 Magness-Taylor 刺破实验曲线的变化  
(1-弹性 2-Magness-Taylor 刺破 3-硬度;  
4-脆度 5-胶粘性 6-咀嚼性)

况下,应该选择最方便的仪器和最容易执行的测试的原则。由于这些食品的每一个质构特性都与其他质构特性高度相关,它们的质构测量可以依靠其中的一个简单参量,成为“一点”测量来实现。

另外,有些食品的质构特性在不同的方向有改变,这就需要做各种不同的测试以足够描述这些食品质构性质的变化。在这种条件下,可以选择几个不同的测试原理或使用质构剖面分析(TPA)。

## 3 相关性图表及相关系数

### 3.1 相关性图表

在计算相关系数之前,对主观的和客观的测量法初步用散点图描述是很有用的,这可以让我们了解到相关性的某一特定的、可能会被忽略的方面。图 3<sup>[8]</sup>显示了一些在仪器测量(I)和感官测试(S)中可能发生的关系,共有 9 种可能的关系。

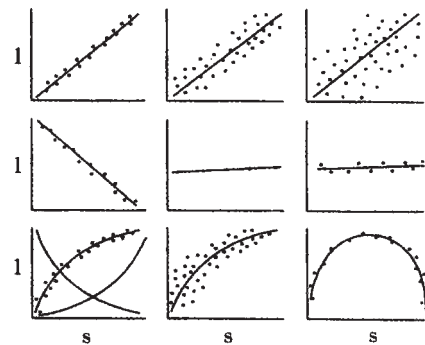


图3 仪器测量(I)和感官测试(S)中可能发生的关系

图 3 中左手边第一列图表显示仪器测量和感官测试之间有良好的相关性。最上面的图表显示的直线关系拥有两个合乎要求的因素:斜率陡峭及分散程度低,这是一个相当良好的关系。中间的图表和上面的图表一样关系良好,唯一不同的是它的斜率是负的。最下面的图表显示了三条曲线关系,每一个曲线也都有合乎要求的特征。由于吻合度测量的是与直线的关系,这三条曲线中任何一条的相关系数并



不能足够反映实验的某一点与曲线的吻合度。这时,在计算相关系数之前,建议先通过某些方法(如取对数)将数据转变为直线关系。

图3中间一列图表显示了仪器测量和感官测试之间的边际预测关系。它们可以用来预测仪器测量和感官测试相互关系,但是确定程度并不是很好。在使用这些曲线之前需要做一些工作以提高相关性。最上面的图表有合乎要求的斜率,但是散点的分散程度比左边一列最上面的图表的大。中间的图表中的点与直线有较好的吻合度,但是低斜率的直线限制了这种相互关系的适用性。最下边的图表的凹线有合乎要求的斜率,但是散点的分散程度很大。

图3中最右边一列图表显示了仪器测量和感官测试之间的不良相关性,其不能作为预测用。最上面的图表尽管斜率很陡峭,但是各点远离直线的程度很大。中间的曲线分散度正常,但斜率很低,因此预测性关系并不是很良好。最下边的图表尽管数据点与曲线有很好的吻合度,但是由于相互关系斜率的改变,也不能用来作为预测意图用。

上述推荐使用的散点图并不能代替对数据进行充分的统计分析,统计分析仍是必需的。图3所示的散点图的作用主要是使我们在着手于统计分析之前更好地了解它们的相关性。同时还可以省去一些不必要的计算,例如:如果得到的相关性如图3右边一系列的图表所示,继续寻找更好的检测方法比花很大的努力去对这些明显不合理的数据进行统计分析更实用。

### 3.2 相关系数

质构的仪器测量数值和感官测试结果的相关系数高,仪器测量是一个很好的质构质量预测器,因此质构技术专家致力于得到仪器测量和感官测试之间的高相关系数。这些检测在食品工厂中进行目的性质量控制时是很有用的。1951年,Kramer提出倘若使用的是具有代表性的样品并有足够的样品大小,一个合适的相互关系对于有目的的质量控制来说是非常有用的<sup>[19]</sup>。当仪器测量和感官评价之间的相关系数为 $\pm 0.9 \sim \pm 1.0$ ,则仪器测量是良好的,用其来预测感官测试是可信的。当两者之间的相关系数介于 $\pm 0.8 \sim \pm 0.9$ 时,用其来预测感官测试是稍微可信的,它值得做一些工作来改进这个测试使相关系数达到 $\pm 0.9$ 以上。进一步扩大这个概念,当相关系数介于 $\pm 0.7 \sim \pm 0.8$ 时,该测试可作为边际的预测;当相关系数小于 $\pm 0.7$ ,实际上作为目的性预测是没有意义的。但如果样品的尺寸足够大,一个低的相关系数,仍可以得到一个统计上有意义的仪器测量和感官评价之间的相互关系。这需要区别统计上的有意义和预测上的可信。

然而,一个高的相关系数并没有证明这两者之间是因果关系,它仅仅意味着变量的改变是同向的。

Szczesniak(1968)指出,当水果变成熟,它通常变软和变甜,一个陡峭的、反向的相互关系通常可以在水果的硬度和甜度中找到。这并不能说明硬度的降低导致了甜度的增加。果胶物质的降解和糖含量的增加是两个独立的过程,是同时发生的<sup>[14]</sup>。图2同样是一个很好的例子说明高的相关系数并没有因果关系存在。因为在梨变熟的过程中,所有的质构特性几乎以相同的速度降低。因而,没有理由认为某些特性的改变导致另外那些特性的改变。

### 4 展望

获得仪器测量和感官测试测量组织质构时的高度相关性,一直是众多学科领域科学家们的目标,包括食品科学家、物理学家、感官科学家、心理学家和牙科医生等。有价值的仪器测量数值应能高水平的预测感官测试的结果。近年来,随着科技的发展,科学工作者对这方面进行了大量的研究,可以说大部分已经完成,但需要知道得更多,而且应该意识到该学科领域广阔的分支,以寻求更大的进展。

#### 参考文献:

- [1] Bourne M C. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables[J]. *Journal of Food Science*, 1982, 47: 440~444.
- [2] Bourne M C, Comstock S H. Effect of temperature on firmness of thermally processed fruits and vegetables [J]. *Journal of Food Science*, 1986, 51: 531~533.
- [3] Davey K R. Measurement of the hardness and mouthful of cheese using pin consist meter [J]. *Journal of Texture Study*, 1986, 17: 267~274.
- [4] Bhattacharya S, Narasimha H. Uniaxial compressibility of black gram dough blended with cereal flours[J]. *Journal of Food Science*, 1999, 30: 659~675.
- [5] Aeschlimann J M, Beckett S T. International inter-laboratory trials to determine the factors effecting the measuring of chocolate viscosity[J]. *Journal of Texture Study*, 2000, 31: 541~570.
- [6] Mor Y C F, Shoemaker, Rosenberg M. Compressive properties of whey protein composite gels containing fractionated milk fat[J]. *Journal of Food Science*, 1999, 64: 1078~1083.
- [7] Bourne M C. Studies on punch testing of apples[J]. *Food Technology*, 1965, 19: 413~415.
- [8] Thybo A K, Nielsen M, Martens M. Influence of uniaxial compression rate on rheological parameters and sensory texture prediction of cooked potatoes[J]. *Journal of Texture study*. 2000, 31, 25~40.
- [9] Van Hecke E K, Alla K, Bouvier J M. Texture and stricture of crispy-puffed food products. I. Mechanical

(下转第 206 页)

- [22] Lee H S, Kim J G. Effects of debittering on red grape fruit juice concentrate [J]. Food Chemistry, 2003, 82(2): 177~180.
- [23] Maria H L. Ribeiro, Dircesilveira and Suzan Aferreiradias. Selective adsorption of limonin and naringin from orange juice to natural and synthetic adsorbents [J]. Eur Food Res Technol, 2002, 215: 462~471.
- [24] 吴厚玖, 焦必林, 王华, 等. 几种树脂对柚苷的吸附作用研究[J]. 食品与发酵工业, 1997(4): 37~39.
- [25] McLioch. Removal of limonin from bitter orange juice [J]. Sci Food Agric, 1968, 19(2): 83~86.
- [26] 郑立辉, 吴高明, 宋胜利. 粒状活性炭固定床用于柑橘汁的脱苦[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(11): 60~62.
- [27] 乔海鸥, 丁晓雯, 张庆祝. 柑桔类果汁的脱苦技术[J]. 包装与食品机械, 2003, 21(5): 27~31.
- [28] Puri A. U S Patent[P], 1984, 4439458.
- [29] Konno, et al. Bitterness reduction of naringin and limonin by  $\beta$ -cyclodextrin [J]. Agric Bio Chem, 1982, 46(9): 2203~2208.
- [30] 徐仲伟, 刘心恕. 三种脱苦方法脱除柑桔汁苦味的研究[J]. 食品与发酵工业, 1992(4): 6~15.

(上接第 201 页)

- properties in bending[J]. Journal of Texture Study, 1995, 26, 11~25.
- [10] Wium H, Cross M, Qvist K B. Uniaxial compression of UF-feta cheese related to sensory texture analysis. [J]. Journal of Texture Study, 1997, 28: 455~476.
- [11] Shama F, Sherman P. Evaluation of some textural properties of foods with the Instron Universal Testing Machine [J]. Journal of Texture Study, 1973(4): 111~118.
- [12] Sigurgisladottir S, Hafsteinsson A, Jenssen A, Lie O, Nortviet R, Thomassen M, Torrissen O. Texture properties of raw salmon fillets as affects by sampling method [J]. Journal of Food Science, 1999, 64: 99~104.
- [13] Bourne M C. Texture measurement of individual cooked dry beans by the puncture test [J]. Journal of Food Science, 1972, 37: 751~753.
- [14] Szczesniak A S. Correlation between objective and sensory measurements[J]. Food Technology, 1968, 22: 981~985.
- [15] Cutler A N, E Morris R, Taylor L J. Oral perception of viscosity in model systems [J]. Journal of Texture Study, 1983, 14: 377~395.
- [16] Szczesniak A S, K Torgeson. Methods of meat texture measurement viewed from the background of factors affecting tenderness[J]. Adv Food Res, 1965, 14: 53~165.
- [17] Bourne M C. Texture profile of ripening pears [J]. Journal of Food Science, 1968, 33: 223~226.
- [18] Bourne M C. Food texture and viscosity: concept and measurement. 2002. 293~323.
- [19] Kramer A. Objective testing of vegetable quality [J]. Food Technology, 1951(5): 265~269.

## 《食品工业科技》征订启事

凡通过邮局直接汇款至本刊编辑部订阅 2007 年杂志的读者, 将免费获得全年《食品企业采购指南》。

本刊读者服务部随时办理《食品工业科技》的订阅工作, 即使错过邮局征订期, 本刊也可补寄当年散刊和过期刊合订本。2006 年全年 300 元, 2005 年全年 216 元; 2003、2004 年全年 180 元; 92~99 年合订本, 每年一册, 每册 60 元; 92 年增刊 20 元一册; 1995 年增刊 20 元一册; 99 年增刊 30 元一册。

2007 年《食品工业科技》杂志将超过 300 页! 每册 25 元, 全年 300 元。

邮局汇款:

地 址: 北京市永外沙子口路 70 号 100075

收款单位: 《食品工业科技》读者服务部

联系电话: 010-67275896-21

传 真: 010-87287944

银行汇款:

帐 号: 200401040010181

开 户 行: 农行北京永外支行

收款单位: 北京市食品工业研究所