

### 特点描述

- ◆ 使用 EZTest 质构仪可以对食品进行质构测试。
- ◆ 使用夹具平台可以轻松更换各种夹具。
- ◆ 利用机器学习可以预测近似的感官评价。

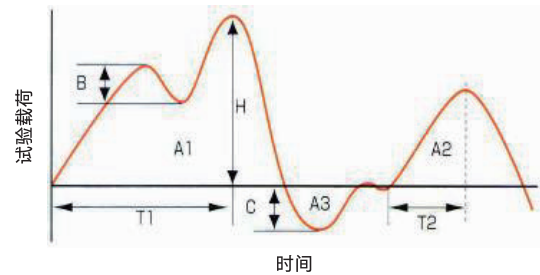
### ■ 引言

人类的食物“美味”经历所涉及的因素包括与食物本身有关的因素（如风味、香气、食品质构）和人为因素（生理心理因素、饮食习惯、外界因素），但由于质构在美味的感知中占很大一部分，根据食物的不同，对食物质构的评价已成为食品检测中的一个重要项目。评价食物质构的方法可分为感官评价（即人类受试者评价食物在进食时的“口感”），以及仪器评价食物的硬度等物理（机械）特性。口感通常通过感官测试进行评估，但由于人类感官的个体差异和受试者的身体状况，难以再现评估结果，这是感官测试的一个问题。因此，使用仪器进行测量以获得客观结果。作为质构的代表性力学性能，图 1 显示了 Szczesniak 提出的质构曲线图。虽然质构曲线图使评价食物基本口感成为可能，但很难测量更复杂的口感特征。

在以往的报道中<sup>1)</sup>，通过多变量分析预测了各种类型样品饼干的硬度、脆度和口润度。考虑到饼干本身的变化，通过质构测试获得每种类型饼干机械性能的平均值进行预测。本文介绍了利用大量解释变量<sup>2)</sup>进行机器学习预测饼干感官评价的实例。与以往报道一样，本实验的目标感官评价项目为硬度、脆度、口润度，质构测试的实测数据也是如此。

### ■ 感官评价

如图 2 所示，制备了 11 种饼干。表 1 显示了感官评价的结果。详细信息请参见先前报告。



硬度	: H	最大试验载荷 (N)
脆度	: B	在口中咬断食物所需的力 (N)
粘附性	: A3	去除粘附在牙齿、舌头或口腔上的食物所需的力 (N)
凝聚性	: A2/A1	第 1 和第 2 负载面积之比 (能量)
弹性	: T2/T1	返回峰值的时间 (位移) 比
黏性	: H×A2/A1	硬度 × 凝聚性
咀嚼性	: H×A2/A1×T2/T1	硬度 × 弹性 × 凝聚性

图 1 Szczesniak 质构曲线图



图 2 测量样本 (11 种饼干)

表 1 感官评价结果 (10 个中心受试者的统计结果)

样品名称	硬度			脆度			口润度		
	平均值	标准差	变异系数	平均值	标准差	变异系数	平均值	标准差	变异系数
A	54.30	7.85	14.45	72.10	5.07	7.03	44.90	8.57	19.09
B	66.10	4.58	6.93	80.20	5.90	7.36	20.30	8.08	39.82
C	20.40	4.70	23.02	25.50	4.28	16.77	79.00	6.99	8.85
D	88.60	3.10	3.50	78.80	6.14	7.80	22.50	7.55	33.54
E	60.20	9.44	15.68	67.60	6.22	9.20	42.10	13.11	31.14
F	52.50	7.23	13.77	70.90	5.20	7.33	40.00	9.43	23.57
G	72.20	4.13	5.72	65.80	4.44	6.75	37.65	5.52	14.66
H	40.30	7.87	19.54	40.10	7.23	18.04	55.70	14.58	26.18
I	54.70	8.21	15.00	68.20	6.43	9.42	37.10	6.21	16.73
J	75.60	5.50	7.28	83.40	3.53	4.24	24.60	7.59	30.85
K	34.50	4.38	12.69	31.30	3.80	12.15	70.00	11.55	16.50

## ■ 质构试验

使用岛津 EZTest 质构仪进行了质构测量。在先前报告中，研究了压缩试验、穿刺试验和三点弯曲试验中最适合的方法。本文认为压缩试验为这些方法中最适用的方法。详细信息见先前报告。表 2 列出了仪器配置，包括使用的夹具，图 3 为试验的环境。将压缩试验速度设定为 10 mm/s，每个样本的试验次数为  $n = 20$ 。图 4 显示了代表性的试验载荷 - 应变曲线。由于样品不均匀，每种类型的样品中均观察到较大变化。然而，在每种样品类型中，一般趋势明显。例如，在样品 A 的试验过程中，观察到试验载荷存在一些变化，而样品 C 的试验进展顺利，样品 D 试验过程中，试验载荷存在较大变化。

表 2 仪器配置

质构仪	: EZTest
传感器	: 100 N
试验夹具	: $\Phi 3$ 圆柱形压紧夹具
软件	: TRAPEZIUM™ -X texture

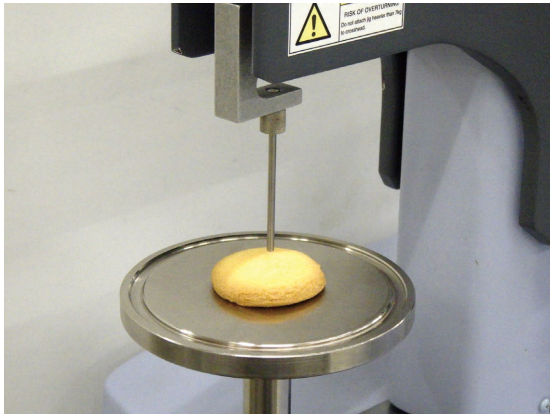


图 3 试验环境

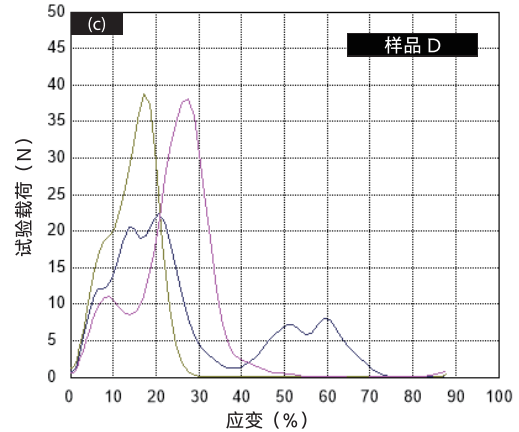
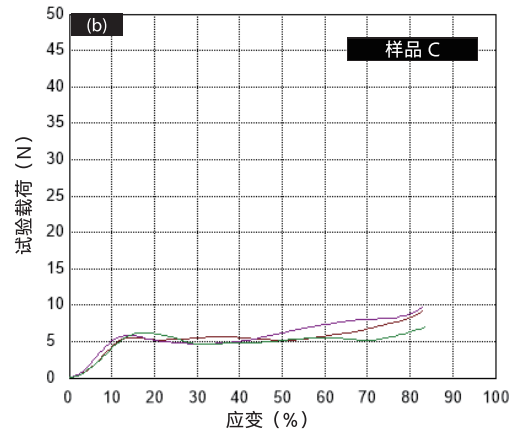
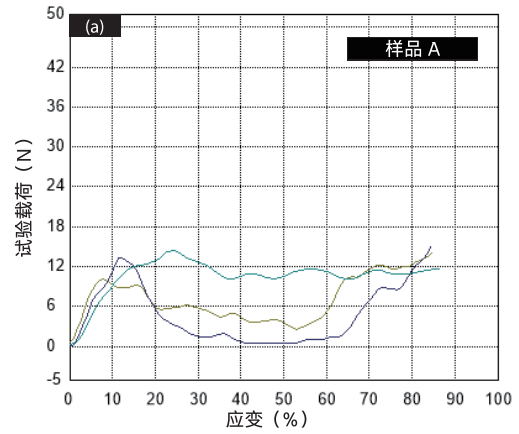


图 4 (a) 样品 A、(b) 样品 C 和 (c) 样品 D 的压缩试验结果示例 (试验载荷 - 应变曲线)

## 机器学习预测感官评价

作为机器学习中的解释变量，共选择了 11 个测量值，包括硬度、初始倾斜度、能量、样品厚度和平均试验载荷。选择随机森林作为机器学习的回归算法，由于样本数量较少（11 种），采用留一法对模型进行评价。作为留一法评价结果的示例，图 5 显示了口润度预测的结果。在图 5 中，y 轴显示预测值，x 轴显示实际感官评价值。留一法以一个样本作为测试数据，以剩余样本作为训练数据创建模型，根据在将测试数据应用于准备好的模型时是否可能进行预测，对模型进行评估。在图 5 中的样品 A 和样品 B 中，测试数据位于训练数据之外。在机器学习中，一般很难预测位于这种外推中的数据，从这些结果中也证实了与拟合值的偏差。此外，即使样品位于插值区域，如样品 F 所示，感官测试结果和拟合值之间也存在较大差异。认为该结果受到样品组成（样品由具有口润度的材料和具有脆性的材料组成）的影响，这意味着可能有必要审查感官评价方法和质构试验方法，以准确评价此类样品。

图 6 显示了硬度、脆度和口润度的所有预测值结果。此处仅显示了 9 个样本，以排除位于外推区域的样本。尽管图 6 显示了一些变化，但通过随机森林方法预测的值的趋势与感官评价值的趋势一致。基于这些结果，建议有相对复杂质构的样品的评价（例如脆度、口润度）也能使用这一方法进行预测。

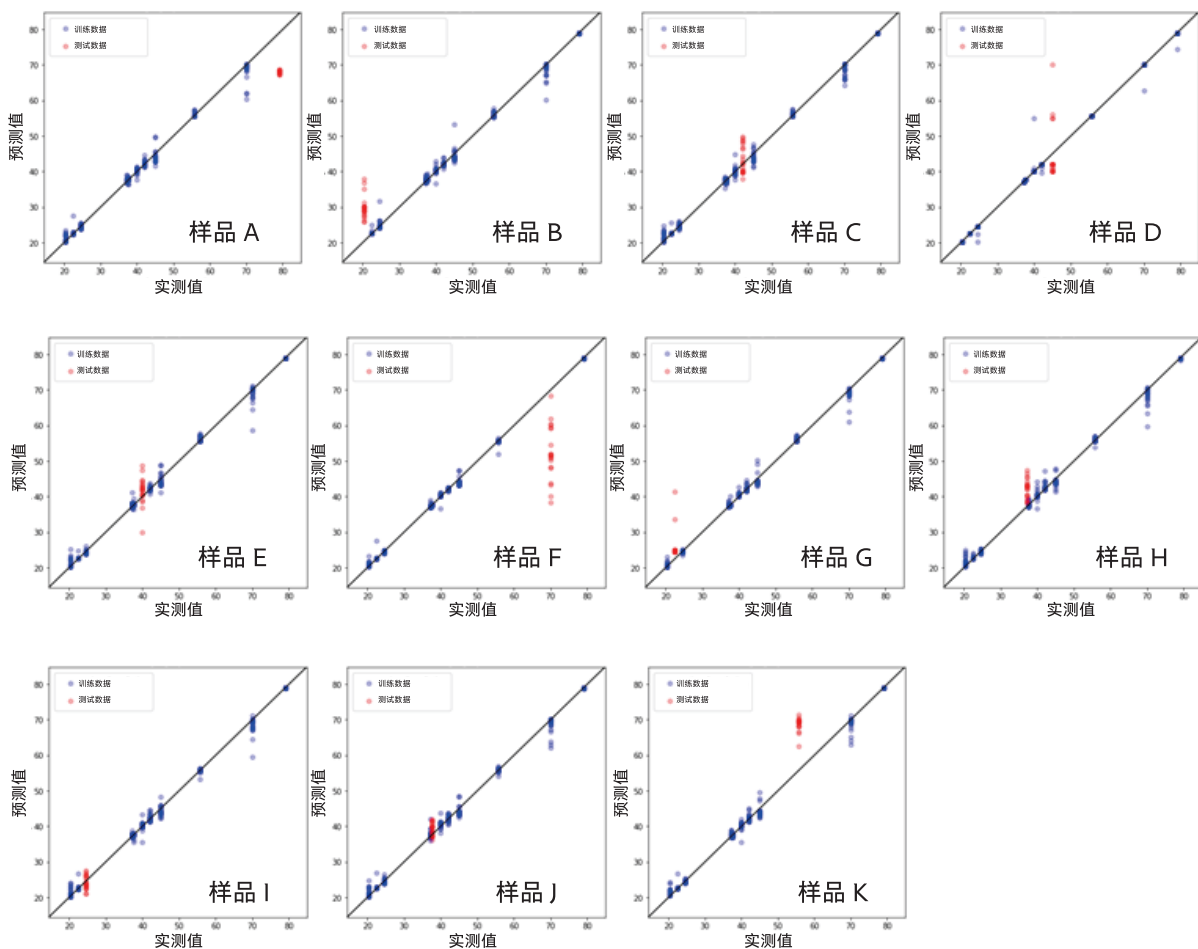


图 5 机器学习预测结果示例（口润度）

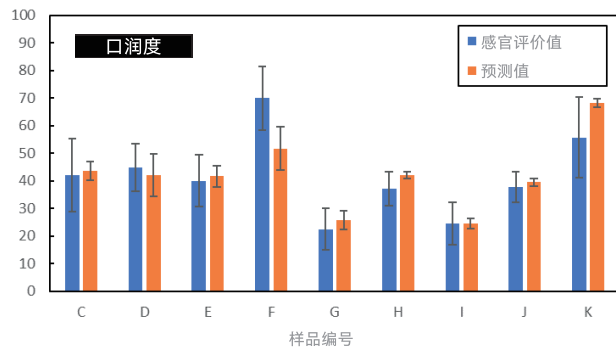
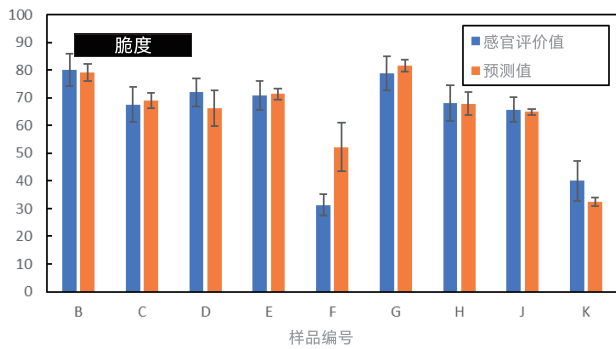
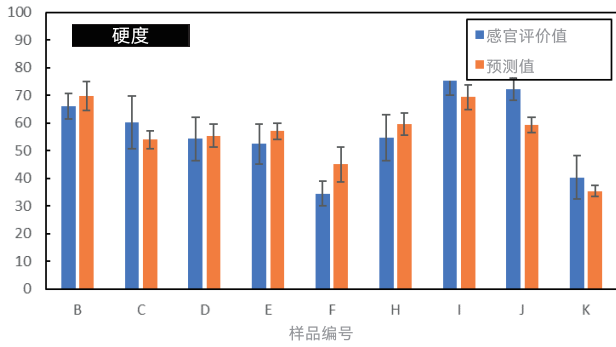


图 6 机器学习预测结果

## ■ 结论

使用岛津 EZTest 质构仪预测了各种饼干样品的感官评价价值。尽管机器学习预测中感官评价价值存在一些变化，但拟合值与感官评价的一般趋势一致。一些感官评价项目（如脆性和口润度），不可能从单一质构测试的结果中获得相关性，但即使在这些情况下，也可以通过使用多个解释变量来进行预测。上述结果表明，通过综合使用质构测试的测量结果和机器学习，有可能实现对感官评价价值的预测。

### < 参考文献 >

- 1) [应用报告编号 01-00377](#), 通过多变量分析预测饼干的感官评价价值
- 2) Natsumi Koike and Fumiaki Yano, Proceedings of the 70th Anniversary Annual Meeting, The Japanese Society for Food Science and Technology (2023)

岛津应用云



AGX 和 TRAPEZIUMX 是岛津制作所或其附属公司在日本和 / 或其他国家 / 地区的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司  
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439  
400-650-0439

免责声明：

\* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；  
\* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。  
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2024 年 1 月