

質地剖面分析(TPA)概述

質地剖面分析是一項常用的兩次壓縮測試實驗，目的是測試食品的質地特性。

目錄

第 1 章：什么是全质构分析？	錯誤! 尚未定義書籤。
第 2 章节：TPA 简史.....	錯誤! 尚未定義書籤。
第 3 章节：质构仪的仪器设定&推荐的 TPA 指南.....	錯誤! 尚未定義書籤。
第 4 章节：TPA 测量什么？	錯誤! 尚未定義書籤。
第 5 章节：硬度（Hardness）、内聚性（Cohesiveness）、弹性（Springiness）、胶黏性（Gumminess）和粘性（Adhesiveness）的讨论	錯誤! 尚未定義書籤。
第 6 章节：用全质构分析（Texture Profile Analysis）测试产品例子.....	錯誤! 尚未定義書籤。
第 7 章节：TPA 图形例子.....	錯誤! 尚未定義書籤。
第 8 章节：使用全质构分析（Texture Profile Analysis）的注意点有哪些？	錯誤! 尚未定義書籤。
第 9 章节：结论.....	錯誤! 尚未定義書籤。
第 10 章节：照片库.....	錯誤! 尚未定義書籤。
第 11 章节：更多资源.....	錯誤! 尚未定義書籤。

Stable Micro Systems

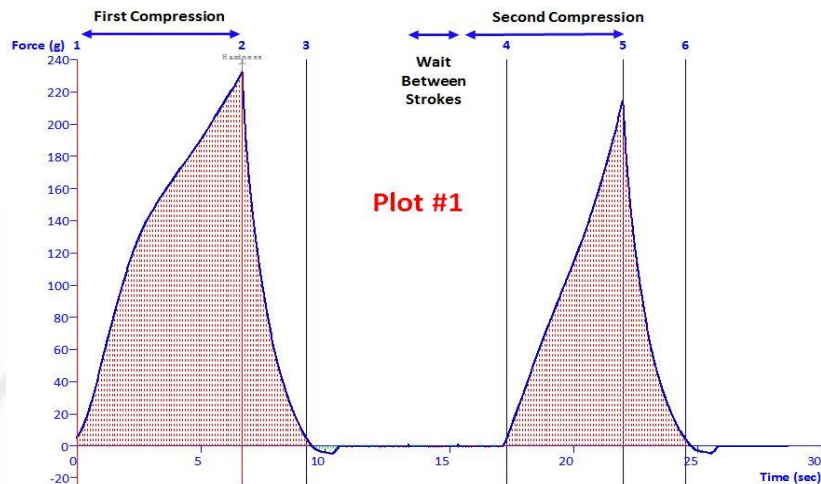
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 1 章：什麼是質地剖面分析？

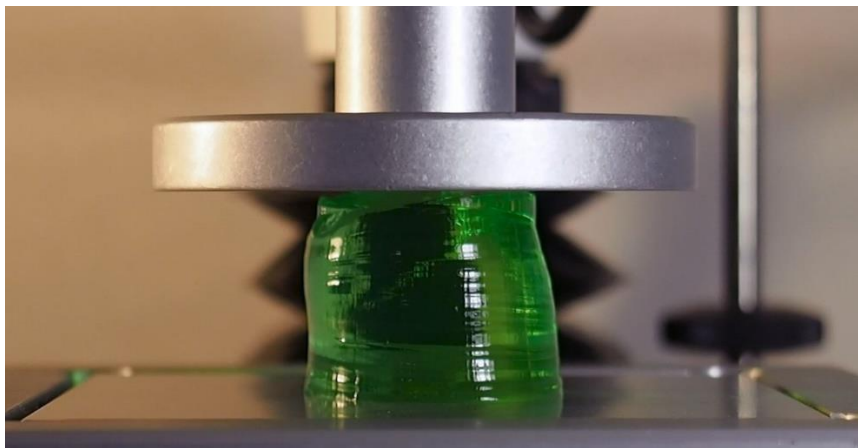
質地剖面分析(Texture Profile Analysis)是一項常用的兩次壓縮測試實驗，以測試食品的質地特性。該測試偶爾也會被用到其他行業，例如藥物、凝膠劑和個人護理用品。在 TPA 測試過程中，樣品被物性分析儀壓縮兩次，來表現咀嚼過程中樣品的特徵變化。TPA 測試經常被叫做“二次咬力實驗”，因為質地分析模擬的是嘴咬的動作。



任何食品的組織特性很少是一個簡單地單一屬性的理解，如硬度（hardness）或者內聚性（cohesiveness）。任何食物的質地是多方面的，是與消費者的感覺期望相聯繫的。如果消費者不喜歡該食物或者它不符合消費者對該類食物的期望，用目標硬度和彈性值就能不充分表達該食物的感官。

T TPA 作為一種分析方法的好處在於僅僅一個實驗我們就可以量化多個結構參數。這也是該方法不收入待見的地方，因為許多研究人員不考慮該測試方法能否提供與實驗目的相關的指標，而僅僅依賴 TPA 的標記特徵。

隨著試驗的創新，TPA 參數已經得到演變。通過客戶回饋和大量實驗，質地技術（Texture Technologies）已經把主要的 TPA 特徵縮小到以下幾個方面：硬度（hardness），內聚性（cohesiveness），彈性（springiness）和回復性（resilience）。根據顧客需要的質地特性，我們有時需要向顧客推薦擷取咀嚼性（chewiness）或者膠黏性（gumminess）。粘性（adhesiveness）是 TPA 中常用的參數，然而 TPA 測試技術並不總是定量測定粘性（adhesiveness）的最佳方法，所以當細緻考慮認為該參數是合適的定量參數以後，我們才採用 TPA 粘性（adhesiveness）（參考第 5 章節“定量附著力”）。



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



第 2 章節：TPA 簡史

Alina Surmacka Szczesniak 博士是一位食品科學家，主要研究大眾食品，而且是質地研究雜誌（Journal of Texture Studies）的創始編輯，她確定了最初的 TPA 參數作為 20 世紀 60 年代在通用食品技術中心提出的感官評價的一部分。Szczesniak 早期發表的文章主要集中在理解消費者在消費並對消費的產品加以分類的過程中體驗到的質地屬性。在探索能夠應用到更多食品的普遍描述過程中，Szczesniak 博士自主開發、改進了特殊食品質地的感官描述。目的之一就是開發一種普遍的詞典和一套程式，以便目的、重複的感官質地評價測試適用於不同實驗室、實驗者和不同食物類型。

當 Szczesniak 博士在不斷探索開發提高感官質地評價（通用食品質地剖面（General Foods Texture Profile））的詞典和技術時，她的團隊正在研發一種儀器（通用食物質地儀（General Foods Texturometer）），該儀器能夠提高他們的感官評價工作，客觀的量化結構。儀器方法的需求是至關重要的，因為當感官質地評價非常理想時，測試工作是非常耗時和昂貴的。

大多數領先於 GF 構造儀（剪切機（shear presses），凝膠強度測定計（gelometers），壓縮機（compressimeters），稠度計（consistometers），嫩度測定計（tenderometers）等）的儀器設備提供一維數值（如凝膠強度（gel strength）），而不能處理感官評價即可識別的多種食品質地特徵。直接先驅麻省理工學院的應變儀假牙成熟測定儀（MIT's Strain Gauge Denture Tenderometer）（1），（16）第一個首次成功同時測量多個性質，察覺食品的質地是多層面的。Szczesniak 博士的研究團隊能夠將 GF 構造儀和感官評價密切相關聯起來，這是能夠用更公正、科學方式儀器測量更複雜質地特性的開端。

Szczesniak 博士的首創文章（The Texturometer - A New Instrument For Objective Texture Measurement）（2）介紹了 5 個基本的獨立力學參數（硬度（hardness），內聚性（cohesiveness），粘性（adhesiveness），粘度（viscosity），和彈性（elasticity））和三個相關聯的參數（脆性（brittleness），咀嚼性（chewiness）和膠黏性（gumminess））。嚴格來說，這篇文章定義了根據橫條圖標記錄器的輸出結果怎樣精確定量這些參數。這篇文章討論了儀器設備的力學問題和它與之前的麻省理工學院假牙成熟測定儀（the MIT Denture Tenderometer）的不同之處。看到將應變儀產生的電壓轉化成客觀的可比較的數值所做的努力以及花費在怎樣操作測試以放大測量性質的注意力都是值得欣慰的。有趣的是，我們也可以觀察到測試也依靠操作技能，被測的每一類產品都有各自的設定參數。研發一種科學有基礎的、客觀的質地測量儀所做的努力是這篇文章和儀器成為質地測量行業的基礎的一個重要原因。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com





在使用改進的 TPA 時，按照它的步驟做。自從彈性（elasticity）有了流變學和工程學定義，彈性（elasticity）演變成“彈性（springiness）”。脆性（Brittleness）演變成公制計量中的被認為是對破裂描述更準確的“脆性（fracturability）”。

Szczesniak 博士和 Boine Johnson 在 2003 年 IFT 年會上討論 TA.XTPlus 質地分析儀（Texture Analyzer）的利用測量的力值捕捉和同步聲音的能力

通用食物質地儀（The General Foods Texturometer）和一般的測試儀器一樣有一個相似的垂直運動，但是它有一個能夠產生正弦曲線運動的偏心凸輪可以像咽喉咀嚼一樣壓縮產品。由於其軸心點，與產品的初始接觸時與底座的平行度不如與底部碰觸時的平行度。儀器的感測器會經歷大量的偏轉，當做比較基本的測試時需要對該偏轉做出解釋。該偏轉很大，以至於儀器測試得到的應力資料不可靠。



Dr. Alina Szczesniak with the GF Texturometer (photo courtesy of Dr. Malcolm Bourne)

Alina Szczesniak 博士和 GF 質地儀（照片由瑪律科姆·伯恩博士提供）

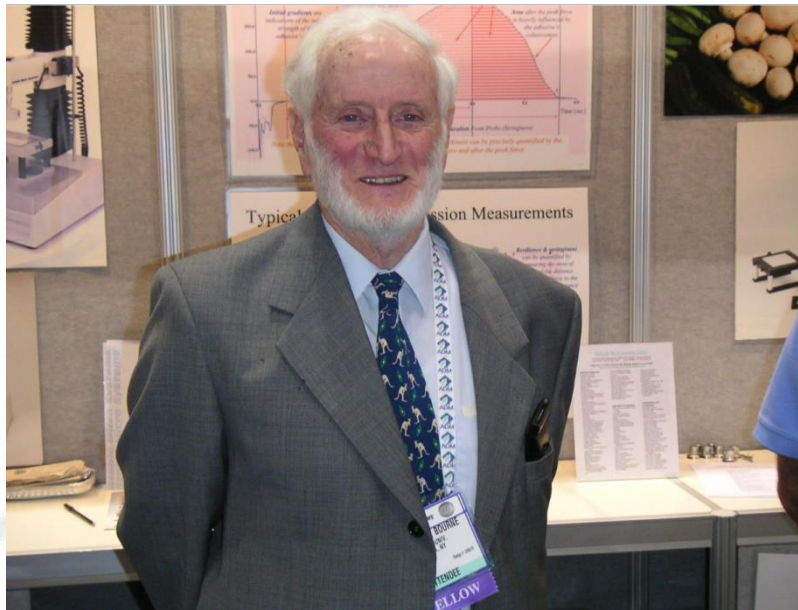
Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



然而，該儀器能夠有效地量化許多產品的質地特徵，這些產品有布丁、人造稠黃油、麵團、大米、餅乾、冷麥片、薯片、麵包、水果蔬菜、熱狗、法式炸薯條、巧克力，甚至狗食。



Malcolm Bourne 博士和他的 1962 年 Instron（圖片由 Malcolm Bourne 博士提供）

在 1968 年，瑪律科姆·伯恩博士（康奈爾大學食品科學和技術的退休教授，“食品質地和粘性：概念和測量”的作者）發佈作品，作品採用來自於通用食品質地儀（the General Foods Texturometer）的 TPA 概念，並應用到萬能試驗機（英特朗）上。這是一個重大突破，因為萬能試驗機在市場上就可以買到，因此質地剖面分析（the Texture Profile Analysis）方法能夠被其他研究人員複製。

早期發表的 TPA 作品包括伯恩博士的文章“成熟梨子的質地剖面”（1968）和“成熟桃子的質地剖面”（1974）；謝爾曼的“流變性良好的食品的質地剖面”（1969）；梅西&伍德曼的“鈣對受過輻照的胡蘿蔔、甜菜和土豆的質地剖面的影響”（1973），實驗是在伯恩博士的指導下以及英特朗實驗機上完成的。

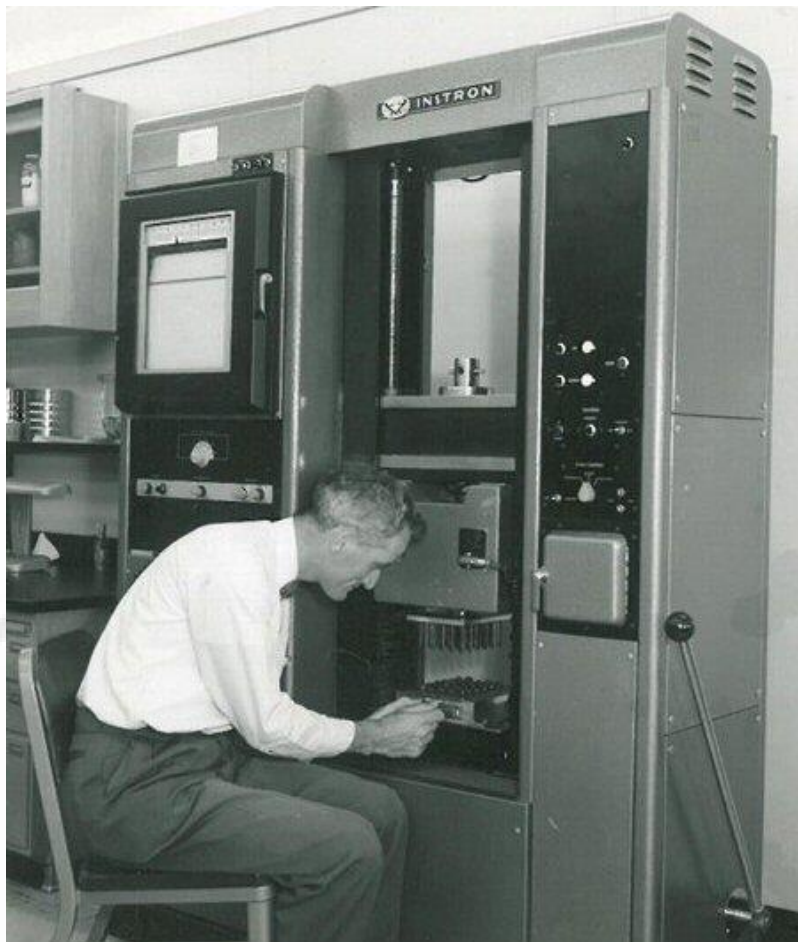
1975 年 Szczesniak 博士在結構研究雜誌上發表了一片吸引人的回顧。文章提出許多推動感官評價和儀器質地評價的貢獻者。文章中提到經驗與當時和現在都盛行的基本原理的辯論。它指出來了即刻可被應用於食品科學的有效、實用工具的重要性，當時工業正等著科學界能夠進一步開發出流變學的基礎和基本的基礎，這些 20 世紀 90 年代後期和 21 世紀才出現。它接受了當時的一些批評，包容了專業術語變化：彈性（elasticity）變為彈性（springiness），脆性（brittleness）變為脆性（fracturability）。它強化了儀器的需要，儀器能夠把感官經驗過渡到流變學理論。它承認需要儀器以測量標準，在本質上預測了校正的需要以及追蹤的方法可被世界各地應用。它預計了在將來的二十多年感官評級和儀器質地研究的需求，事後我們知道這種情況發生了。Szczesniak 博士的團隊和同行發展了一種工具以幫助提供客觀、實際的方法用來量化食品質地。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com





1975 年比爾·布瑞恩博士的文章探索了不同測試和圖表速度以及不同形變量對 TPA 的影響。這是一篇重要的文章，因為該文章顯示測試條件能造成很大的影響，提倡更周到、更高品質的實驗設計和解釋分析的謹慎研究者。布萊恩博士的所有觀查結果到今天依然有效（看第 3、5、8 章節）

對於當時的食品科學家來說有一點很重要，在 20 世紀六七十年代，TPA 被開發和改進，然而當時個人電腦還沒有出現。在那個時代定量資料需要條狀記錄器、尺子和測面儀。常見地，計算面積或者甚至稱量條狀圖表記錄儀紙痕跡是為了量化工作面積。精確測量橫條圖表記錄的曲線是一種藝術，甚至實驗室之間的比較更為困難，因為條狀圖表記錄儀的品牌和速度設定不同。分析資料需要技巧和耐心，這項工作不適合沒有經驗的人。早期的英斯特朗電腦系統使用很困難，它不是為了捕獲與食品質地相關的指標設計的，所以早期的研究人員一直致力於設計更好的方法以記錄和分析資料。

在 20 世紀 80 年代裘蒂斯·阿爾伯特博士寫了一篇富有深刻見解的文章（和馬西、Watada）（12），文章涉及到編寫基本代碼以把英斯特朗數居數位化成微型電腦。她必須完全理解設備的電力和機械系統以便能夠精確的控制儀器設備，從而有一個嚴格的容易分析數位化輸出結果。她的文章說明解決了怎樣客觀的量化圖表的元素，這一直是一項藝術。它也說明瞭創作量化圖表特徵（如斜率、凹處、失敗的工作）的演算法是多麼困難，因為技術能力有限，因為許多不同的產品產生高度不一致的曲線形狀。她也發表了幾篇關於蘋果的感官和質地評價的文章。

在 1988 年，物性測試儀（Stable Micro Systems（SMS））引進了 TA.XT2 質地分析儀和軟體，這樣就能夠自動分析資料，使得研究人員操作 TPA 測試效率大大提高。最初，這項性能體現

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



在 XTRAD 軟體中，隨後被植入到軟體的質地專家（Texture Expert）、Expert Exceed 和 Exponent 版本。從 20 世紀 80 年代後期到 20 世紀 90 年代早期，所有這些程式能夠讓研究人員通過可校正的、可追蹤的、可重複的測試設定和分析方法計算 TPA 性質。



20 世紀 90 年代博伊納·詹森和瑪律科姆·伯恩博士

博伊納·詹森先生的質地技術公司在推廣質地儀的設備和軟體在北美的學術機構和商業研究人員的應用起到很大的作用。在過去的幾十年，該設備的早期應用者的範圍發展了質地的相關研究。物性測試儀的軟體業引入了易程式設計的巨集命令概念，這就可以量化曲線的元素，即使曲線的形狀有很大的差別。巨集命令也可以在實驗室之間共用，從而可以使得其他人能夠精確的複製同一個分析。這個軟體也普及了同時覆蓋多條曲線的性能，這樣能夠觀察到細微的差別。當 SMS' TA.XT2 和 TA.XT2i 質地分析儀在食品工業應用越來越多時，TPA 作為一種能夠分析大多數食品的質地的容易方法也越來越普及。

大多數關於處理 TPA 方法的綜述文章都表達了研究人員的能夠細緻考慮適宜的速度、協定、壓縮深度和其他測試方法的需求。物性測試儀有限責任公司和質地技術公司都把使用 TPA 方法的注意事項、預設軟體 TPA 專案寫進了我們的指引摘要裡，把怎麼進行 TPA 測試也放入了我們的培訓材料。

在 1998 年，Szczesniak 博士給質地研究雜誌的編輯寫了一封關於質地剖面分析（Texture Profile Analysis）有關問題的信。Szczesniak 博士意識到 TPA 的改進，也提出了尚未證明有效的 TPA 改變。在她的發現中，只用向下區域計算內聚力（cohesiveness）是最受人喜歡的觀點（應用在 TTC 的“改進凝聚 TPA”專案中，後面將會詳述）。對一點她也非常擔心，就是研究人員嘗試把 TPA 方法學應用到不合適的產品上，此時 TPA 屬性是不適用的（如硬糖的彈性）。Szczesniak 博士闡明咀嚼性（chewiness）適用於固體食物，膠黏性（gumminess）適用於半固體食物，她寬容的接受一些研究者使用和推動 TPA 方法。

伯恩博士，同時是質地研究雜誌的編輯，同意 Szczesniak 博士的研究，在整個 20 世紀八九十年代甚至世紀之初，他一直涉足該行業，宣導慎重選擇 TPA 方法測試不同產品。他也通過不斷提醒研究人員 TPA 的歷史，它是如何產生，許多人為支持 TPA 方法和一般的質地分析所做的努力來讓他們腳踏實地。伯恩博士也一直建議研究人員在實驗過程中應該密切觀察產品，而不應當一直關注曲線圖形。我們同意以上觀點，因為真實的解釋 TPA 測

Stable Micro Systems

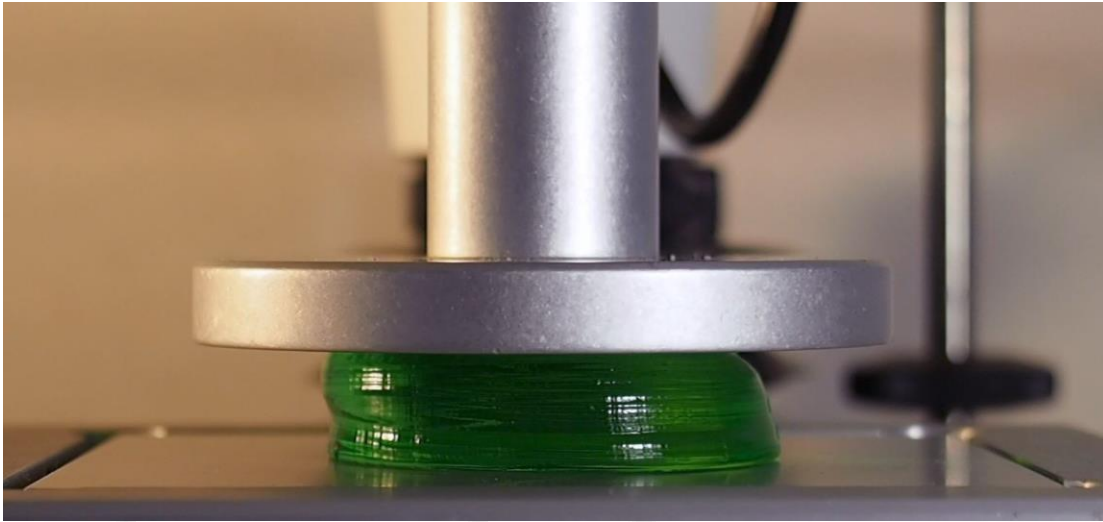
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



試資料的唯一方式就是首先要理解 TPA 方法一直試著量化的產品行為。隨著 TA.XT2, TA.XT2i 和 TA.XTPlus 質地分析儀的普及，成千上萬的研究和商業實驗室都能夠對很多種類的食物產品做 TPA 測試。世界普遍的工具允許研究人員相互比較 TPA 測試資料和測試設置。很多工作都是極好的、新穎的，但是偶爾會有已發表的研究仍用不合適的 TPA 術語和方法。質地技術公司網站上大篇幅的網頁是為了幫助研究者提高 TPA 法則應用品質。

我們也非常感謝 Szczesniak 博士、伯恩博士、布瑞恩博士、阿伯特不是和許多其他的研究人員，是他們在過去的 25 年和我們共同創建了這個基礎。



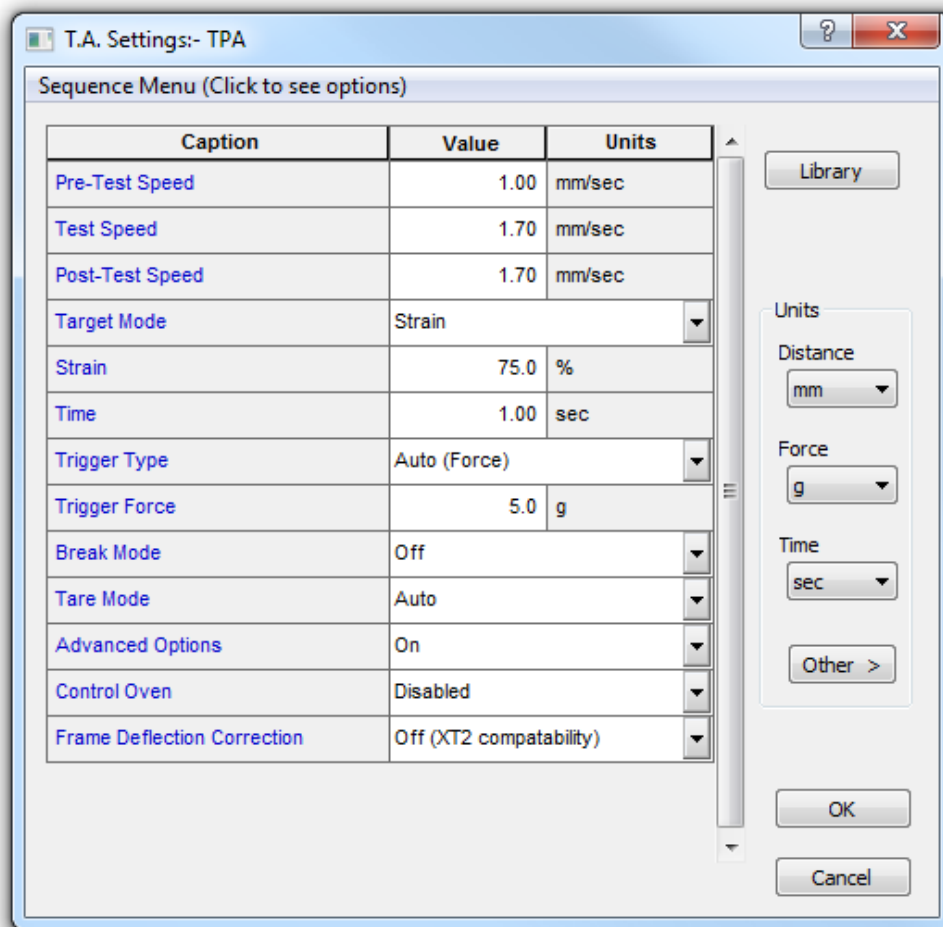
Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 3 章節：質地儀的儀器設定&推薦的 TPA 指南



質地剖面分析（Texture Profile Analysis）測試必須在正確的測試設定情況下進行，否則一些更重要的數值將會計算不正確。來自 Exponent 軟體的一個 TPA 設置的螢幕截屏例子如下所示。請注意，該設置例子並不是 TPA 測試的唯一設置，不是 TTC 推薦的測試任何一種特殊產品的 TPA 設置。

在 TPA 測試中，當 TA.XTPlus 質地分析儀到樣品的頂部時，探頭以測前速度下降。自動觸發一達到設定的觸發力值，設備就開始記錄資料。探頭開始以測試速度壓縮樣品，一直運行到目標距離或者百分比形變。一旦達到目標距離或者形變，探頭會以測試速度返回到初始觸發位置。儀器等待目標時間過後，然後會以測試速度進行二次壓縮。最後探頭會以測後速度上升返回到初始位置。

要注意到迴圈之間的停留時間會影響樣品是否有足夠的時間恢復。如果停留時間過長，根據感官評價會有不同的彈性恢復的許多樣品可能出現相似結果。相反的情況也是確實存在的。如果兩次壓縮停留時間不充分，可能產品沒有時間恢復彈性，彈性值也是會和感官值聯繫不起來。

推薦的 TPA 指南：

選擇合適的探頭。理想情況下，使用者應該使用大於樣品直徑平面探頭或者壓縮板，以至於樣品能夠快速移動，但是仍然能完全接觸而又能被合適壓縮。要注意，適合小形變的探頭因為壓縮過程中產品的變化可能不在適合有較大形變的情況（看第六章節熱狗和凝膠 75%形變的照

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



片)。既然用大直徑的探頭有一些缺點，就要考慮到大號 TPA 探頭選擇造成的錯誤。偶爾地，測試比探頭大的樣品時是可以的，例如大塊蛋糕、松糕、麵包，但要理解如果探頭壓破或者穿刺產品，回復性 (resilience)、彈性 (springiness)、內聚性 (cohesiveness) 數值是值得懷疑的 (因為被壓縮產品的彈性恢復能力因摩擦力和穿刺孔的側壁而被過度忽略)

小直徑的穿刺探頭典型的不適用於 TPA，因為這些探頭的咬動作重複性不好。包括圓錐探頭在內的這些探頭對樣品進行穿刺或者剪切，然後在樣品上形成洞，這樣就完全排除了樣品的回彈或者猶如咀嚼時的逐漸壓縮。

在 TPA 測試中不要用薄刀片或者克雷默剪切感測器或者渥太華式擠壓感測器。這些探頭剪切或者破壞樣品，不會使對 TPA 計算至關重要的恢復因素出現。研究人員顯然可以使用這些類型的設備評估他們的產品，但是應當避免使用調用 TPA 的實驗結果。

壓縮和返回速度要相同。為了正確地計算許多 TPA 參數，測試必須在壓縮和返回階段速度相同的條件下進行 (測試速度和測後速度相同)。

要進行多個壓縮距離或者百分比形變實驗以確定最理想的最大壓縮距離。最初的 TPA 壓縮形變量為 80%。伯恩博士的 TPA 實驗形變量為 90%。前提是大多數食物應該被完全咀嚼以至於完全破壞物質知道能被吞咽。如果破壞食物知道能夠被吞咽是測試目標，應當盡可能的使測試產品的形變量大約在 66%-80%。如第六章節圖片所示，形變量達到 75%時產品已被破壞非常徹底，這是測試可以模仿咀嚼行為，往往是破壞的非常徹底可以使食品科學家在公式或者檢測過程中發現微小差別。

儘管少數使用者在他們的 TPA 試驗中仍然使用 80%壓縮形變，但是要瞭解測試前提這一點很重要，從而選擇適合他們自己產品的形變百分量或者距離。我們強烈建議使用者採用不同的壓縮距離或者百分比形變進行 TPA 實驗測試，觀察到產品的變化情況和考慮適合他們測試目標的合適形變後選擇一個最終的距離或者形變。我們也有大多數種類產品形變量在 25%-50%情況下極好的實驗結果。

強烈考慮可從 TTC 區域經理那得到的“簡化 TPA”專案的“改進的內聚力”版本 (“簡化的改進內聚力 TPA”專案)。這個項目使用改進的內聚力計演算法，該法僅僅使用第一次迴圈和第二次迴圈的下降過程的能量來計算內聚力 (cohesion) 值 (還有膠黏性 (Gumminess) 或者咀嚼性 (Chewiness))。在許多情況下，它將與原始內聚性 (cohesiveness) 數值一致，但情況並不一定如此。

使用合適的 TPA 參數。TPA 測試方法對產品的任何一次應用都會自動生成所有的 TPA 參數標準值。但是，對許多食物來說，那些參數可能是完全沒有意義的，正如 Szczesniak 博士給 JTS 編輯的信中所闡述的對壓碎的糖果提供無意義的彈性一樣 (14)。回顧下面第 4 章節的內容，然後仔細選擇適合自己產品的 TPA 度量參數。

選擇適合測試目標的兩次迴圈之間的停留時間。我們讀到過很多使用不合適的停留時間的文章。許多產品，給予足夠的時間，將會完全恢復到它們的初始高度。長的停留時間情況下，彈性恢復可能是不現實的，因為很多產品都是即時咀嚼或者過程較快。不要對所有質地屬性使用 TPA。對許多產品來說 TPA 不是合適的測試 (果泥、杏仁、堅果、花生醬、焦糖等)，因為這些產品沒有 TPA 要測量的主要屬性 (彈性 (springiness)、咀嚼性 (chewiness)、內聚性 (cohesiveness))。如果你主要對粘附 (adhesion) 感興趣，就進行粘性試驗。如果你對產品有多脆感興趣，就做一個三點彎曲實驗。不要簡單地強迫使用 TPA 方法，因為 TPA 方法僅提供標記的結果。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



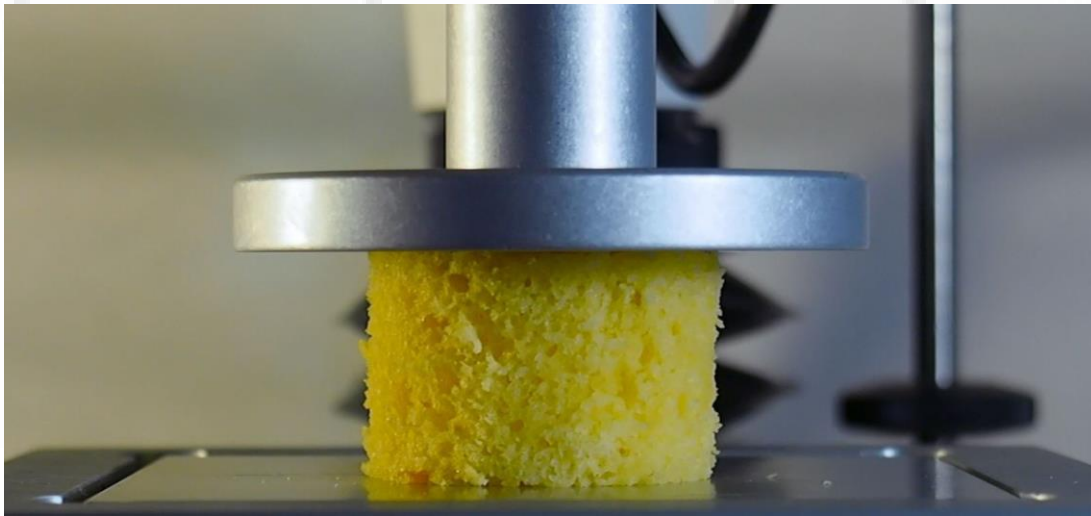
不要脫離 TPA 方法進行測試，卻調用 TPA 值。我們已看到 TPA 測試要多於兩個迴圈或者要有不同深度的迴圈才能完成，或者迴圈是不同的測試速度，或者測試要在每次迴圈的下降過程中有恢復部分。這些想法可能是有趣的，也可能產生一些與研究目標相一致的有趣結果，但是它們不是 TPA 測試，也不應當如此稱呼。

當設計實驗時，使用者應該考慮自己感興趣的參數，他們僅能使用適合測試產品數值。巧克力一般是沒有彈性的，測試該類產品時不能產生任何有用的資料。同樣地，麵包是沒有粘性的，所以測試其粘性（adhesiveness）也是沒有用的資料。一般地因為 TPA 參數是沒有標準的，所以研究人員應該自己負責 TPA 參數和測試方法的使用目的。

不管什麼時候要修改原始參數，明智的做出選擇。一些 TPA 修改是沒有用的，對正確的目的是沒有用的，但是一些是有用的。要採用最好的 TPA 修改，因為科學家會試圖強調他們測試的產品屬性。

仔細設置樣品設置的計畫和時間。溫度、濕度、樣品製備、樣品大小和樣品形狀等都能影響測試結果。設計合適的實驗包括使用清楚的 TPA 測試設定，當然也包括定義明確的處理測試環境和送樣的協議設置。

使用合適的設備。TPA 測試不應當使用克雷默切割感應元、多重穿刺感應元、圓錐探頭（少數情況例外）、刀片、正擠壓或者渥太華感應元等等。所有這些設備都不會產生 TPA 方法要模仿的咀嚼行為。這些測試可能產生不同的結果，甚至可能與配方有很強的相關性，它們與 TPA 被設計的目標是不一致的，參數不能作為 TPA 的參考。選擇適合食品類型的壓縮、實驗目的、目標消費者。消費同一種食品的消費者群體差別（年齡、國籍、咀嚼性）和壓縮距離或者形變的選擇都應該與研究目的和目標消費者怎樣體驗食品一致。



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 4 章節：TPA 測量什麼？

在質地技術上。我們以我們這些年的經驗為基礎修改 TPA 參數，以幫助顧客決定 TPA 測試最好的方法和參數。當我們評價可能的修改時，我們首先考慮測試產品的屬性。在做這些評估時，常識是很重要的。

我們排除了原始 TPA 參數“粘性（Stringiness）”，因為大多數測試開始和結束時都接近產品的初始表面。在大多數情況下，在測試完成計算粘性（stringiness）時，探頭和樣品之間沒有足夠的距離。如果需要粘性（stringiness），我們建議用一個相對較高的結束點分開測試，以便能夠產生一個更有意義的粘性（stringiness）數值。

SMS 和 TTC 把“回復力（Resilience）”增加到我們推薦的 TPA 參數，我們把該參數解釋為產品恢復到初始形狀和大小的度量。在我們的經驗中，“回復力（Resilience）”與“彈性（Springiness）”有些相似，但是，在很多情況下，產品回彈（恢復它們的高度）不同於他們施加的能量恢復其形狀。

這是我們改進的典型的 TPA 參數列表：

參數	怎麼表達	怎麼計算 (#2)
----	------	--------------

硬度	第一次壓縮的最大力值	
----	------------	--

硬度是第一次壓縮時產生的峰值。儘管典型的不適合大多數產品，但是硬度不需要發生在最深壓縮點。

脆性	第一個峰的力值	F1 處峰的力值
----	---------	----------

不是所有的產品都有脆性，但是在探頭第一次壓縮樣品的過程中，當它們破裂時，在曲線有第一個峰的位置（在該處力值下降），出現脆性點。

內聚性	第二次壓縮的峰面積除以第一次壓縮的峰面積	面積 2/面積 1
-----	----------------------	-----------

內聚性是產品相對於第一次壓縮的抵抗力抵抗第二次壓縮的能力

彈性	彈性被表達為一個比值或者產品原始高度的百分比。彈性通過幾種方法測量，但是常用的為二次壓縮檢測到的高度除以初次壓縮距離	距離 2/距離 1
----	--	-----------

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



參數

怎麼表達

怎麼計算
(#2)

彈性是第一次壓縮過程中產品形變後彈性恢復的程度，在兩次壓縮過程中有停留時間。在第二次壓縮的下行衝程中會測量回彈。在某些情況下停留時間過長，產品的回彈就會超過研究條件下的回彈（如你的兩次咀嚼過程不會超過 60s）。

膠黏性
(半固體)

膠黏性是與咀嚼性相互排斥的，因為一個產品不可能既是半固體又是固體。

硬度* (面積
2/面積 1)

硬度*內聚性

膠黏性僅適用於半固體產品，是硬度與內聚性（面積 2/面積 1）的乘積

咀嚼性
(固體)

膠黏性*距離 2/距離 1

硬度*內聚性*
回復性

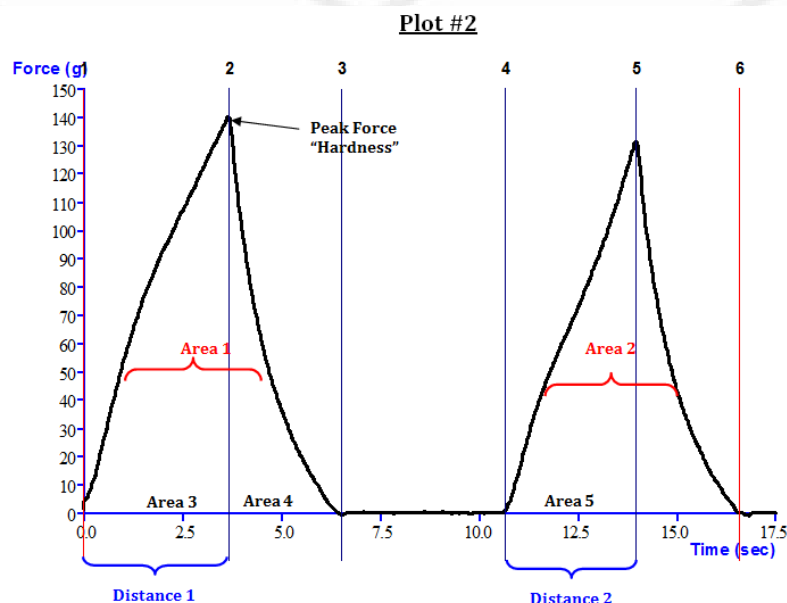
咀嚼性僅適用於固體產品，計算公式是膠黏性*回復性（距離 2/距離 1）

回復性

它是第一次壓縮過程中上升衝程的能量除以下降衝程的能量

面積 4/面積 3

回復性是產品對抗回到初始狀態的能力，回復性是停留時間開始之前第一次穿刺收回之前完成測量的。回復性可以在單次壓縮過程中完成測量，測回速度必須和壓縮速度一致。



Stable Micro Systems

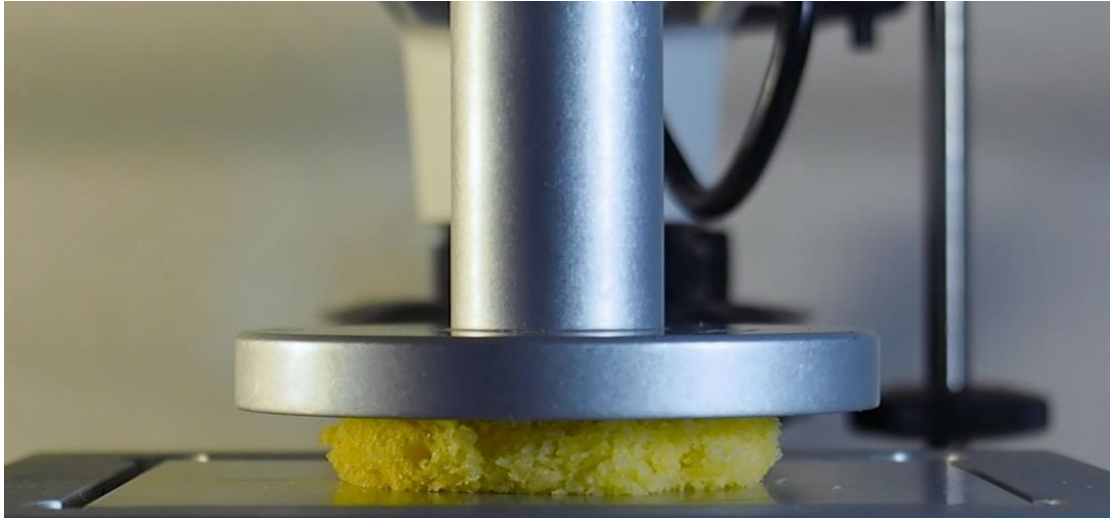
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



物性測試儀（Stable Micro Systems）的標準巨集命令包括 Exponent 軟體，能夠快速計算所有的 TPA 參數。巨集命令順序地逐頁流覽 TPA 圖形，標記重要的錨點。這些錨點被用於自動計算曲線下的相關面積，峰力和運行距離。記住所有的 SMS 的軟體程式都是用力閾值，以便於分析巨集命令能自動計算每個圖形的面積和距離。研究人員應該仔細檢查他們的結果，確保巨集命令能夠一致的選擇正確的行為，尤其是產品是易碎的或者曲線呈現出高度的噪音。在這些情況下使用者可能需要根據使用的力量感應元和產品被壓縮後的行為將默認的力閾值 5g 調整為其他數值。



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 5 章節：硬度（Hardness）、內聚性（Cohesiveness）、彈性（Springiness）、膠黏性（Gumminess）和粘性（Adhesiveness）的討論

關於定量硬度（Hardness）

介紹 TPA 的初始文章把硬度（Hardness）描述為（在帶狀記錄紙上）第一個峰的高度。幾乎所有的這些文章包含的示例圖形中，包括小型斷裂事件的圖形，都顯示峰值發生在最深斷裂處。所有文章都把硬度（Hardness）描述為發生在第一次壓縮過程中的峰力值，即使我們後來意識到記錄技術不能很好的區分由於破碎產生的峰力值和由於停止壓縮衝程產生的峰力值。

物性測試儀（Stable Micro System）和質地技術的 TPA 巨集命令把第一次下降衝程的絕對峰值作為硬度（Hardness）。如果你的巨集命令不是使用下衝程絕對峰值，那麼就要或者修改你的巨集命令，或者需求質地技術的區域經理的說明來相應的修改巨集命令。

找到如下情況的文章並不稀奇：把壓縮最深處的力值定義為硬度（Hardness），即使在下行衝程過程中已經出現更大的力值（當產品破裂時-正如下面切達乳酪或者曲奇餅乾的曲線顯示）。研究人員使用下行衝程的最高力值作為硬度（Hardness）時應該非常小心仔細，不管該力值在壓縮過程中何處出現。

研究人員處理硬度（Hardness）的另一個問題是它們與感官測試的相關性並不像預期的那麼高。例如測試熱狗的測試曲線如下所示。當形變分別為 25%、50% 和 75% 時，對應的硬度值分別為 1900g、6100g 和 6600g。明顯地，當熱狗被壓縮形變量從 25% 增加到 75% 時，能量的總和（如工作面積所示）明顯高於增加的峰值。這種情況以及許多其他情況下，峰值指標沒有充分已消費者體驗到的能量一致。研究人員應該意識到消費者對硬度（Hardness）的判斷可能比簡單地峰值更微妙，在一些情況下可能與下行衝程工作面積相關性更好。

伯恩博士指出壓縮形變的微小增加都會導致堅實度值的很大增加（如下面的雷根糖或者磅餅）。如果硬度值表現出顯著的變異性，研究人員應該探索由於樣品不一致或者樣品量少造成形變增加。較舊的英斯特朗拉伸強度試驗機或者低檔的質地分析儀不能使使用者方便地控制接觸產品，從而產生不同的硬度結果。在這樣的情況下，研究人員應該注意作為測試協議一部分的每一個測試是如何開始的。

研究人員應該記住 TPA 力值相對較高，甚至對於那些相對較硬的產品也是一樣的（如下面的切達乳酪資料）。在這樣的情況下，消費者可能選擇咀嚼多次，而不是使用更大的力咀嚼一次。一直地，我們建議當選擇了合適的 TPA 測試設置時牢記研究目的和消費者行為。

關於定量內聚性（Cohesiveness）

1963 年開始的 TPA 出版物使用包括下行衝程工作和返回工作的兩次壓縮迴圈的每一次工作定義。這在圖#2 的面積 2 除以面積 1 說明。來自於 TPA 創建者（14）（27）的後續研究和指導建議內聚性值應該用圖#2 中的面積 5 除以面積 3，這僅包括壓縮過程，而不包括減壓過程。在我們的經驗當中，相對值將同步聯動，然而我們也建議使用改進的內聚性公式。

內聚性意味著什麼？

當產品在壓縮或者拉伸力下粘附自身時，產品是緊密結合的。例如，一片豬肉經過咀嚼分解後就是高度粘含有粘合力。當零食經過擠壓變形，被擠壓後的零食就是具有內聚性的，它的內部結構沒有完全被損壞，以至於不能大幅抵抗隨後的變形（想一下另一

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



個咀嚼)。當冷黃油塗抹在小麥麵包上抵擋撕裂時，麵包具有內聚性。當披薩餅抵抗手與下巴之間的拉扯時，披薩餅是有內聚性的。這些都是經歷相同現象的不同方式—產品結構完整性經歷壓縮或者拉伸力。在食物中，體驗凝聚力的明顯方式就是打破食物直到它能夠被吞咽所花費的能量和次數。物理上，許多食物在能夠被消化前要經歷各種各樣的應力。內聚性好的產品更能忍受製造、包裝和運輸應力，從而在預期的狀態出現在消費者手中。內聚性差的產品就不能如此。想想一條不能承受放在購物袋的壓力而被帶回家麵包。或者吃第一口時就碎了一地的巧克力曲奇。或者有糖衣的生日蛋糕分崩離析。如果應力超過塑性應變點，產品不能使 100%內聚性，因為它將在屈服點不可逆的損失能量。

關於定量彈性

TPA 是用來模擬感官咀嚼行為，然而完全拒絕過的食物一般沒有完全保持結構完整性而恢復彈性（參考下麵凝膠 75%和相似壓縮視頻檔）。自然地，產品的受破壞程度越大，它呈現出的彈性越小。TPA 的破壞目的和該法測量彈性的有效性之間的分歧是 TPA 的固有的。為了評估不同配方的相對彈性恢復，我們建議減少破壞性壓縮距離，以使產品保留足夠的幾何穩定性以表現出相對差異。

使用比產品小的探頭（用戶可能偶爾這樣處理類似大塊蛋糕、松糕和麵包片）得到的彈性值可能誤導性的較低，因為探頭可能破壞和穿刺到產品中。

要注意，對一些產品收回探頭以使它們能夠恢復到原來的形狀，這樣是有可能的。在這些情況下，圖形會顯示更大的彈性。較大的彈性值不能自動捨棄，因為粘到消費者牙齒上的產品的彈性值可能更大。研究人員應該意識到這種現象，以至於他們能夠合理地解釋結果或者處理樣品以減小粘性。

在最初的 TPA 參數中，彈性（Springiness）最初被叫做“彈性（Elasticity）”，它通過絕對釐米距離測量。改變名稱是因為“彈性（Elasticity）”有其他的工程學和流變學意思。絕對距離度量不能精確比較高度輕微不同的樣品的彈性值，所以彈性度量已經演變為用比值表示。

關於定量粘性（Adhesiveness）

1963 年初始的 TPA 發表文章把粘性（Adhesiveness）描述為重要的 TPA 參數。在質地技術公司，我們認為彈性為次級重要的參數，因為有許多比 TPA 測試更好的其他的方法能夠定量粘性。TPA 順序包括接觸產品，壓縮產品，返回到觸發位置，然後重複整個過程。粘性用兩個迴圈之間的負面積來定量，然而，在許多情況下，當兩次迴圈之間的最高點回到初始產品高度時，產品還是與探頭粘連，沒有完全分開。這種度量對於許多壓敏材料（如乳酪）來說是沒用的。在這種情況下，較硬的產品在產品和底座之間可能有更高的壓力，從而可能創造和提高粘合力（明顯的粘附）。一點也不驚訝的是 TPA 方法認為這些產品粘性更高。因此評論者應該懷疑的查看關於較硬的產品具有更高的粘合度這樣的文章。

粘性較高的樣品在解壓衝程過程中會部分的被舉高，這是很常見的，尤其是 TPA 測試過程中樣品很少被固定。因此，我們建議對粘性感興趣的研究人員要進行粘性試驗，而不是使用 TPA 方法。

Stable Micro Systems

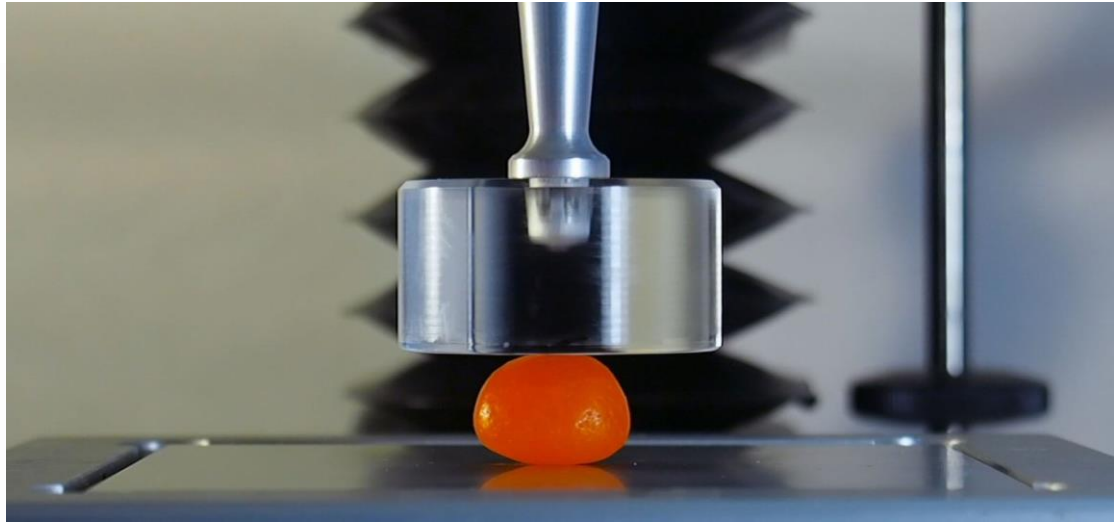
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



關於膠粘性（Gumminess）

膠粘性（Gumminess）僅適用於半固體產品，它與咀嚼性（Chewiness）是相互排斥的，因為產品不可能同時是半固體和固體。TPA 不是對所有半固體產品合適的。它適用於凝膠劑、軟乳酪、像餡餅這樣的甜點，等等。對一些半固體它不是合適的度量標準，如果泥、優酪乳和醬汁，因為這些產品沒有與咀嚼產品相關的脆性（fracturability）、彈性（springiness）、回復性（resilience）和內聚性（cohesiveness）。



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 6 章節：用質地剖面分析（Texture Profile Analysis）測試產品例子

為了說明質地剖面分析（Texture Profile Analysis）測試方法，我們用 TA.XTPlus 質地分析儀測試七種食品（小麥麵包、豆腐、切達乳酪、雷根糖、熱狗、凝膠和磅餅）。

在 TPA 測試過程中，我們在完全相同的三個時間對七種產品進行拍照。第一張照片是在探頭在自動出發點接觸樣品時拍的，說明產品的原始不受力的狀態。第二張照片是在第一次壓縮底部拍攝的，說明產品被完全壓縮到目標形變時產品的變化情況。第三張照片是在完成第二次壓縮後回到初始接觸的出發點時拍攝的。第二次壓縮迴圈後產品的位置說明產品在兩次壓縮迴圈後怎麼保存下來。明顯地，一些產品比另外一些產品更能承受適度的壓力。當你查閱使用 TPA 方法發表的文章時，這些是你將看到的行為變化。一般而言，許多食品能夠承受低壓力，但是它們在應變大於 50% 超過塑性形變點以後就會永久性畸變。

對每一種產品三種不同應變（25%、50% 和 75%）也拍了照片，這是為了說明壓縮不同量時產品的行為變化。

為了這些照片，我們也提供了代表性的測試曲線和測試產品的高清視頻。注意，這些照片和視頻都是在不同場合為完全相同的產品拍攝的，靜止照片照明和放大輪廓並不能與視頻幀精確匹配。ARC 檔是與視頻同時獲得的。

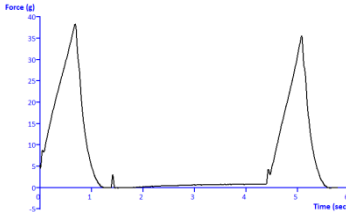
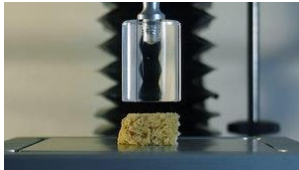
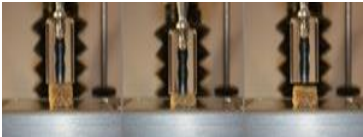
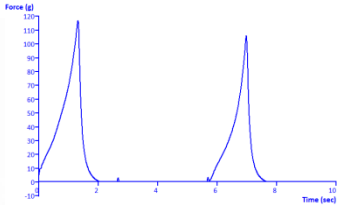
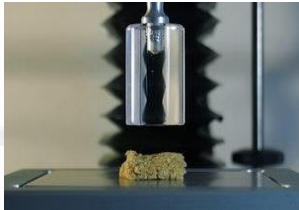
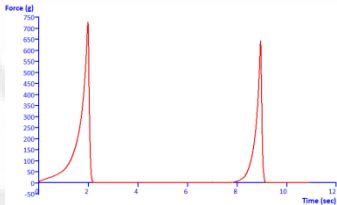
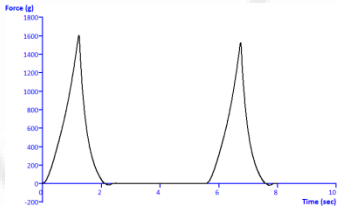
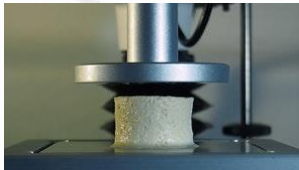
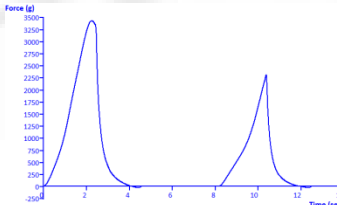
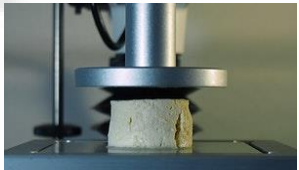
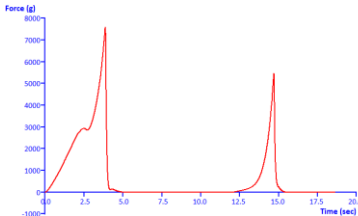
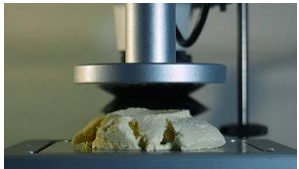
緊跟照片之後，我們把典型 TPA 參數測試結果的圖線和視頻放到一個表格中。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



產品	初始&第一次底部&最後 照片	典型曲線	高清視頻
小麥麵包 25%			
小麥麵包 50%			
小麥麵包 75%			
豆腐 25%			
豆腐 50%			
豆腐 75%			

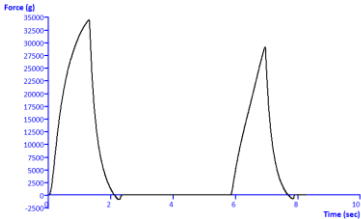
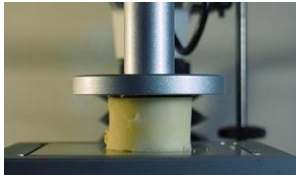
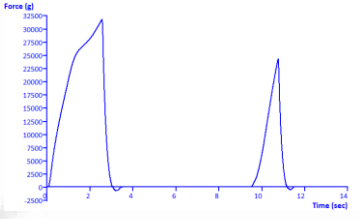
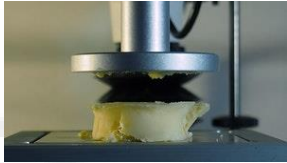
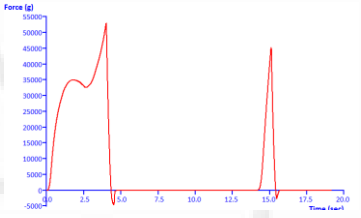
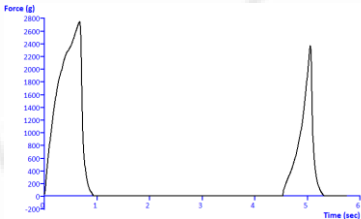
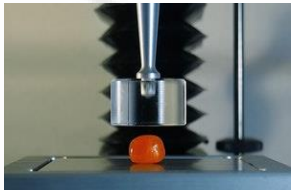
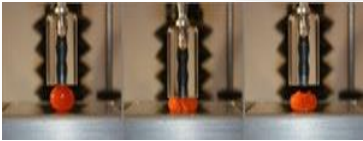
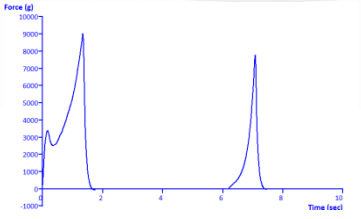
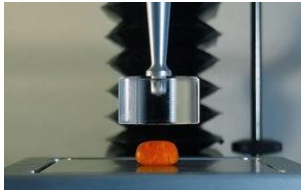
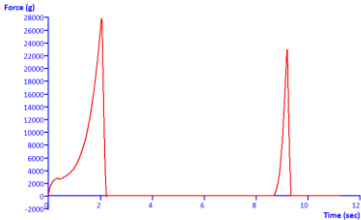
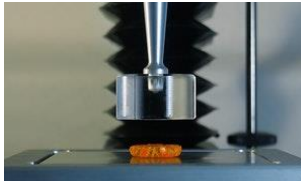
Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



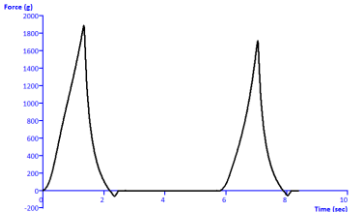
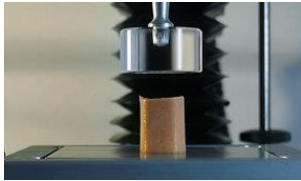
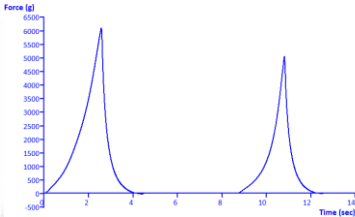
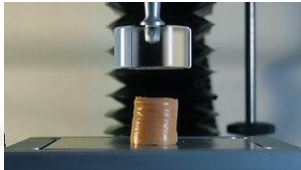
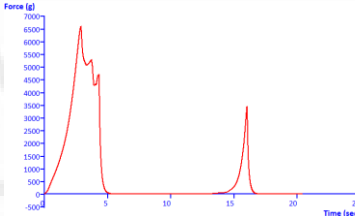
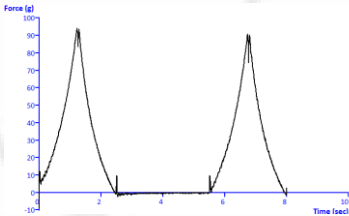
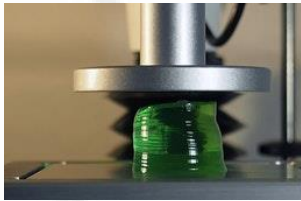
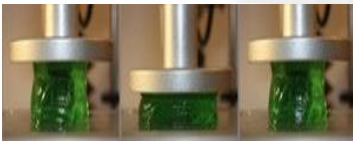
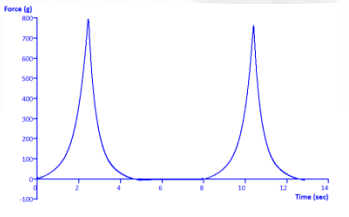
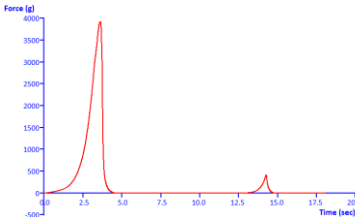
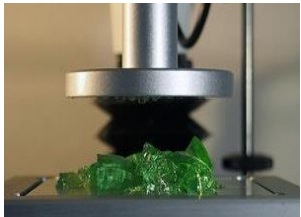
產品	初始&第一次底部&最後 照片	典型曲線	高清視頻
切達乳酪 25%			
切達乳酪 50%			
切達乳酪 75%			
雷根糖 25%			
雷根糖 50%			
雷根糖 75%			

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturescienc.com



產品	初始&第一次底部&最後 照片	典型曲線	高清視頻
熱狗 25%			
熱狗 50%			
熱狗 75%			
凝膠 25%			
凝膠 50%			
凝膠 75%			

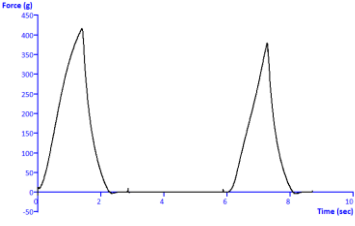
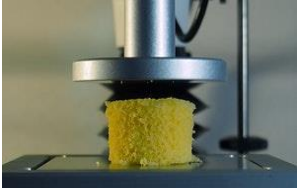
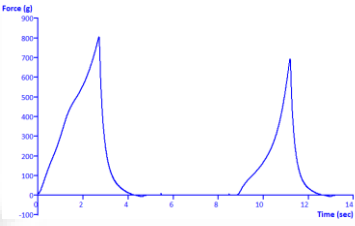
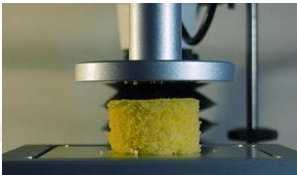
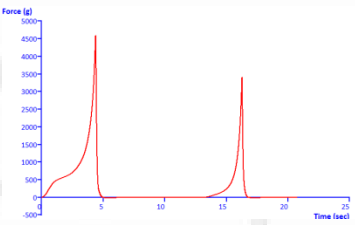
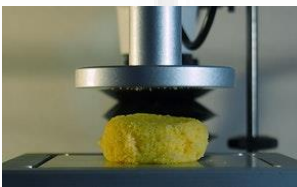
Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



產品	初始&第一次底部&最後 照片	典型曲線	高清視頻
磅餅 25%			
磅餅 50%			
磅餅 75%			

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



與上面顯示的視訊短片對應的產品 TPA 測試計算結果

初次 TPA 參數	二次 TPA 參數						
	硬度	彈性	內聚性	回復性	脆性	粘性	膠粘性
	g	%	%	%	g	g.sec	咀嚼性
小麥麵包 25%	38	85.0	88.9	38.3		0	165
小麥麵包 50%	117	85.3	73.1	26.7		0	128
小麥麵包 75%	729	64.1	56.7	23.5		0	265
豆腐 25%	1609	99.6	89.5	52.1		-5	1434
豆腐 50%	3,427*	91.9	50.4	20.2	3,427*	-12	1587
豆腐 75%	7,613	76.1	30.1	7.0	2,946	-1	1,742
切達乳酪 25%	34,485	84.2	64.0	26.8		-265	18563
切達乳酪 50%	34,528	53.7	29.1	8.3	32,093	-384	5,014
切達乳酪 75%	53,087	41.3	17.4	6.3	35,078	-860	3,817
雷根糖 25%	2751	78.3	43.6	11.8		0	938
雷根糖 50%	9043	64.5	35.6	12.0	3414	-4	2078
雷根糖 75%	27824	26.2	29.8	14.5	2785	0	2165
熱狗 25%	1898	94.5	75.3	37.7		-10	1350
熱狗 50%	6095	83.9	59.6	31.0		-10	3050
熱狗 75%	6599	74.8	13.6	4.5		-9	830
凝膠 25%	95	99.6	92.5	87.1		-1	
凝膠 50%	798	96.8	90.5	78.6		-11	
凝膠 75%	3937	52.5	5.3	7.3	3,937*	-4	
磅餅 25%	418	89.9	72.3	35.4		-1	272
磅餅 50%	808	88.1	54.1	19.3		-2	385
磅餅 75%	4600	74.4	38.4	10.1		-21	1314

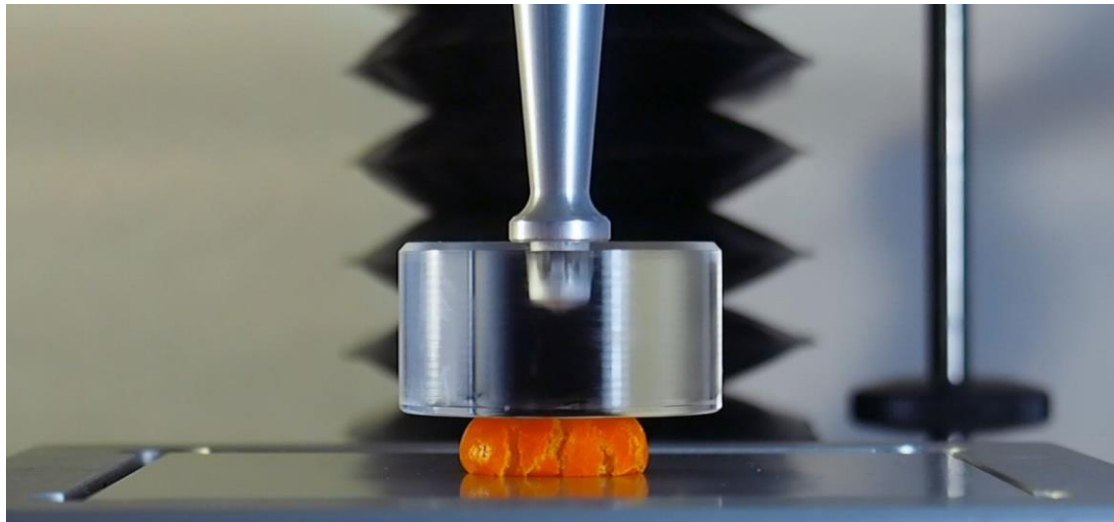
* Jello 被視為一種半固體的分析，因此提出了 Gumminess 而不是 Chewiness 值。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com





Stable Micro Systems

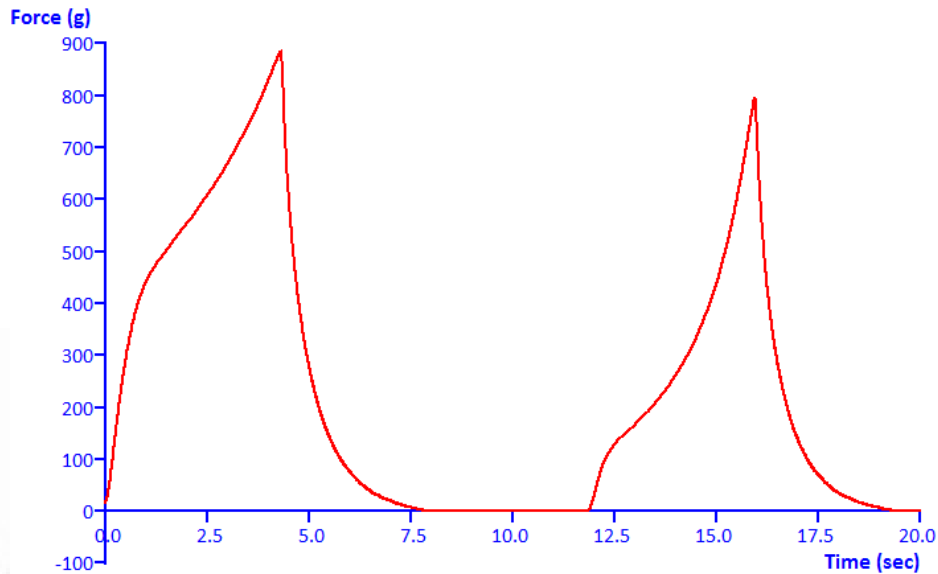
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com

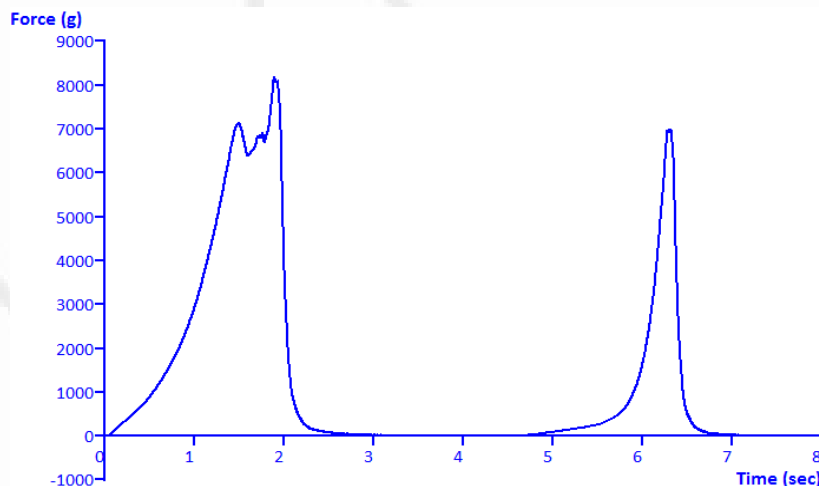


第 7 章節：TPA 圖形例子

下面是一些典型的 TPA 曲線圖：



硬質小麥麵包 TPA 當兩片硬質麵包內部小空間被壓縮時，包含重要的屈服點的經典麵包 TPA 圖。注意，實際上第二個衝程有一個較低的屈服點，而且第二次壓縮曲線面積小於第一次壓縮曲線面積，這就表明有適中的內聚性（cohesiveness）。



堅硬的熱狗 TPA 包含重要破裂的經典 TPA 圖。注意，返回和第二次壓縮的長尾，這表明熱狗相對於回復性，顯示出更多的彈性。

許多產品並沒有顯示出典型的 TPA 曲線，使用者對於他們的曲線不遵循理想化的模型不應當感到驚訝。下面是不遵循標準模型的曲線圖，還附有一些簡短注釋。

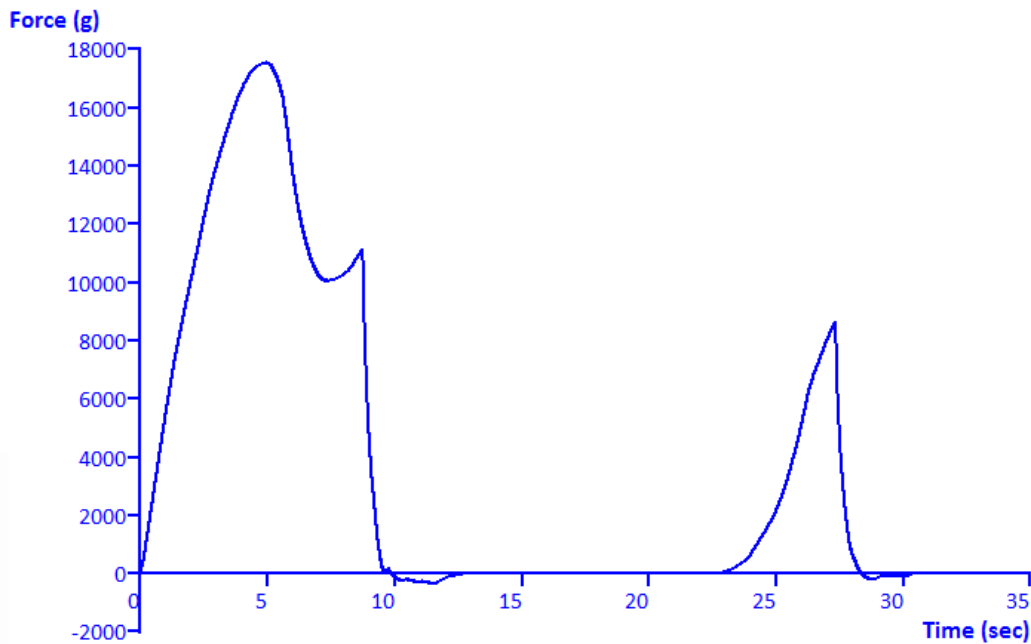
Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

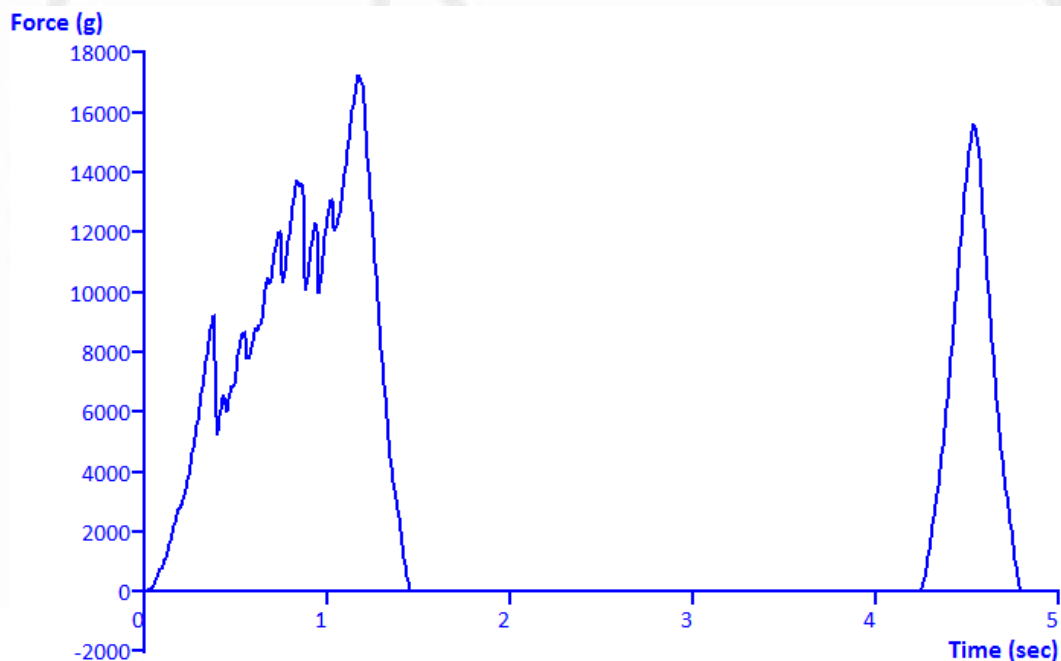
www.lotun.com

www.texturesciene.com





硬切達乳酪 TPA 注意，斷裂點是一個塑性的破壞，而不是脆性破壞，它是曲線上的最高點。因此這條曲線有一個點，作為脆性和硬度值。



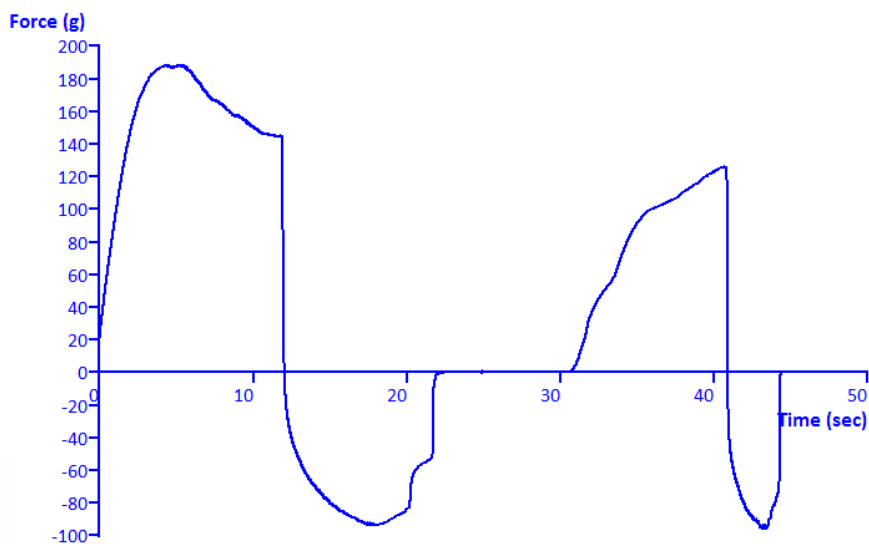
堅硬的被擠壓產品 TPA 這種產品在被壓縮時會斷裂許多次。第一個距離出現在大約為 9250g 和 0.385s (0.959mm) 處。TPA 的單一脆性值不能充分描述脆性高的產品的性質和它的斷裂力學。破裂遵循一個典型的模式，即曲線上的最大值點出現在壓縮最深的位置。考慮到它的易碎屬性（表明濕度低），毫不奇怪，產品在兩次壓縮過程中沒有粘附。

Stable Micro Systems

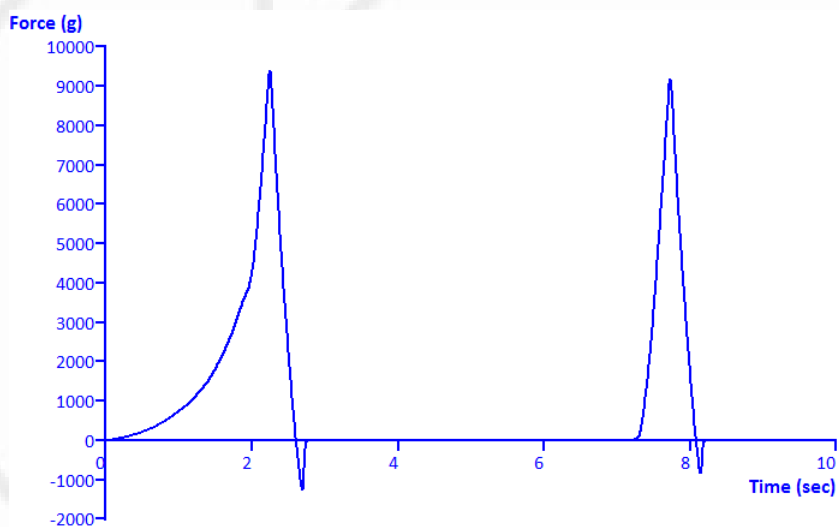
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com





堅硬的麵團 TPA 這是一個很硬的生麵團產品，它的破裂/屈服是一個典型的例子，即產品的硬度不是在最深壓縮處出現的。注意，該材料是有粘著性的。



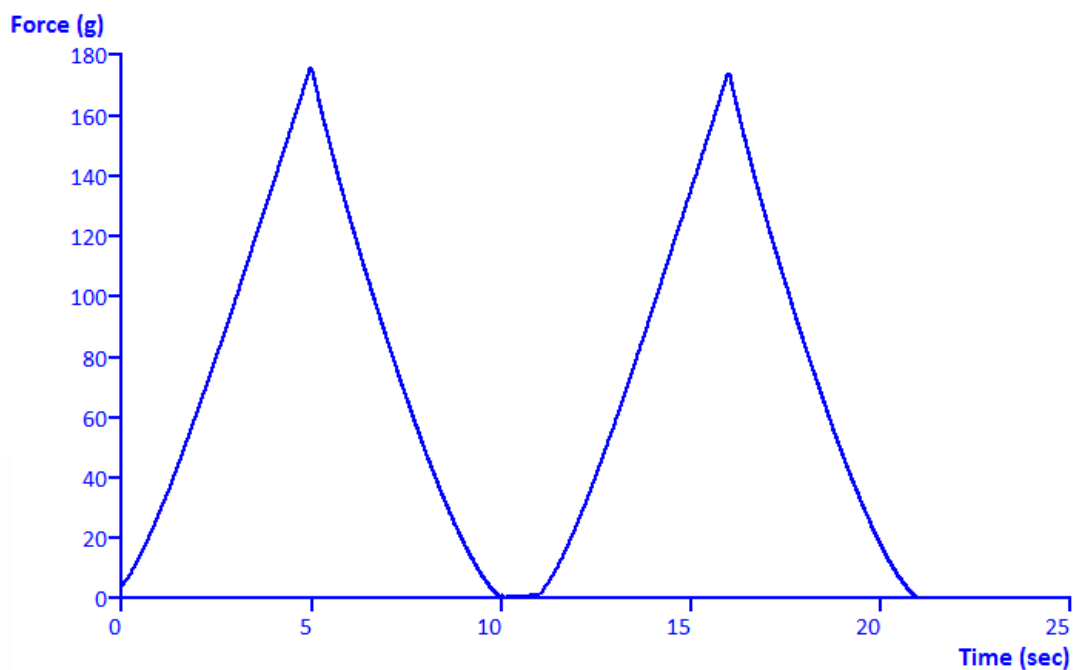
熟意粉 TPA 注意這個力曲線的形狀是怎麼凹的，這就說明產品時被高度壓縮的。

Stable Micro Systems

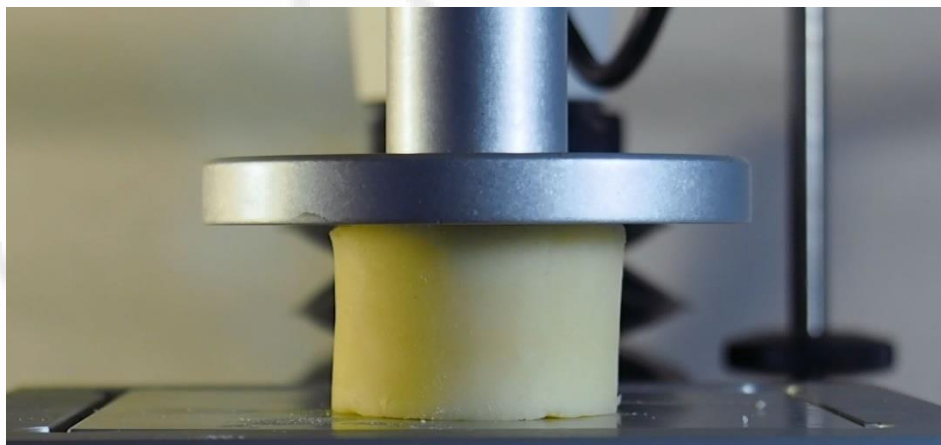
TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com





矽膠 TPA 這種硬矽膠是一種典型的能夠完全恢復的產品，它有相對較高的彈性（springiness）、內聚性（cohesiveness）、和回復性（resilience）。注意產品在第二次持續時間過程中是怎樣擴展回彈的。這就為彈性稍微誇大的產品創造了一個分析彈性的機會。



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 8 章節：使用質地剖面分析（Texture Profile Analysis）的注意點有哪些？

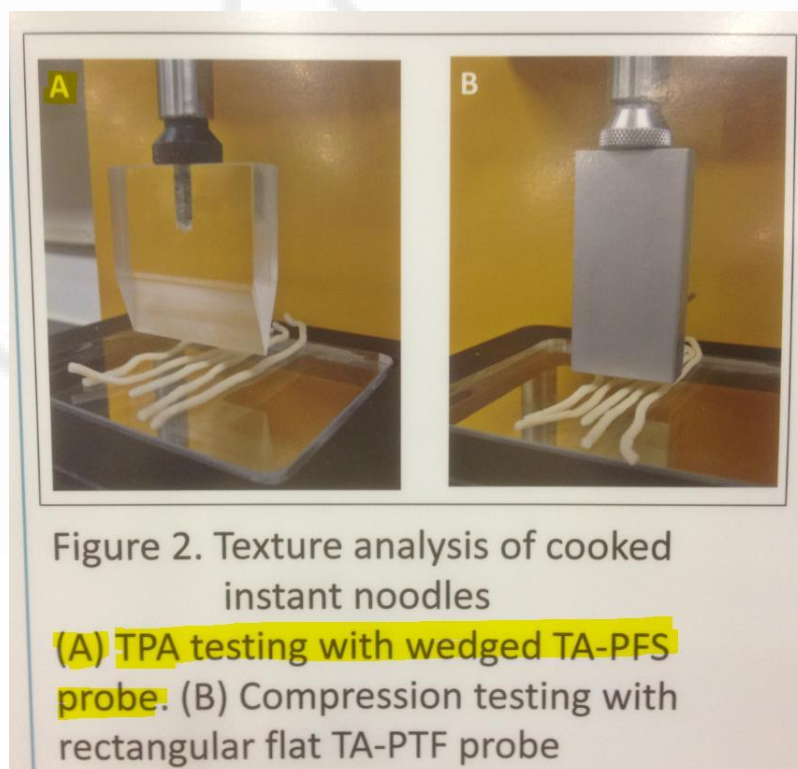
關於使用和誤用 TPA 有些注意事項。這些注意事項主要分為兩類：誤解/誤用原始參數和對原始參數進行非標改進。

質地剖面分析（Texture Profile Analysis）是一種容易操作的測試。在 1975 年威廉布林提出原始 TPA 參數經常被誤解，從而導致實驗設計較差和濫用統計分析結果。

另一個注意點就是 TPA 參數是被自動計算的，較容易生成的資料會使研究人員不考慮參數是否適用於測試的產品就簡單地應用測試結果。

TPA 的創始人 Alina Szczesniak 博士指出錯誤理解參數和擔憂如何使用的使用者。正如 Szczesniak 博士在給編輯（14）的信指出的一樣，TPA 的一些修改被提高了，但是要小心一些修改是沒有意義的。這些包括使用穿刺針代替壓縮板，產生一些不用常識就知道沒有意義的資料。她指出在 Lifesavers 上的感官研究雜誌文章，在文章中糖果在形變為 70%時被壓碎，所以產生的彈性和咀嚼性數值是沒有意義的。她觀察到常識顯示 Lifesavers 的硬糖果必須吸允，而不是咀嚼，所以用 TPA 計算咀嚼性（chewiness）不會產生有用的資料。

誤用的一個相似例子是使用 TPA 測試像薯片或者脆皮玉米餅這樣的休閒食品。這些食品在第一次“咬”時就會碎掉，不會留下可用於二次“咬”得到內聚性（Cohesiveness）或者彈性（Springiness）的有用樣品。Szczesniak 博士和伯恩博都強調了當平衡產品的預期用途和確定哪些參數適合測量和評價時必須使用常識。



其他的不合理使用 TPA 測試或者 TPA 術語的例子被發現在如下：一張共同作者為布魯克菲爾德工程質地產品經理埃裡克·蔣的 AACC2013 海報，還有內布拉斯加大學的一個學生，題目為“利用北方豆提高速食麵的營養價值”（15）。測試使用大幅楔刀片進行質地剖面分析（Texture Profile Analysis）測試，得到了剪切麵條的彈性值。剪切麵條不會回彈，所以 TPA 的基本性質被蔣先生誤用。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

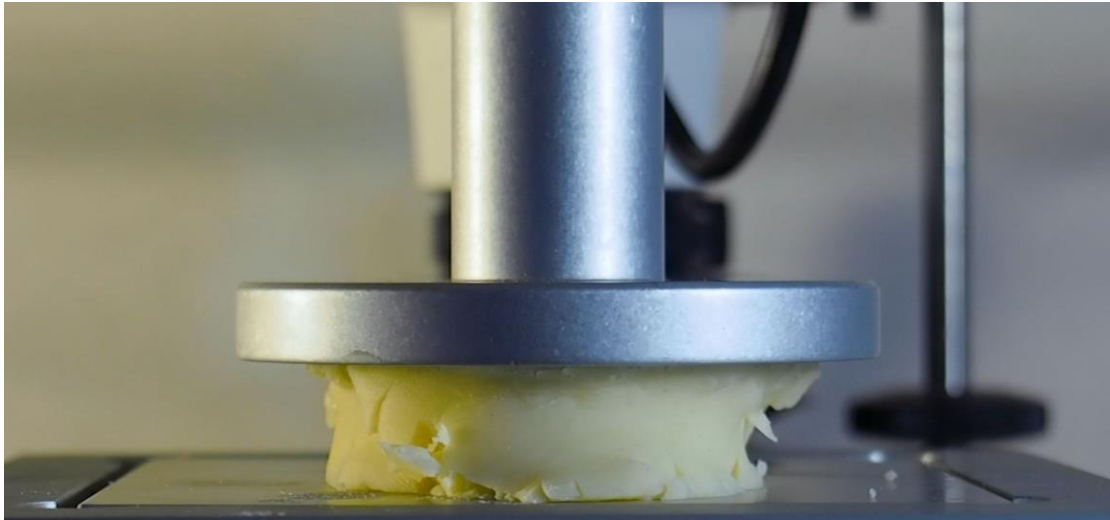
www.lotun.com www.texturesciene.com



在蒙特利爾的一張 2014 年的國際食品科學技術協會的海報“5-羥甲基糠醛：牛奶焦糖的化學和質地屬性”，使用 CT3 進行 TPA 測試軟焦糖產品，計算得到內聚性（cohesiveness）、膠黏性（gumminess）和咀嚼性（chewiness）。顯然，焦糖類產品不合適使用 TPA 參數測試。

穀物科學雜誌的一篇極好文章使用克雷默剪切感應元計算硬度和剪切力，但是很可惜的是也用它計算了彈性（www.sciencedirect.com），正如之前所提到的一樣，用刀片是不合適的。

我們更期望看到更多關於用 TPA 測試優酪乳的文章（還有一些關於花生醬）。雖然這項研究與消費者感官評價有很大的關聯，但是優酪乳和花生醬在物理上並沒有呈現與標準 TPA 定義內聚性（cohesiveness）、彈性（springiness）、咀嚼性（chewiness）和膠黏性（gumminess）相關的行為變化。這些方法似乎是廣泛的學術興趣，可能產生與感官體驗聯繫密切的有趣結果，但是它們不是 TPA 結果，作者應該避免把這些方法標記為根據質地剖面分析（Texture Profile Analysis）產生的方法。



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com

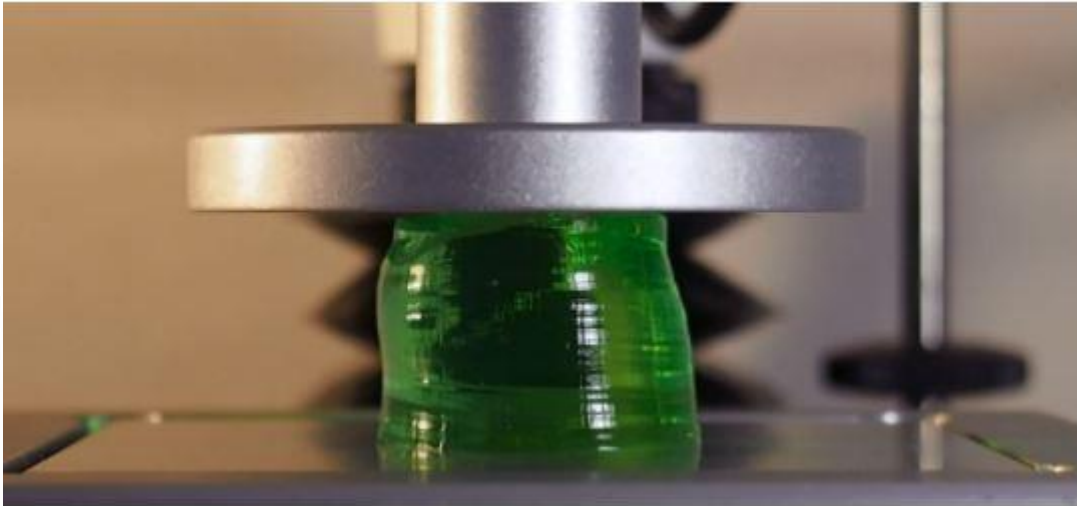


第 9 章節：結論

TPA 方法是一個強大的工具，可以提供對產品質地的高度有意義的見解。該方法尊重這樣一個事實，即任何食物的質地標識都是多方面的，並且與消費者的感官預期有內在的聯繫。TPA 的創始人已經接受了該方法如何發展的深思熟慮的方面，但他們一直關心該方法被濫用或被誤解的頻率。TPA 作為一種分析方法的美妙之處在於它可以很容易地量化多個紋理參數，但是，研究人員不應該依賴 TPA 的標記特徵，而不考慮測試方法是否提供與其實驗目標相關的度量。這個網頁已經組裝起來，以提高對 TPA 的理解，使研究人員能夠正確進行 TPA 研究並進一步推進 TPA 工具集。

Stable Micro Systems 在他們的網站上維護一個 TPA 頁面，另一個在他們的博客上。以下是這兩個資源的連結：

- [Stable Micro Systems on Texture Profile Analysis](#)
- [Selecting the Correct TPA Testing Procedure](#)



Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 10 章節：照片庫



博隆·詹森博士，馬克·詹森博士和路易士·佩特林博士在 1999 年 IFT 年會上發表演講



Alina Szeszaniak 博士在 2003 年在 TTC 的 IFT 展臺討論紋理測量

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com





通用食品紋理測量儀



Malcolm Bourne 博士和 TTC IFT 展位的 Randy Koch 在 2005 年

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com





<http://museum.mit.edu/150/13>



美國農業部的 Judith Abbott 測試番茄的質地（Kieth Weller 的照片通過美國農業部網站的連結）

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com



第 11 章節：更多資源

16. 用於食品的記錄應變計義齒測力計。I.儀器評估和初步測試。是。Proctor, G.J. Davison, G.J.Milecki 和 M. Welch。食品技術，第 9 卷：471-477。
17. Texture Profile Method, Brandt, Margaret A., Skinner, Elaine Z., 和 Coleman, J. A.: 1963, , J. Food Sci. 28, 404.
18. 一種用於測量食物的質地和一致性的客觀方法的分類，M.C.BURNURN, Journal of Food Science, 第 31 卷，第 6 期，第 1011-1015 頁，1966 年 11 月。

摘要：客觀測量食品質地特性的眾多方法是以作為測量基礎的變數或變數為基礎進行分類的。測量的物理方法分為測力，測距，時間測量，能量測量，比率測量，多重測量和多變數儀錶。還有一些客觀測量質地的化學方法。不符合上述任何一個類別的方法會形成一個特殊的雜項組。給出了在每個類別中找到的各種工具的例子。

19. 刺血試驗的剪切和壓縮成分的測量，M.C.Bourne, Journal of Food Science, 第 31 卷，第 2 期，第 282-291 頁，1966 年 3 月 - 4 月。

摘要：一項研究旨在分離和測量壓縮分量（與面積成正比）和剪切分量（與周長成正比）的簡單的穿刺測試。使用兩組沖孔器（一個具有恒定的面積和可變的周長，另一個具有恒定的周長和可變的面積）來測量泡沫塑料板和代表性食品上的穿刺試驗中的壓縮和剪切分量。兩者的穿刺力可用等式 $F = K_p + K_c A + C$ 表示，其中 K_p 、 K_c 和 C 是常數， P 是沖頭的周長， A 是沖頭的面積。 K_p 代表剪切係數， K_c 代表被測食品的壓縮係數。對於給定的沖頭， F 取決於 K_p 和 K_c ，它們是被測試材料的性質。對於給定的材料， F 取決於沖頭的周長和面積。這些結果可作為實際穿刺試驗中沖頭形狀和尺寸設計的依據。通過操縱沖頭的周長/面積比率，可以相對於壓縮分量增加或減少穿刺測試的剪切分量。

20. Ob Effect Measurements For Texture In Foods, Essex E. Finney, Journal of Texture Studies, 第 1 卷，第 1 期，第 19-37 頁，1969 年 11 月。

摘要：食品是複雜的系統，表現出不同程度的彈性，粘度和可塑性。由於其複雜的結構和機械性能，食品質地的客觀測量可能受到各種測試條件的影響，包括載入速率，施加在材料上的變形的大小，載入表面的幾何形狀以及產品內的局部屈服測試。討論這些變異的來源。給出肉類，乳製品，烘焙食品，新鮮水果和蔬菜以及加工商品的質地測量方法的簡要描述。本文最後討論了基於聲音，光透射和振動現象的分析來評估食品質地的新技術。

21. Mode Organization Of Texture Instrumentation, Peter W. Voisey, Journal of Texture Studies, 第 2 卷，第 2 期，第 129-195 頁，1971 年 5 月。

摘要：回顧使用電子儀器記錄客觀紋理測量中的力和變形，指出許多設備可用於此目的，並指出與其使用有關的一些問題。電子感測器普遍適用於紋理測量系統，並能以高解析度進行精確的測量。描述了幾個現代化的紋理工具的例子來演示不同的方法。可以開發特殊用途或“通用單元”。得出的結論是，力和變形可以通過電子技術記錄在任何質地測試中，但資料的解釋是主要問題。

22. 食品的結構和質地特性，Sherman, P. : 1972, Food Technol. 26, 69。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



23. 通過穿刺測試對個體煮熟的幹豆進行紋理測量，Malcolm C.Bourne，Journal of Food Science，第 37 卷，第 5 期，第 751-753 頁，1972 年 9 月。

摘要：英斯特朗萬能材料試驗機是利用機器上的距離迴圈控制裝置，對大量煮熟的幹豆，一次一粒，使沖頭以預定的速度在兩個預設距離限制之間迴圈，使得操作者能夠充分注意將刺豆中的豆放入和移出。每分鐘 10 豆可以通過這個程式方便地測試。從圖表中統計出 20 個選定力範圍內的峰值力高度，從而快速檢索資料。熟幹豆的測試表明，每個紋理範圍內的豆的數量大致遵循正態分佈模式，除了存在幾個特別堅硬的豆，這導致分佈曲線脫落到高穿刺力範圍之外。

24. 日本食品質地研究通用食品紋理儀應用，Tanaka M., 1975, Journal Of Texture Studies: 101-116.

25. “紋理輪廓：其基礎和展望”，H.Moskowitz，J.Kapsalis，Journal of Texture Studies，第 6 卷，第 1 期，第 157-166 頁，1975 年 3 月。

這篇精彩的文章總結了 Szczesniak 博士，Bourne 博士等人所處理的問題。作者論述了平衡術語明確定義的科學需求和更細緻但重要的感官體驗的重要性。文章指出，標準和尺度將有助於提高可重複性；解決了感官質地分數的主觀性的本質，並承認紋理分析測試可以非常有用，將“秩序混淆”為一個工具集。

26. Instron Universal Testing Machine，Micha Peleg，Journal of Food Science，Volume 41：721-722（1976）獲得的紋理輪廓分析參數。

27. Food Texture and Viscosity：Concept and Measurement，第二版，Malcolm C.Bourne，Academic Press 2002（1982 第一版）。請注意，TPA 說明在第 182-186 頁。

摘要：綜合各個領域的文獻，食品質地和粘度，2E，包括該領域的簡要歷史和基本原理。它回顧了如何測量質地和粘度，包括人體和食物之間的物理相互作用，質地測量的客觀方法，紋理測量儀器的最新進展，各種液體流動等等。這個修訂版包含大約 30% 的新材料，其中包括兩個關於物理和紋理的新章節以及物理測量和感官評估之間的相關性。它現在包括雙色插圖，並包括最新的設備供應商名單。

28. 感官和器官紋理屬性之間的關係 Jean-Francois Meullenet，B.G. Lyon，John A.Carpenter，C.E. Lyon，感官研究雜誌，第 13 卷（1998）。77-93。

摘要：使用感官和器官質地分析（TPA）技術來研究紋理關係，以評估來自各種食物的二十一種食物樣品。在硬度（ $r = 0.76$ ）和彈性（ $r = 0.83$ ）的感官和儀器 TPA 參數之間發現高線性相關性。感官和儀器 TPA 參數之間沒有發現粘性和咀嚼性顯著相關性。資料的對數轉換提高了感官屬性與其工具性推論之間的相關性。感官硬度與儀器硬度對數的相關係數 $r = 0.96$ 。感覺和器械彈性的對數相關性提高到 $r = 0.86$ 。感官和器官咀嚼的對數之間的相關性提高到 $r = 0.54$ ，在 $P < 0.05$ 時顯著。

29. 紋理輪廓分析 - 參數有多重要？Andrew J. Rosenthal 雜誌質感研究 41（2010）672-684

Stable Micro Systems

TEL：+886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com

www.texturesciene.com



30. 關於質地分析測試，梅西大學食品營養與人類健康研究所的 Khanh Tuoc Trinh 和 Steve Glasgow。

本文是在澳大利亞切梅卡 2012 年大會上發表的一篇非常好的 TPA 評論。

摘要：自 1963 年由美國通用食品公司技術中心發明以來，紋理輪廓分析或 TPA 被廣泛用於食品的表徵和品質控制。然而並非所有原始測試中定義的質地參數都是正確和有用的。此外，如果測試不是在正確的操作設置下進行的，結果可能會非常具有誤導性。本文介紹了一些成功的紋理分析的關鍵考慮因素。

31. 康奈爾大學食品科學名譽教授 Malcolm Bourne 博士在新奧爾良 IFT2014 展會上發表了一篇傑出的演講“食品質地的感知和測量的起源和演變”：“更深入地瞭解食品質地的開創性技術，感知和消費者行為。“參加的會議由高砂國際的 Dulce Paredes 博士主持，非常好的回顧和期待有關紋理測量的問題。Bourne 博士的介紹是對紋理測量的詳細概述，以及每天與我們合作的基礎的人員。

Stable Micro Systems

TEL : +886-2-8228-0750 +86-400-900-1516

www.lotun.com www.texturesciene.com

