

应用文集

# 采用 GPC/SEC 进行食品分析

The Measure of Confidence



Agilent Technologies

# 采用 GPC/SEC 进行食品分析

## 应用文集



安捷伦作为您值得信赖的全方位合作伙伴，将为您提供：

- 超过 35 年行业领先的采用 GPC/SEC 鉴定和分离聚合物的解决方案
- 业内领先的色谱柱和校正标样的完整产品系列
- 全系列的仪器和软件，实现准确的聚合物分析
- 每天 24 小时、每周 7 天的不间断技术支持
- 无可比拟的全球物流系统，确保重要备件准时交货

## 目录

<b>前言</b>	3
<b>食品添加剂</b>	4
果胶	5
羧甲基纤维素	7
淀粉	8
玉米粉	10
普鲁兰多糖和葡聚糖	12
明胶	14
树胶类	15
<b>调味剂</b>	16
<b>煎炸油脂</b>	18
<b>农药</b>	21
菜籽油（低芥酸菜籽油）	21
鲭鱼	23
<b>包装</b>	24
高分子量聚烯烃	24
低分子量聚烯烃	26
高密度聚乙烯	27
高密度聚丙烯	29
<b>蜡涂料</b>	30
<b>GPC/SEC 系统配置</b>	32
Agilent 1260 Infinity GPC/SEC 系统	32
Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统	34
Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统	37
Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统	38



# 前言

聚合物存在于各种食品中，有些是天然存在的，有些则是为了改善口感、质地或外观而加入的添加剂。其他聚合物广泛应用于食品加工和包装中。

此外，食品分析人员还会关注那些不应出现在食品中的化合物（例如农药和掺杂物），以及食品在其他加工过程中的降解产物。煎炸油脂成分就是一个贴切的例子。

聚合物的最大用途之一是可用作包装材料。聚烯烃（如，聚乙烯）用于制作薄膜和模塑容器。机械强度和韧性等性质对其最终用途至关重要。

凝胶渗透色谱 (GPC) 是一种有价值的多功能技术，适用于各类食品分析。此外，尽管大部分 GPC 食品分析均使用水性洗脱液来完成，但对于较为复杂的化合物，如淀粉多糖和源自原油的聚丙烯等包装材料聚合物，采用有机方法对其进行分析更为合适。采用 GPC 有机相洗脱还可以评估煎炸油脂的纯度。

必须密切监测农药水平以确保食品的食用安全。可根据体积排阻原理采用 GPC 来分离和离析，以得到一个样品中的各个组分，也可以离析出受污染食用油中的有毒农药。将这些分析型分离放大到制备 GPC，可离析到足够量的农残，以供进一步分析或鉴定。

许多 GPC 食品分析还得益于三重检测器检测法，因为它结合了浓度检测器、粘度检测器和光散射检测器，可评估聚合物的分子量分布和分子结构，而无需依赖色谱柱校正。这在没有结构相似标准品可利用的情况下分析复杂食品聚合物时是至关重要的。

本文集收集了多种 GPC 技术，用于更为广泛的食品分析，包括食品原材料、食品添加剂、降解产物、农残的研究，以及食品包装所用聚合物的表征。充分显示了凝胶渗透色谱在食品分析中的多功能性。



## 食品添加剂

在食品加工过程中，配方通常将活性成分与一种或多种添加剂相混合，以提高生产环节的效率以及改善食品对消费者的吸引力。例如，强化处理可以保持风味或改善味道和外观。

其它添加剂用于改变酸度、口感并延长其货架期。辅助加工的添加剂包括抗结剂和流动改良剂。对于食品制造商来说，产品在味道、外观和质量上的一致性至关重要，所有这些参数都受到添加剂的影响。因为许多食品添加剂是聚合物结构，最好采用凝胶渗透色谱或体积排阻色谱进行分析，使您能够对聚合物添加剂的特性有一个全面的了解。



## 果胶

果胶是由多种复杂的杂多糖组成，天然存在于如苹果、李子、葡萄和小红莓等水果中（图 1）。果胶结构复杂，由“均匀”和“毛发”区域组成。均匀区域是线性的，为部分甲基化的聚（D-半乳糖醛酸）；毛发区域包含交替的 L-鼠李聚糖和 D-半乳糖醛酸残基，其中含有 L-阿拉伯糖和多达 20 个 D-半乳糖残基长度的侧链。由于这种混杂的特性，果胶在溶液中具有复杂结构。果胶在配方中是通过羧基团的氢键交联而起作用的，其应用包括作为凝胶剂、增稠剂和水粘合剂的使用。

使用安捷伦 PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统分析果胶样品。仪器操作温度为 50 °C，使用示差折光检测器、Agilent PL-GPC 50 粘度检测器和 Agilent PL-GPC 50 光散射检测器（在 15° 和 90° 采集散射光）。

使用两根 Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm 色谱柱进行分析。简化了色谱柱选择并提供一个用途多样的分析系统，为这些高性能色谱柱在宽分子量范围内提供了卓越的分离度。样品用流动相精确配制并在进样前使用 0.45 μm 一次性过滤器过滤。为了计算光散射，采用样品的平均 dn/dc 值。

图 2 是果胶样品的三重检测器的色谱图。示差折光检测器和光散射检测器的色谱是明显的多峰形式，如预期所料缘于结构上的不均匀。图 3 是果胶分子量分布计算图。使用了粘度检测和光散射的数据，生成了果胶的 Mark-Houwink 图（log 固有粘度对 logM）和构象图（log 旋转半径对 logM）。图 4 为叠加图。

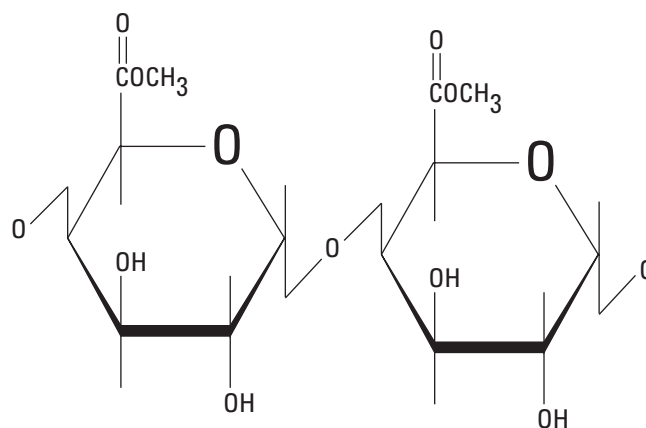


图 1. 果胶的基本结构

### 分析条件（图 2 到 4）

色谱柱：	2 x Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6800)
校准物：	Agilent EasiVial PEO, 0.1 到 0.5 mg/mL
样品：	果胶
样品浓度：	2 mg/mL, 用洗脱液溶解
洗脱液：	0.2 M NaNO <sub>3</sub> + 0.01 M NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 调节至 pH 7
进样量：	200 μL
流速：	1.0 mL/min
温度：	50 °C
仪器：	Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统, 配置示差折光检测器 (DRI)、粘度检测器、光散射检测器

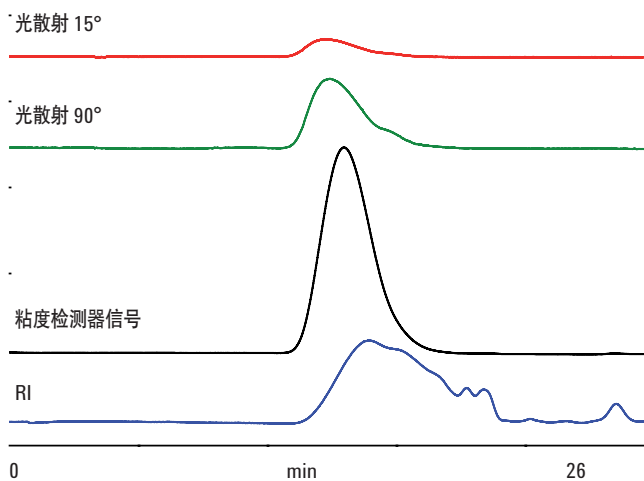


图 2. 使用配备 Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 双色谱柱组的 Agilent PL-GPC 50 分析果胶的三重检测器色谱图（自动缩放）

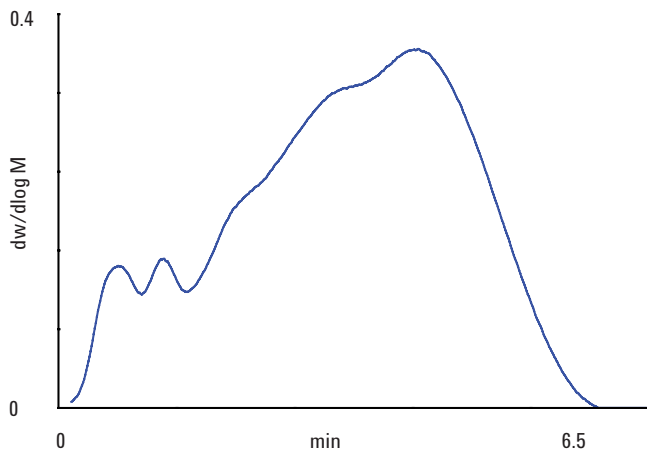


图 3. 计算得到的果胶分子量分布图

Mark-Houwink 图和某种程度的构象图，显示了作为分子量函数的整个分子密度的曲率，这是由于“均匀”和“毛发”区域相对含量的变化造成的。

PL-GPC 50 是高分离度、经济有效的一体化 GPC 系统，可在室温到 50°C 的温度范围内操作。当将 PL aquagel-OH MIXED-H 8  $\mu\text{m}$  色谱柱与 PL-GPC 50 粘度计和 PL-GPC 50 光散射检测器相连时，PL-GPC 50 即可发挥三重检测器的最大功效，用于精确测定结构复杂且具有重要商业价值的聚合物的分子量。色谱柱的宽分离范围使您对复杂天然材料，如胶的分析充满信心。

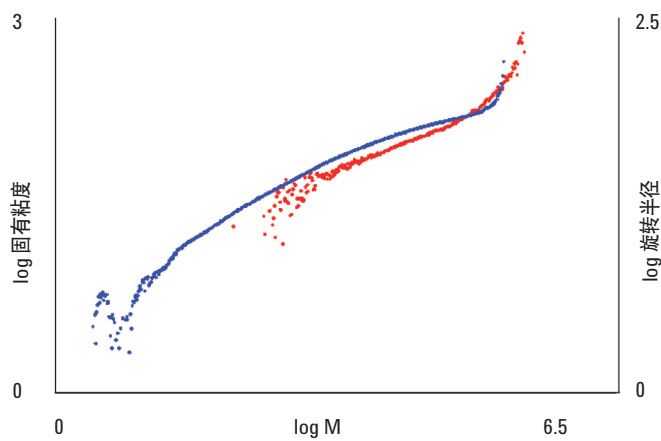


图 4. 果胶的 Mark-Houwink 图和构象叠加图



## 羧甲基纤维素

羧甲基纤维素 (CMC) 是纤维素的衍生物，它由羧甲基基团 ( $\text{CH}_2\text{COOH}$ ) 与组成纤维素骨架的一些羟基基团相接而成。其基本结构如图 5 所示。使用 PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统分析 CMC 样品。仪器的操作温度为  $50^\circ\text{C}$ ，配置示差折光检测器和 PL-GPC 50 粘度检测器。

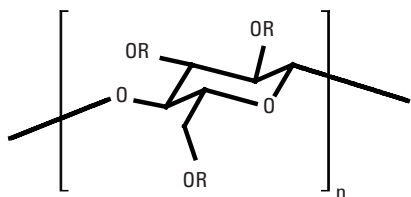


图 5. CMC 单分子重复单元的基本结构

CMC 具有许多有用的性质，如高溶液粘度，加上 CMC 材料的低毒性、无过敏性等特点使其广泛应用于食品科学领域。图 6 为 CMC 样品的双检测器色谱图。图 7 显示了使用通用校准方法计算得到的分子量分布，使用粘度检测器测定分子量就无需依靠聚合物校准方法了。图 8 是从粘度数据得到的 Mark-Houwink 图。在 CMC 样品中，羧基和羰基功能性的隔离程度能影响到其在溶液中分子的大小。在这种情况下，作为分子量的函数，Mark-Houwink 图的曲率能提供关于结构和化学均一性的信息。

分析条件 (图 6 到 8)

色谱柱:	2 x Agilent PL aquagel-OH 30 8 $\mu\text{m}$ , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1120-6830)
校准物:	Agilent EasiVial PEG/PEO
样品:	羧甲基纤维素
样品浓度:	2.0 mg/L
洗脱液:	0.2 M $\text{NaNO}_3$ , 0.01 M $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , pH 7
进样量:	100 $\mu\text{L}$
流速:	1.0 mL/min
温度:	室温
仪器:	Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统, 配置 DRI、粘度检测器

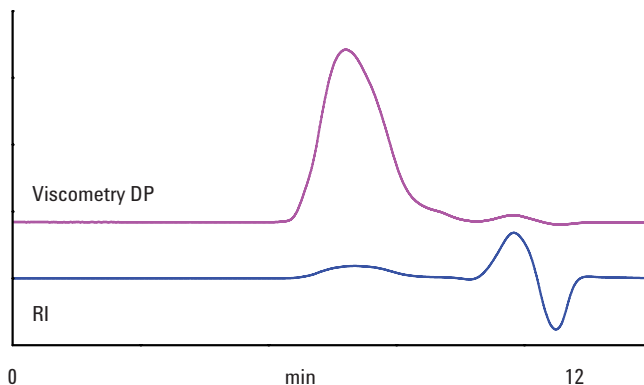


图 6. 使用配备 Agilent PL aquagel-OH 30 双色谱柱组的安捷伦 PL-GPC 50 系统分析羧甲基纤维素样品的示差折光/粘度原始数据的色谱图

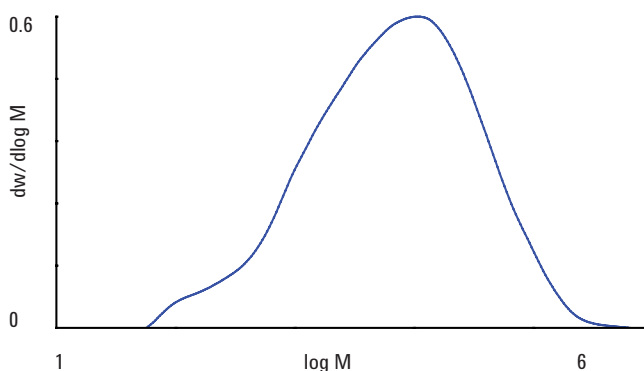


图 7. 羧甲基纤维素的分子量分布图

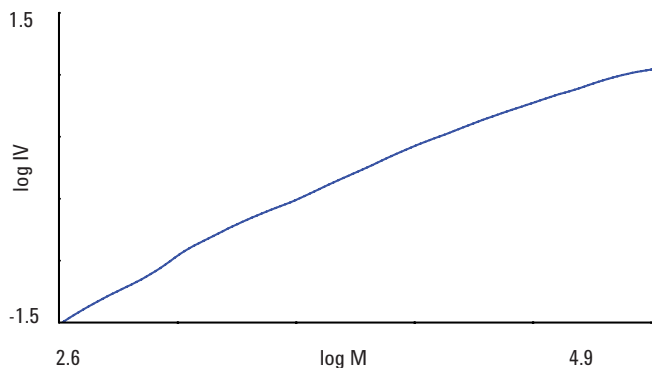


图 8. 羧甲基纤维素样品的 Mark-Houwink 图

## 淀粉

淀粉是含有葡萄糖的多糖，直链淀粉和支链淀粉的比例大约是 30:70，根据来源不同略有不同。它们在工业上用途很广，在食品工业中扮演非常重要的角色。淀粉的产地不同将导致不同的性质，因此在食品中具有不同的最终用途。例如，玉米淀粉适用于糖果产品而马铃薯淀粉用于加工肉制品。同时它们都可以用于烹调中的增稠剂。聚合物的分子量分布和分子量决定了它的一些最终特性，从而决定其最终对于不同应用的适用性。

凝胶渗透色谱采用粘度检测器、示差折光检测器以及通用的校准方法，用于测定诸如淀粉等生物聚合物的精确分子量，因此无需使用标准品在色谱柱上进行校准。使用这些技术对两种淀粉进行了分析。PLgel Olexis 色谱柱专门设计用于极高分子量聚合物如淀粉的分析，因此使用其进行检测。该色谱柱能分离的分子量最高可达 100000000 g/mol（聚苯乙烯的四氢呋喃溶液），填充 13  $\mu\text{m}$  填料以优化柱效和分离度，而不会在分析过程中发生样品断裂降解。





图 9 是用示差折光检测器和粘度检测器得到的淀粉典型色谱图。图 10 是两种不同淀粉及其分子量分布的比较，图 11 为 Mark-Houwink 曲线叠加图。

采用 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统和 PLgel Olexis 色谱柱，用通用的校准技术分析两种淀粉样品，表明分子量分布完全不同，其中一种有双峰分布。这说明两种材料具有不同的增稠性。

Mark-Houwink 图的不同表明材料的结构差异极大，这是由于独立的样品来源造成的。

#### 分析条件 (图 9 到 11)

色谱柱: 3 x Agilent PLgel Olexis, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1110-6400)  
 样品: 淀粉  
 样品浓度: 2 mg/mL, 用洗脱液溶解  
 洗脱液: DMSO:DMAc (4:1) + 0.1% LiBr  
 流速: 1.0 mL/min  
 温度: 60 °C  
 仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、柱温箱、手动进样器, 配置 DRI、粘度检测器

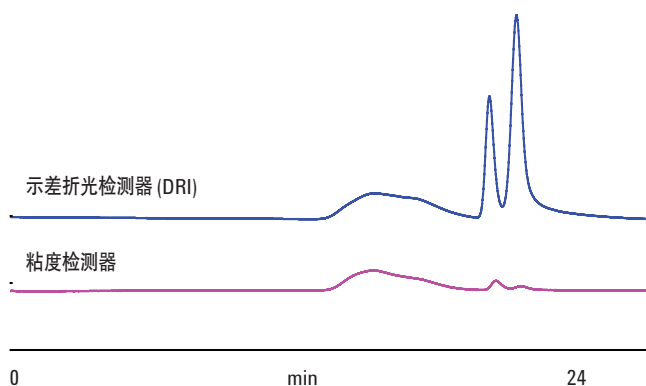


图 9. 采用配备 Agilent PLgel Olexis 三色谱柱组的 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统分析淀粉得到的粘度检测和示差折光检测色谱图

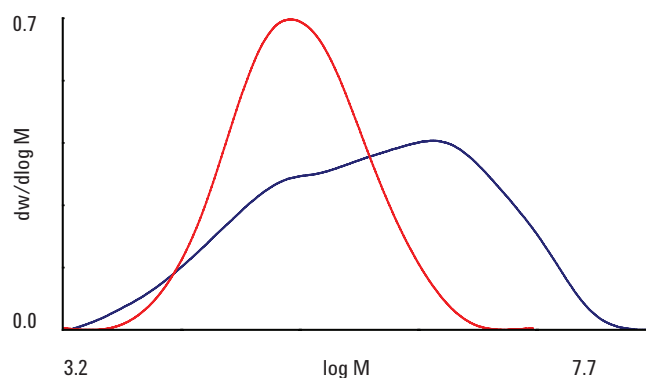


图 10. 两种淀粉样品的分子量分布 (MWD) 叠加图。MWD 的不同说明了它们具有不同的物理性质

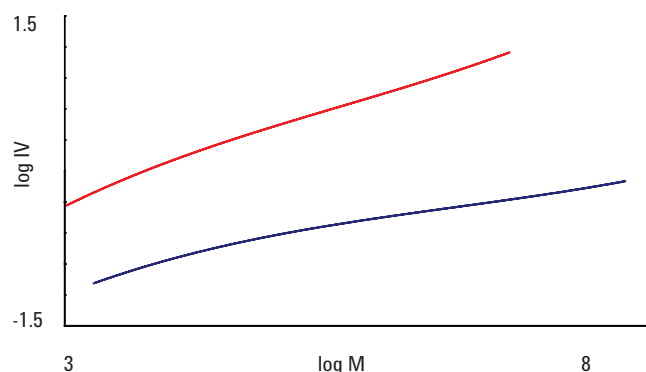


图 11. 两种淀粉样品的叠加 Mark-Houwink 图显示了它们结构间的显著差别，一种样品在溶液中的体积更小，因此与另一种相比其粘度更为本征，这可能是由于两种材料含有不同的支链化造成的

## 玉米粉

玉米粉或玉米淀粉是玉米谷粒胚乳研磨后的玉米粒淀粉。该淀粉包含两种结构不同的多糖，即直链淀粉和支链淀粉。在玉米粉中，直链淀粉和支链淀粉的比例通常是 25:75 左右，当与水混合后，玉米粉成为一种非牛顿流体，给予轻轻地压力但是不宜突然冲击，就表现出典型的剪切增稠性。玉米粉由于其增稠性和抗凝性在食品工业中得到广泛应用。

两种来源不同的玉米粉样品作为食品中的增稠剂显示出不同的性质。这种现象被认为是由于线性直链淀粉和高度支链化中淀粉多糖的含量变化所致。为了研究材料的分子结构，使用集成 GPC 系统进行分析。使用通用校准方法测定分子量分布，使用  $\log$ （固有粘度）作  $\log$ （分子量）函数的 Mark-Houwink 图比较样品的结构。支链淀粉含量的增加导致分子尺寸缩小，在 Mark-Houwink 曲线上显示为向下偏离。

使用配备 PL-GPC 50 DRI 检测器和粘度检测器以及 PLgel 10  $\mu\text{m}$  MIXED-B 色谱柱的 PL-GPC 50 分析玉米粉，即使在苛刻的洗脱条件下也能给高分子量聚合物以高分离度分离。

图 12 是玉米粉样品的色谱图。样品的分子量分布明显不同，见图 13，直链淀粉和支链淀粉含量变化的影响可以从 Mark-Houwink 曲线中的位移看出（图 14）。

结果所示两种玉米粉在溶液中具有完全不同的大小，说明材料之间的结构差异。最有可能是由于两种样品中直链淀粉和支链淀粉的比例不同导致。鉴于这些分子大小不同，仅使用一个示差折光检测器的常规 GPC 法会出现异常的结果，这是因为分子大小是由常规 GPC 计算的分子量导出。



分析条件 (图 12 到 14)

色谱柱: 3 x Agilent PLgel 10  $\mu$ m MIXED-B, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6100)  
样品: 玉米粉  
样品浓度: 2 mg/mL, 用洗脱液溶解  
洗脱液: 二甲亚砜 + 0.1% LiBr  
流速: 1.0 mL/min  
温度: 50 °C  
仪器: Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统, 配置 DRI, 粘度检测器

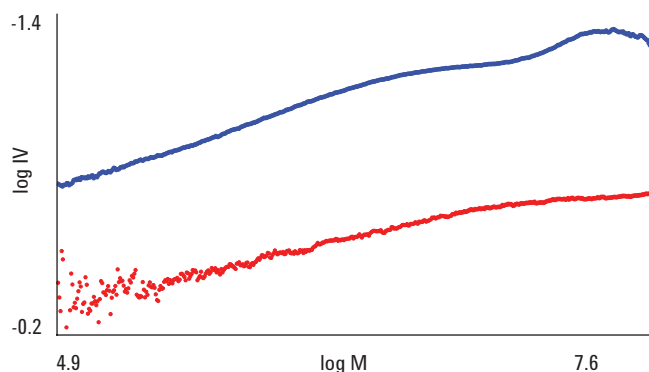


图 14. 两种玉米粉样品的 Mark-Houwink 叠加图

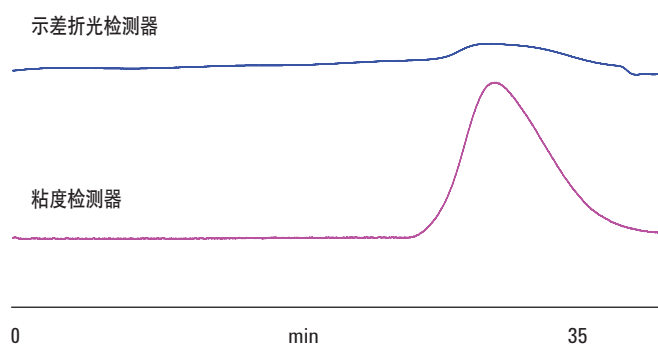


图 12. 由使用 Agilent PLgel 10  $\mu$ m MIXED-B 色谱柱的 Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统分析其中一种玉米粉的色谱图

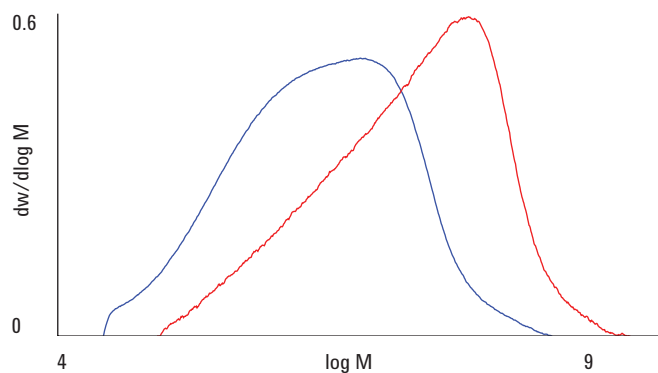


图 13. 两种玉米粉的分子量分布叠加图

## 普鲁兰多糖和葡聚糖

由于生物合成方式的不同，许多多糖显示出极大地结构差异。结构的不同多见于多糖聚合物链上支链的差异，这会对诸如黏度等性质产生强烈的影响。普鲁兰多糖由麦芽三糖单元组成的聚合物骨架，产生于真菌作用的淀粉。普鲁兰多糖具有线性结构，而葡聚糖来自于细菌作用的蔗糖，是一种具有许多不同成分和高度支链化结构的复杂聚糖。研究多糖的结构对于确定它们在实际应用（如，食品添加剂）中具有何种性质是极有用处的。

使用 GPC 粘度检测分析两种多糖样品，普鲁兰多糖具有线性结构，葡聚糖是高度支链化结构。

图 15 是普鲁兰多糖样品的多检测器色谱叠加图。在 DRI 检测器上材料样品作为一个宽峰被洗脱出来，由于溶液的不平衡而带有一个来迟的小洗脱峰。

图 16 是这两种样品的精确分子量分布叠加图。由图可见，它们的分子量分布差异极大。

图 17 是两个样品的 log 固有粘度作为分子量函数的 Mark-Houwink 叠加图。与普鲁兰多糖相比，在任何给定的分子量下，葡聚糖的 Mark-Houwink 图明显向低本征粘度值位移。由于葡聚糖分子具有支链，因而在分子量范围内葡聚糖在溶液中的分子尺寸比普鲁兰更小。葡聚糖曲线较复杂并有一些斜率的变化，表明在分子量范围内的支链化程度不同，正如预期的那样，数据表明分子量较低则支链稍多些。

### 分析条件 (图 15 到 17)

色谱柱:	2 x Agilent PL aquagel-OH MIXED-M 8 $\mu$ m, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6801)
样品:	普鲁兰多糖和葡聚糖
样品浓度:	2 mg/mL, 用洗脱液溶解
洗脱液:	0.2 M NaNO <sub>3</sub> + 0.01 M NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
进样量:	200 $\mu$ L
流速:	1.0 mL/min
温度:	40 $^{\circ}$ C
仪器:	Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、柱温箱、手动进样器, 配置 DRI、粘度检测器

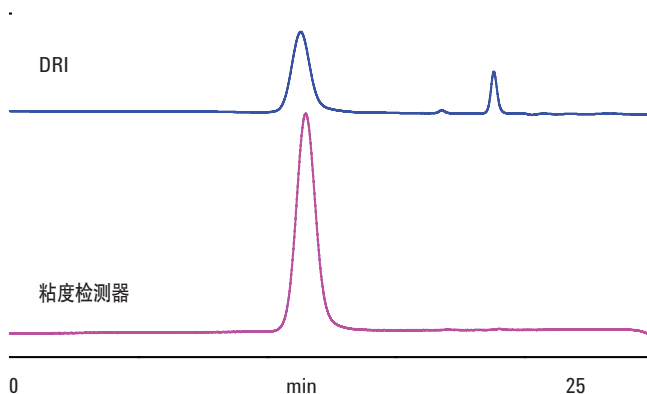


图 15. 用配备 Agilent PL aquagel-OH MIXED-M 色谱柱的 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统分析普鲁兰多糖得到的多检测器叠加色谱图

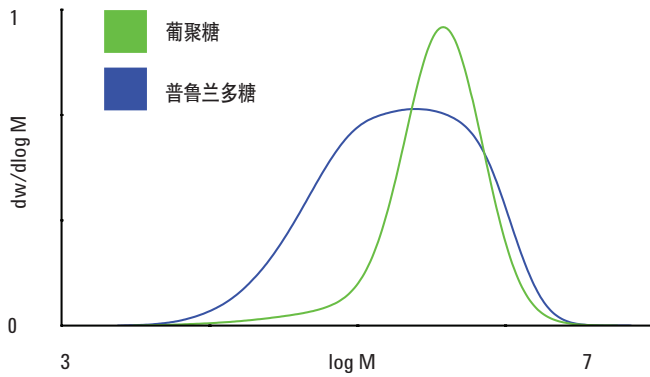


图 16. 两种多糖样品的多检测器分子量分布叠加图

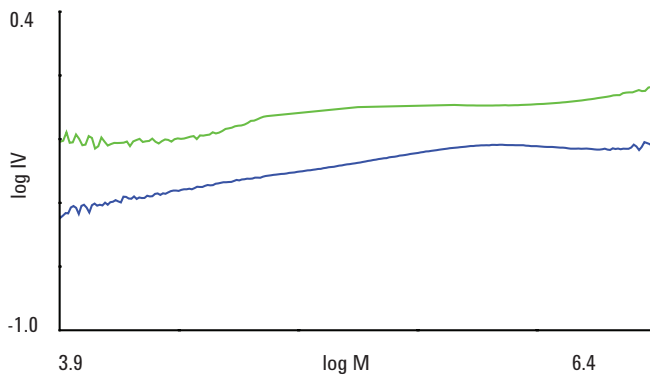


图 17. 两种多糖样品的 Mark-Houwink 叠加图

数据说明如何使用 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统，当连接上可分析超高分子量水溶性聚合物的高分离度 SEC 色谱柱时，能清晰地观察到普鲁兰多糖和具有高度支链化结构的葡聚糖之间的结构差异。

葡聚糖也可以使用单检测器 GPC 分析，结果见图 18。在该分析中，使用了葡聚糖的一种窄分布多分散标准品。

条件

- 色谱柱: 2 x Agilent PL aquagel-OH MIXED-M 8  $\mu$ m, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6801)
- 样品: 窄分布葡聚糖标准品
- 样品浓度: 2 mg/mL
- 洗脱液: 0.2 M NaNO<sub>3</sub>, 0.01 M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 7
- 进样量: 200  $\mu$ L
- 流速: 1.0 mL/min
- 温度: 40 °C
- 仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、柱温箱、手动进样器，配置 DRI

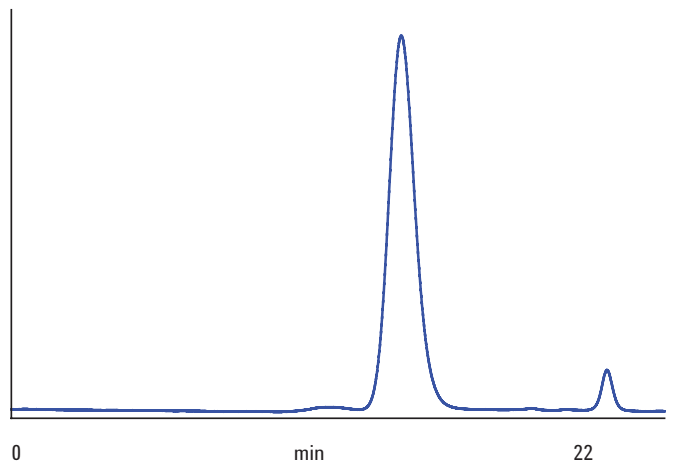


图 18. 在安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-M 双色谱柱组上分析窄分布多分散葡聚糖所得的典型色谱图

## 明胶

食品级明胶是食品工业用作增稠剂的生物衍生材料。明胶的 SEC 分析能够获得决定聚合物物理性质的（如凝固性）至关重要的分子量信息。使用线性 PL aquagel-OH MIXED-H 8  $\mu\text{m}$  色谱柱。这些色谱柱的最高分离范围可达 10000000 g/mol（相对于聚乙二醇/聚环氧乙烷体系），是一种能在简化色谱柱的选择并提供通用的分析系统的情况下，于极宽分子量范围内提供卓越分离度的色谱柱。

在缓冲液中加入 0.1 M NaOH 调节 pH 以配制洗脱液。用洗脱液精确配制浓度为 1.0 mg/mL 的样品。用浓度为 1.0 mg/mL 普鲁兰多糖标准品用于光散射检测器的第一次校准。根据校正物的已知浓度以及  $M_p$  和  $dn/dc$ ，计算出系统的检测器常数和检测器内体积，从而计算分子量。

由于明胶样品制备浓度已知，因而能从折光率 (RI) 色谱图中计算出明胶样品的  $dn/dc$ 。然后使用该  $dn/dc$  数值，根据  $90^\circ$  到  $15^\circ$  的光散射数据计算主体重均分子量值。

对于使用双角度光散射信号分析的明胶样品，RI 和光散射数据也用于实现 SEC 逐段式分子量的计算。主体重均分子量值为 174000 ( $90^\circ$ )、189850 ( $15^\circ$ ) 和 184800 (SEC)。

图 19 是明胶样品的 RI 以及  $90^\circ$  和  $15^\circ$  光散射数据。光散射检测对较高分子量更灵敏，因此，与 RI 色谱图相比， $90^\circ$  和  $15^\circ$  光散射色谱更多用于高分子量材料的检测。由于样品、溶剂和洗脱液之间的组成差异，RI 色谱图中还包含负峰，这在光散射色谱中没有的。

### 条件

色谱柱:	2 x Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 8 $\mu\text{m}$ , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6800)
样品:	明胶
样品浓度:	2 mg/mL, 用洗脱液溶解
洗脱液:	0.2 M $\text{NaNO}_3$ + 0.01 M $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , pH 7
流速:	1.0 mL/min
仪器:	Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统, 等梯度泵, 手动进样器, 配置双角度光散射检测器和 DRI

PL aquagel-OH MIXED-H 8  $\mu\text{m}$  柱可分离的分子量范围很宽，特别适合分析具有中到高分子量的水溶性聚合物。使用简单的缓冲溶液作为洗脱液用于明胶的分析，减小样品和色谱柱之间的相互作用，确保获得良好的色谱图。

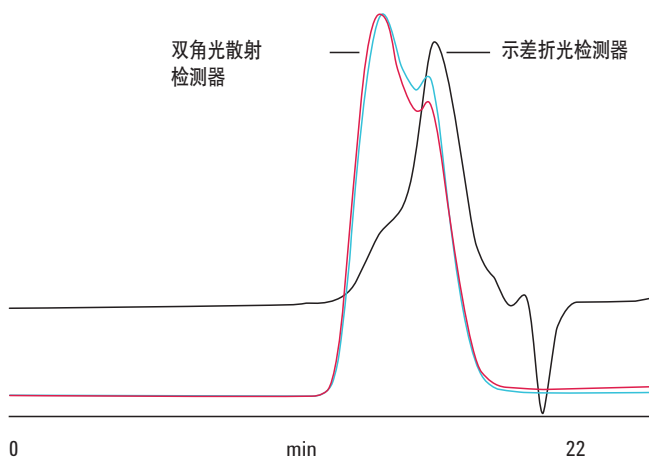


图 19. 使用 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统和 Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 双柱组合得到的明胶样品的示差折光和  $90^\circ$  与  $15^\circ$  光散射数据



## 树胶类

胶类是广泛用于食品工业中的复杂多糖，作为粘度调节剂或凝胶剂使用，在很多食品中能起到固定特定形状及增稠作用。大多数来自于天然产品，如海藻或刺槐豆。其它通过微生物发酵或动物组织中提取得到。相反，纤维素胶能通过纤维素和氯乙酸反应合成得到。这些水溶性聚合物的物理性质和可加工性与它们的分子量分布有关，可用水相体积排阻色谱测定。

阿拉伯胶是一种天然胶，取自阿拉伯胶树硬化的树液。产自于非洲萨赫勒地带 (Sahel) 和中东地区，是软饮和糖果中一种重要的成分。阿拉伯树胶聚合物组分间的比例差异很大。“好”和“差”的样品的分子量分布对比说明了两批阿拉伯胶之间的明显差别，“差”的样品具有相当高的分子量（图 20）。

### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PL aquagel-OH 60 8  $\mu\text{m}$ , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6860),  
1 x PL aquagel-OH 40 8  $\mu\text{m}$ , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6840)

样品: 阿拉伯胶

样品浓度: 2 mg/mL, 用洗脱液溶解

洗脱液: 0.2 M  $\text{NaNO}_3$ , 0.01 M  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , pH 7

流速: 1.0 mL/min

仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、手动进样器, 配置 DRI

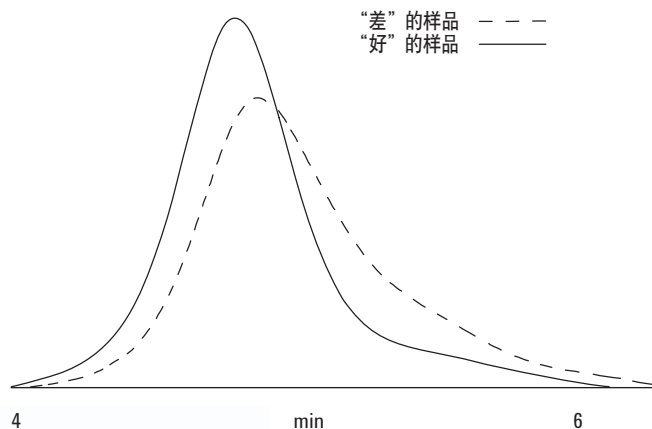


图 20. 在安捷伦 PL aquagel-OH 三色谱柱组上分析两批阿拉伯胶的分子量分布叠加色谱图





## 食品调味剂

许多现代食品中都含有调味剂，添加的目的是为了改善食品的味道并且增加吸引力。通常需要加入复杂的化学混合物才能形成独特的风味。分析和控制这些调味剂的相对含量是质量控制流程的关键环节，可确保产品的一致性。



我们用 SEC 分析了一个调味剂样品，该样品含有几种低分子量麦芽糊精和作为载体的高分子量淀粉。这类调味剂的性能取决于样品中麦芽糊精成分的相对分布。因此，选择用于分析这种调味剂的色谱柱时，应重点关注低分子量麦芽糊精的分离度，无需分析不太重要的淀粉。水相 SEC 是表征调味剂的有效工具，我们采用 PL aquagel-OH 30 8  $\mu\text{m}$  色谱柱，缓冲液 pH 为 7，用 RI 检测。



PL aquagel-OH 柱的洗脱条件非常宽泛，能够为具有中性、离子和疏水部分的待测物提供高效分析，无论它们单独存在的还是混在一起。使用窄分子量分布的普鲁蓝多糖标样进行了校正。

图 21 为该食品添加剂的色谱图。在高分子量处一些淀粉成分会发生部分分离，但主要部分都被排阻，在该组合柱设置的排阻限（大约 9 分钟）附近出现一个尖锐的色谱峰。该调味剂的麦芽糊精从淀粉中分离出来，被分成带几个小肩峰的三个色谱峰，图中显示了和多糖有关的主要成分的 Mp 值。定量测定各麦芽糊精成分的相对峰高，可以对该调味剂进行质量控制。

#### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PL aquagel-OH 30 8  $\mu\text{m}$ , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1120-6830)  
样品: 淀粉中的麦芽糊精  
洗脱液: 0.2 M  $\text{NaNO}_3$  + 0.01 M  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  pH 7  
流速: 1.0 mL/min  
仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、手动进样器，配置 DRI

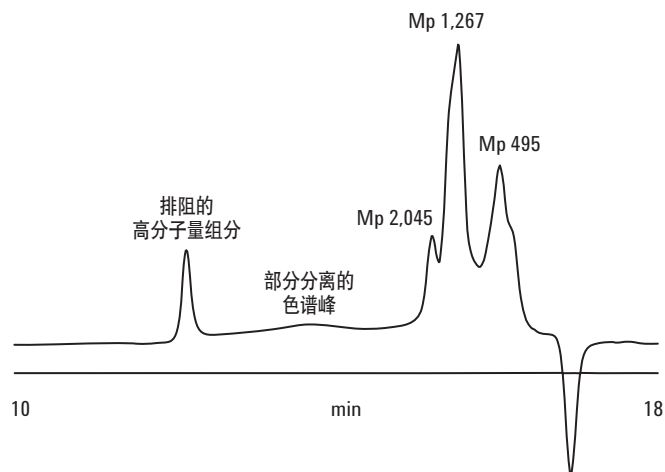


图 21. 食品添加剂的原始数据色谱图

使用 PL aquagel-OH 色谱柱进行 SEC 分析，研究人员可重点关注高分子量淀粉中的低分子量麦芽糊精的分离，这非常有利于这些重要食品添加剂的质量控制。





# 煎炸油脂

通过凝胶渗透色谱有机相洗脱可以评估煎炸油脂的纯度。

分析包括根据溶液中分子的大小对低聚甘油酯进行分离。可以将煎炸油脂中的主要成分（单甘酯）与少量成分（甘油二酯和甘油三酯）相分离（图 22 和表 1），然后进行定量分析，获得与单甘酯纯度相关的信息。

## 条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 5  $\mu\text{m}$  500 $\text{\AA}$ , 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6525)  
样品: 煎炸油脂  
样品浓度: 0.5%  
洗脱液: THF (稳定后)  
进样量: 20  $\mu\text{L}$   
流速: 1.0 mL/min  
仪器: Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统, 配置 DRI

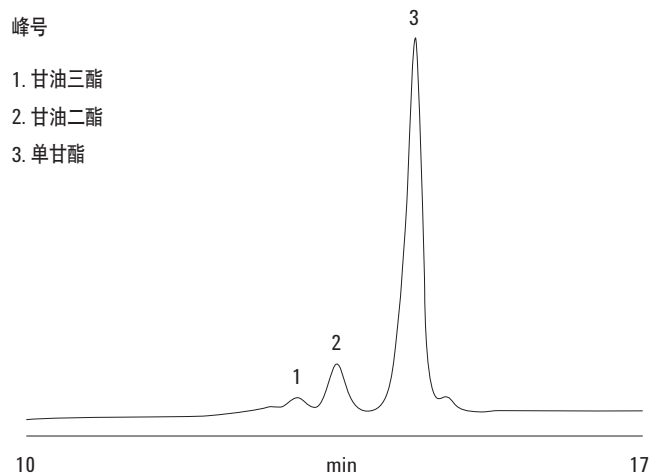


图 22. 用安捷伦 PLgel 5  $\mu\text{m}$  色谱柱分离煎炸油脂中的三种甘油酯

表 1. 三种煎炸油脂甘油酯的色谱表征

色谱峰	保留时间 (min)	峰面积 [%]
1	12.97	5.3
2	13.55	11.3
3	14.68	83.4

可以用 PLgel 柱凝胶渗透色谱测定煎炸油脂等复杂原料中的成分比例。

在煎炸过程中，各种化学反应形成高分子量的多种化合物。煎炸系统空气的存在和脂肪的受热，启动了热循环和热氧化分解，其结果产生多种聚合物。脂肪的质量和性质取决于这些较高分子量物质的含量。

图 23 和 24 是典型分离动植物甘油三酯的图谱。可以用传统的示差折光检测器进行色谱峰检测（如图 23 所示）。另一种检测方法是蒸发光散射检测器，它可以提高灵敏度和改善基线稳定性，有助于定量测定（见图 24）。IUPAC 文章<sup>1</sup>中概括了该方法和它的验证。

#### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 5  $\mu\text{m}$  100Å, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6520)  
洗脱液: THF  
流速: 0.5 mL/min  
仪器: Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统, 配置 DRI  
(图 22) 或 Agilent 1260 Infinity ELSD (图 23)

#### 峰号

1. 聚合物
2. 甘油三酯
3. 甘油二酯
4. 单甘酯
5. 脂肪酸

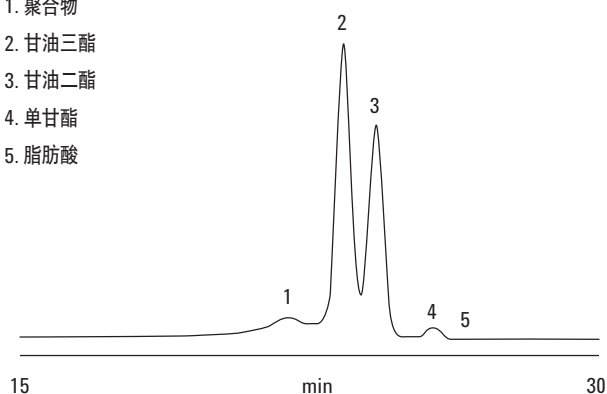


图 23. 用安捷伦 PLgel 5  $\mu\text{m}$  双柱组合和示差折光检测器分析鱼油

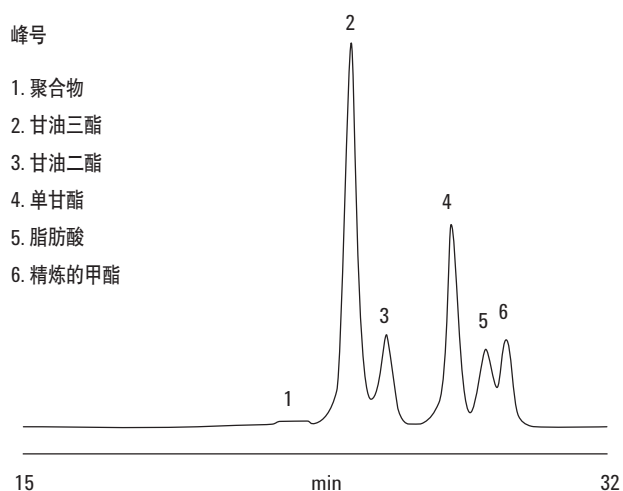


图 24. 与示差折光检测器相比，通过安捷伦 PLgel 5  $\mu\text{m}$  双柱组合分离葡萄籽油时采用蒸发光散射检测器可获得更高的基线稳定性和灵敏度

使用 PLgel 5  $\mu\text{m}$  色谱柱的凝胶渗透色谱是定量测定煎炸油脂中甘油三酯的有效方法。如果主要目的是色谱峰检出，则常规的示差折光检测器即已足够。但对于定量分析，用安捷伦蒸发光散射检测器可以改善灵敏度和基线稳定性。

烷基甘油酯是煎炸油脂中常见的不相关联的分子。PLgel 3  $\mu\text{m}$  100Å 是为分析这类复杂混合物中低分子量分子而专门设计的色谱柱。在这个例子中，用这种色谱柱分析烷基甘油酯，并从复杂的烷基甘油酯混合物（如存在于煎炸油脂中）中分离各个化合物。

#### 参考文献

1. P. Wolff, F.X. Mordret, A. Dieffenbacher. *Pure and App. Chem.*, **63**, 1163 (1991)

样品用四氢呋喃配制，进样前无需进一步处理。图 25 为十二烷基和十八烷基单甘酯、甘油二酯和甘油三酯的两张叠加色谱图，说明用这种高效柱可以实现基线分离。

图 26 是对烷基甘油酯复杂混合物的分离。虽然用两根色谱柱还不可能实现基线分离，但双柱组合已从混合物中分离出了各组分，适当校正后可进行分子鉴定。

#### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 3  $\mu\text{m}$  100 $\text{\AA}$ , 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6320)  
样品: 烷基甘油酯  
样品浓度: 0.2% (w/v)  
洗脱液: THF  
进样量: 20  $\mu\text{L}$   
流速: 1.0 mL/min  
仪器: Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统, 配置 DRI

#### 峰号

1. 硬脂酰单甘酯
2. 硬脂酰甘油二酯
3. 硬脂酰甘油三酯
4. 月桂酰单甘酯
5. 月桂酰甘油二酯
6. 月桂酰甘油三酯

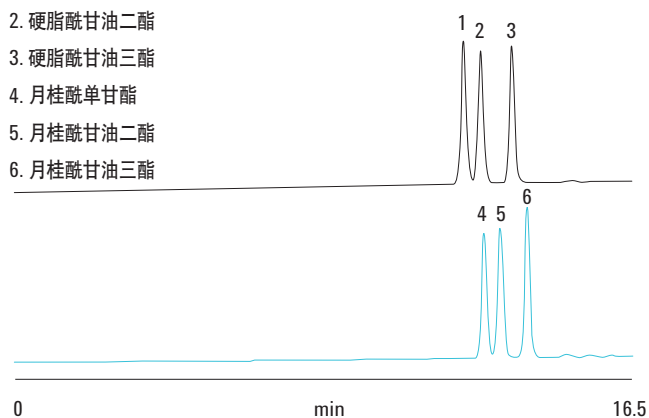


图 25. 月桂酰和硬脂酰单甘酯、甘油二酯和甘油三酯的叠加色谱图，表明用高效的安捷伦 PLgel 3  $\mu\text{m}$  色谱柱可以实现基线分离

#### 峰号

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. 三硬脂酰甘油酯<br>(891.5 g/mol) | 5. 二肉豆蔻酰甘油酯<br>(512.8 g/mol) |
| 2. 三棕榈酰甘油酯<br>(807.3 g/mol) | 6. 二月桂酰甘油酯<br>(456.7 g/mol)  |
| 3. 二硬脂酰甘油酯<br>(635.0 g/mol) | 7. 棕榈酰单甘酯<br>(330.5 g/mol)   |
| 4. 二棕榈酰甘油酯<br>(568.9 g/mol) | 8. 月桂酰单甘酯<br>(274.4 g/mol)   |

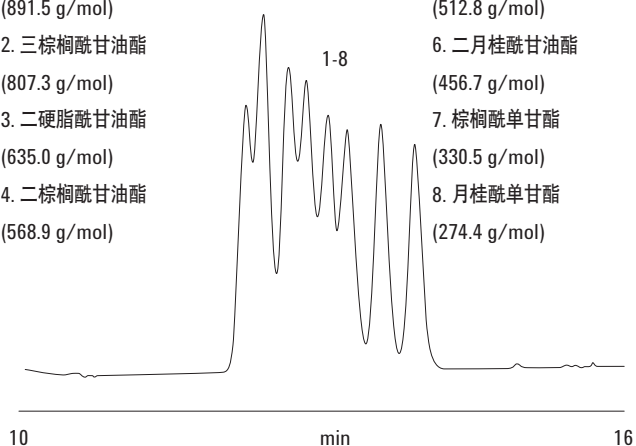


图 26. 用安捷伦 PLgel 3  $\mu\text{m}$  双柱组合分离烷基甘油酯混合物中的各组分

根据下列方程，再增加一根色谱柱可以进一步提高分离度：

$$R_{sp} = \frac{0.25}{\sigma D}$$

式中， $R_{sp}$  代表特定的分离度， $\sigma$  是峰变量（与峰宽有关）， $D$  是校正曲线的斜率。增加分析所用的色谱柱数量，将降低校正曲线的斜率。



# 农药

## 菜籽油 (低芥酸菜籽油)

菜籽油是健康的色拉油和家庭烹调油，通常只有 7% 的不饱和脂肪含量。这种油还富含亚麻酸，被确认为对健康大有益处的一种‘Omega 3’脂肪酸。

收获的菜籽油通常可能含有作物栽培时施加的痕量农药。为了保证食品安全，必须对农药水平进行密切监测，以免给健康造成任何不利影响。GPC 可以分离污染菜籽油中的有毒农药。将这些分析型分离按比例放大到制备型 GPC，可以离析出大量单独组分，用于进一步分析或进行化合物评估。

首先，我们对菜籽油样品在分析柱上的最佳上样量进行了分析。根据分析型分离获得的结果确定了制备放大的条件。

不同浓度菜籽油的分析色谱图见图 27。这些色谱图表明，油和添加剂可以在 7.0% 的浓度下进行分析，分离度无严重损失。相同浓度的制备型分离见图 28。



#### 条件 (分析型)

色谱柱: Agilent PLgel 10  $\mu\text{m}$  100 $\text{\AA}$ , 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6120)  
样品: 菜籽油  
样品浓度: 7.0% (w/v)  
洗脱液: 二氯甲烷  
进样量: 200  $\mu\text{L}$   
流速: 1.0 mL/min, 1.0 mL/min 至检测器  
仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、手动进样器, 配置 DRI

#### 条件 (制备型)

色谱柱: Agilent EnviroPrep, 25 x 300 mm  
(部件号 PL1210-6120EPA)  
样品: 菜籽油  
样品浓度: 7.0% (w/v)  
洗脱液: 二氯甲烷  
进样量: 2 mL  
流速: 10.0 mL/min, 0.5 mL/min 至检测器  
仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、手动进样器, 配置 DRI

采用示差折光检测和 EnviroPrep 色谱柱的凝胶渗透色谱是一个对食品样品中农药进行高分离度分离的简单系统。在这个例子中, 用一个简单的上样研究确定了制备放大的条件, 成功地从菜籽油中分离出了一种农药。

EnviroPrep 柱填充了高分离度大孔填料, 可用于任何制备型高压液相色谱系统。大孔填料为高度交联的刚性、持久性孔隙结构, 可确保高分离度分离, 尤其是不需要高上样量时。

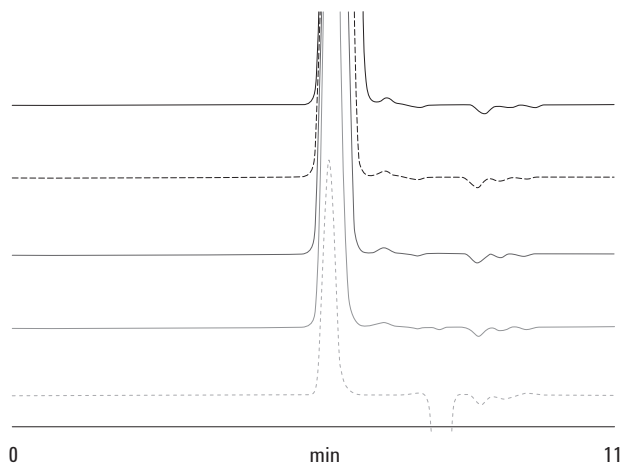


图 27. 浓度范围从 1.0 到 7.0% (w/v) 的一系列菜籽油分析色谱图。这些色谱图表明, 油和添加物可以在 7.0% (w/v) 的浓度下进行分析, 分离度无严重损失

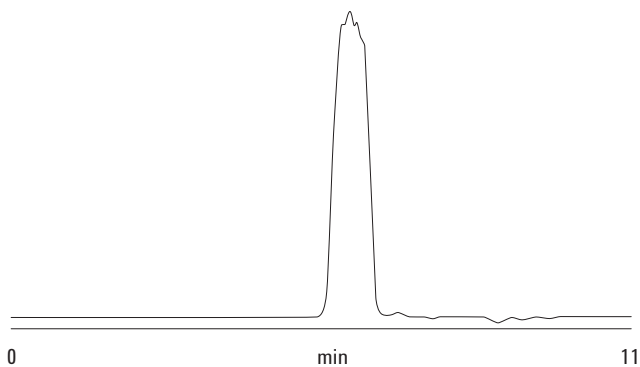


图 28. 浓度为 7.0% (w/v) 的菜籽油制备型 GPC 色谱图

## 鲭鱼

作为食品安全计划的一部分，需要对海产品样品中农药六氯环己烷 (1,2,3,4,5,6- $C_6H_6Cl_6$ ) 的含量进行评估。采用凝胶渗透色谱是因为它是一项净化食品和环境样品的简单技术。选择 EnviroPrep 色谱柱进行分离。EnviroPrep 柱的低孔径排阻了高分子物质，最大限度地将这些干扰物与感兴趣的低分子量组分分开。图 29 清楚地显示了可通过 EnviroPrep 色谱柱来分离高分子量类脂，在色谱柱上把它们从小分子农药中排除掉。从而能够收集溶剂中的纯农药，以便进一步分析。

### 条件

色谱柱:	2 x Agilent EnviroPrep, 25 x 300 mm (部件号 PL1210-6120EPA)
样品前处理:	将 1 g 鲭鱼浸软，用 50 mL 氯仿提取
样品:	鲭鱼
洗脱液:	四氢呋喃
流速:	10 mL/min
仪器:	Agilent 1260 Infinity 等梯度泵, 手动进样器, 配置 DRI

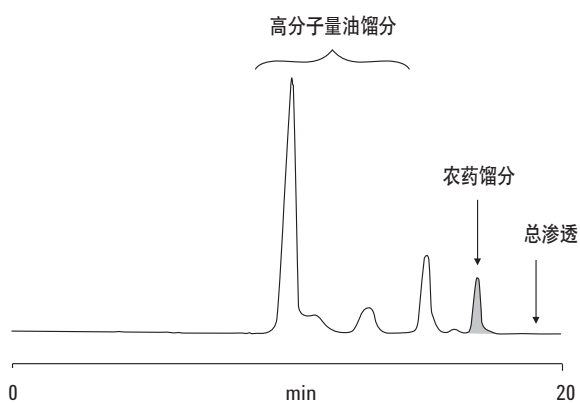


图 29. 色谱图清楚地显示，可以用 Agilent EnviroPrep 色谱柱排阻高分子量类脂，在色谱柱上把它们从小分子农药中排除掉。从而能够收集溶剂中的纯农药，以便进一步分析

采用 EnviroPrep 柱的凝胶渗透色谱是用于食品样品中高分离度分离农药的简单系统。在这个例子中，我们将鲭鱼样品中干扰的高分子量类脂与低分子量农药分离。

要实现低浓度痕量组分的分离，EnviroPrep 大孔填料的刚性和精确的孔径提供无与伦比的分离度和峰形。另外，该色谱柱可用于任何液相色谱系统，能够在所需的流速下等度洗脱，以实现最高的灵活性。





## 包装

在食品行业中，聚合物的最大用途之一是用作包装材料。聚烯烃（如，聚乙烯）用于制作薄膜和模塑容器，机械强度和韧性等性质对于此类容器获得合适应用性能至关重要。GPC 是为人熟知的用于研究聚烯烃性质的技术，下列应用介绍了这类分析。



### 高分子量聚烯烃

聚烯烃包括从低分子量蜡到超高分子量的硬质塑料。聚烯烃的分子量分布与其物理性质如韧度、熔体粘度和结晶度直接相关。高分子量聚烯烃会表现出非常宽的分子量分布 (MWD)。对这类样品，因为可能会出现剪切降解，所以不能使用小孔径的小颗粒填料色谱柱，我们推荐您使用填充大孔径颗粒的 PLgel Olexis 色谱柱。



#### 条件

色谱柱:	3 x Agilent PLgel Olexis, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1110-6400)
样品:	聚乙烯类
洗脱液:	TCB + 0.015% BHT
进样量:	200 $\mu$ L
流速:	1 mL/min
温度:	160 $^{\circ}$ C
仪器:	Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统, 配置 DRI、粘度检测器

色谱峰错位这种假象会出现在混合型色谱柱中, 这源于不同孔体积填料搭配不匹配。错位会导致错误的形态信息和多分散性信息不准。避免错位是 PLgel Olexis 色谱柱设计纲要中不可分割的一部分。这些组分的精确混合为色谱柱提供了稳定的分子量分布, 提供 MWD 形状的真实反映 (图 30)。PLgel Olexis 是需要精确的多分散指数和形态信息研究的完美选择。

图 31 显示了使用 PLgel Olexis 色谱柱分析一系列不同分子量分布的聚烯烃样品。峰形没有错位, 这些众多样品的峰形显示出真实的样品分子量分布信息。

拥有 PLgel Olexis 的准确分离能力, 分析人员可以确信不正常峰形是样品的真实反映而不是假象; 一些样品的不正常峰形是其形态的真实反映。这对反应机理和催化行为的研究非常重要 (图 32)。

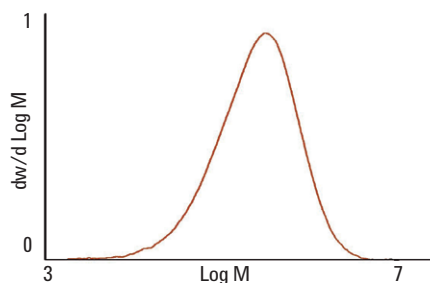


图 30. PLgel Olexis 色谱柱分析聚烯烃的分子量分布的真实表现

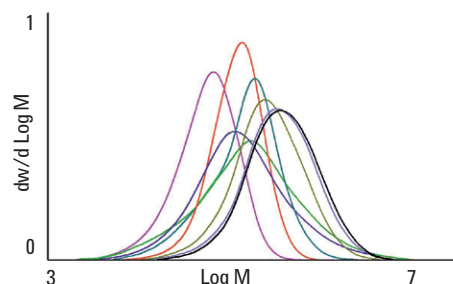


图 31. Agilent PLgel Olexis 分析揭示了一系列聚烯烃样品的分子量分布信息

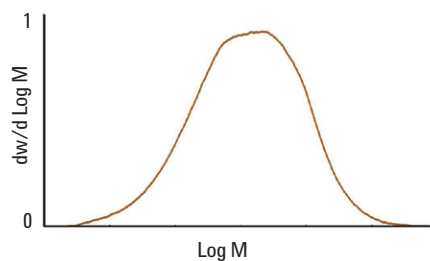


图 32. 使用 Agilent PLgel Olexis 柱揭示了峰形的真实变化, 该柱为多活性中心催化剂制造的多重模态材料



## 低分子量聚烯烃

原油或者石油是有机化工品的主要原料。主要化工品都是油的两种成分，即二甲苯和石脑油所衍生。然后这些原料分解成更基础的产品，例如聚乙烯、聚丙烯、合成橡胶、沥青和液态烃。

这些产品的表征通常采用 GPC 来实现。但为了优化分析，石油产品的多样性需要多种类型的 GPC 色谱柱。低分子量液态烃分析要求单一组分间的高分离度。如图 33 所示，在相当短的分析时间内，三个直链烃在 PLgel 5  $\mu\text{m}$  柱上很容易地实现了基线分离。

### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 5  $\mu\text{m}$  100Å, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6520)  
样品: 直链烃  
洗脱液: TCB  
流速: 1 mL/min  
温度: 145 °C  
仪器: Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统

### 峰鉴定

1.  $\text{C}_{36}\text{H}_{64}$
2.  $\text{C}_{22}\text{H}_{46}$
3.  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$

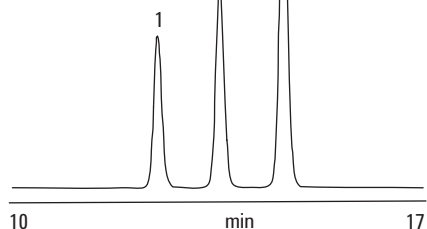


图 33. 用安捷伦 PLgel 色谱柱组合基线分离直链烃

图 34 显示了用 PLgel 3  $\mu\text{m}$  柱对所选低分子量直链烃的分离

### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 3  $\mu\text{m}$  100Å, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6320)  
样品: 直链烃  
洗脱液: TCB  
进样量: 20  $\mu\text{L}$   
流速: 0.8 mL/min  
温度: 145 °C  
仪器: Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统

### 峰鉴定

1.  $\text{C}_{36}$
2.  $\text{C}_{24}$
3.  $\text{C}_{20}$
4.  $\text{C}_{16}$
5.  $\text{C}_{12}$

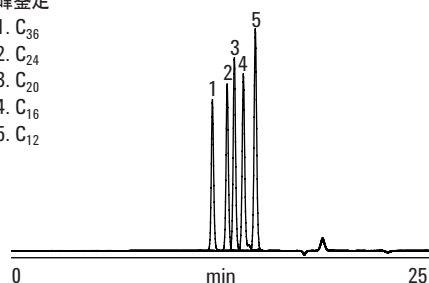


图 34. 低分子量烃类化合物的分离

PLgel 100Å 色谱柱的 GPC 排阻极限为分子量 4000（相对于聚苯乙烯）。中间产品可以使用 PLgel MIXED-D 色谱柱进行分析，该色谱柱的线性分子量分离上限可高达约 40 万分子量。5 μm 粒径保持了高柱效，因此只需要较少的色谱柱，分析时间相对短。图 35 是用 PLgel 5 μm MIXED-D 柱分离相对低分子量烃类得到的色谱图。

#### 条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 5 μm MIXED-D, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6504)  
样品: 直链烃  
洗脱液: TCB  
进样量: 200 μL  
流速: 1 mL/min  
温度: 160 °C  
仪器: Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统

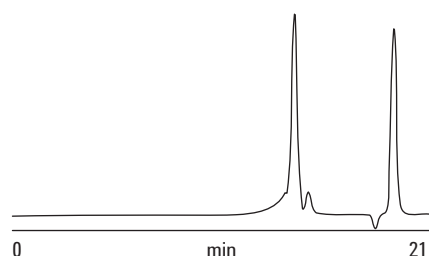


图 35. 低分子量蜡

## 高密度聚乙烯

具有高强度/密度比的高密度聚乙烯（即 HDPE）广泛用于制造塑料瓶及其瓶箱。HDPE 的分析包括长时间在高温下进行样品前处理。在这个例子中，我们用安捷伦 PL-SP 260VS 样品前处理系统制备了浓度为 2 mg/mL 的商品 HDPE，溶解温度为 160 °C，溶解时间为两个小时。将母料溶液分为八等分，分别派送到自动进样器样品瓶并放置在 Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统的自动进样器转盘上。加热区温度为 160 °C，预热区 80 °C（图 36）。

#### 条件

色谱柱: 3 x Agilent PLgel 10 μm MIXED-B, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6100)  
洗脱液: TCB + 0.0125% BHT  
进样量: 200 μL  
流速: 1 mL/min  
温度: 160 °C  
仪器: Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统

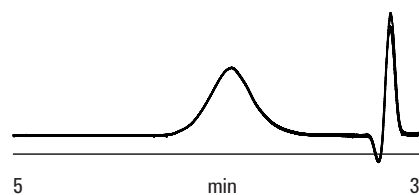


图 36. 八次 HDPE 连续进样所得原始数据的色谱叠加图

使用下述的马克-霍温克参数，对聚苯乙烯标样校准得到的数据进行分析，以获取聚丙烯分子量的平均值，如表 2 所示。

<sup>1</sup>聚苯乙烯溶于 TCB 中， $K = 12.1 \times 10^{-5}$   $\alpha = 0.707$

<sup>2</sup>聚乙烯溶于 TCB 中， $K = 40.6 \times 10^{-5}$   $\alpha = 0.725$

表 2. 高密度聚乙烯八次进样的结果总结

进样次数	Mn	Mp	Mw
1	17289	76818	333851
2	16988	77434	335496
3	17428	77514	332616
4	17521	77052	335635
5	17348	76520	334212
6	17487	77728	333511
7	16898	77578	335642
8	17717	77288	334923
平均值	17302	77241	334485
标准偏差	220	387	1048
% 变异系数	1.3	0.5	0.3

图 37 为连续八次进样 HDPE 样品计算得到的叠加分子量分布图，表明使用 Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统和 PLgel 10  $\mu\text{m}$  MIXED-B 色谱柱具有出色的重复性。

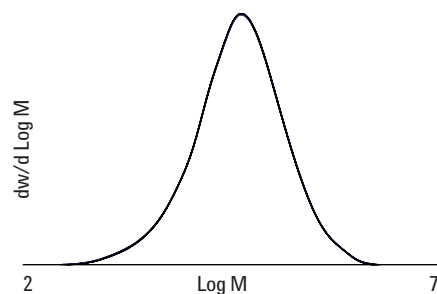


图 37. HDPE 连续八次进样的分子量叠加图



## 高密度聚丙烯

我们对高密度聚丙烯样品也进行了类似研究，制备浓度为 1.5 mg/mL。其他样品前处理过程与 HDPE 相同。图 38 显示了六次连续进样得到的原始数据的叠加色谱图。

### 条件

色谱柱: 3 x Agilent PLgel 10  $\mu$ m MIXED-B, 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL11110-6100)  
洗脱液: TCB + 0.0125% BHT  
进样量: 200  $\mu$ L  
流速: 1 mL/min  
温度: 160  $^{\circ}$ C  
仪器: Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统

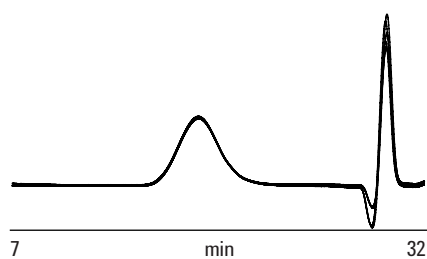


图 38. 六次 HDPE 连续进样所得原始数据的色谱叠加图

然后，使用下述的马克-霍温克参数对聚苯乙烯标样校准数据进行分析，以获得聚丙烯分子量的平均值，如表 3 所示。

<sup>1</sup>聚苯乙烯溶于 TCB 中,  $K = 12.1 \times 10^{-5}$   $\alpha = 0.707$

<sup>2</sup>聚乙烯溶于 TCB 中,  $K = 19.0 \times 10^{-5}$   $\alpha = 0.725$

表 3. 高密度聚丙烯样品连续六次进样的原始叠加色谱图

进样次数	Mn	Mp	Mw
1	127132	65086	185795
2	131893	65089	185236
3	128673	66802	186202
4	132062	67417	188048
5	131625	69320	188679
6	130227	69677	186188
平均值	130202	67232	186691
标准偏差	1693	1815	1239
% 变异系数	0.13	2.70	0.66

图 39 显示 HDPP 样品六次连续进样计算得到的分子量分布叠加图，显示出良好的重现性。

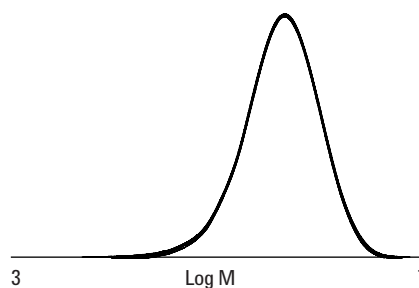


图 39. HDPE 连续六次进样的分子量叠加图

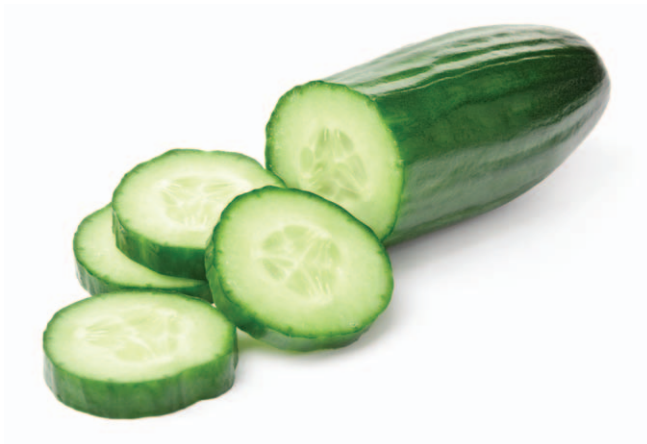
### 参考文献

1. H. Coll, D. K. Gilding. *J. Poly. Sci. Pt A-2: Poly. Phys.* **8**, 89 (1970).
2. T. G. Scholte, N. L. J. Meijerink, H. M. Schoffeleers, A.M.G. Brands. *J. Appl. Poly. Sci.* **29**, 3763 (1984).



## 蜡涂料

术语蜡用于描述具有相似外观和一致性的一系列物质。通常，蜡为白色或黄褐色，性状范围从可塑性软材料到更具抗性的硬质产品。



蜡通常有两种，一种是天然的可再生蜡，如巴西棕榈蜡或蜂蜡，另一种是原油产物，如石蜡。这两种蜡在食品行业中都被用作水果、蔬菜或糖果的保护涂层。例如，蜂蜡可以用作奶酪的可食用涂层，食品老化时提供保护。

蜡的溶解度与分子量密切相关。较低分子量的蜡可溶于四氢呋喃。但随着分子量增大，蜡变得又硬又脆（由于其结晶度更高），需要更强的溶剂（如三氯苯）才能溶解。THF 适合做蜂蜡的 GPC 洗脱剂。

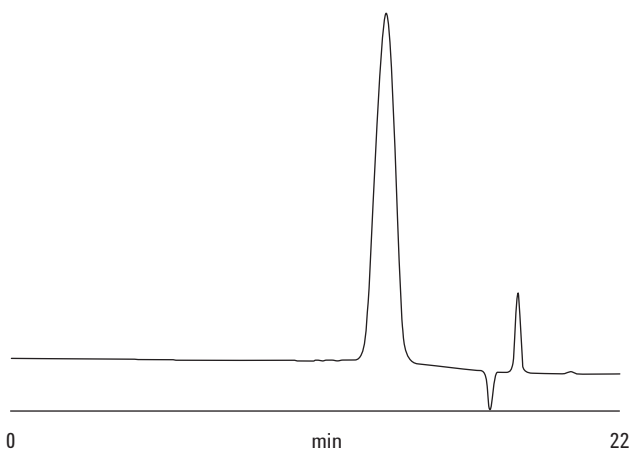


图 40. 用安捷伦 PLgel 3  $\mu\text{m}$  双柱组合分离蜂蜡所得的色谱图

蜂蜡是产自蜂巢的复杂产物。蜂蜡是一种坚固的黄色物质，几千年前就已被人们所了解，并得到了广泛应用。蜂蜡通常含有 15% 的部分不饱和烃、15% 游离脂肪酸和 70% 单羟基酯以及二聚酯和三聚酯。

条件

色谱柱: 2 x Agilent PLgel 3  $\mu\text{m}$  100 $\text{\AA}$ , 7.5 x 300 mm  
(部件号 PL1110-6320)  
样品: 蜂蜡  
洗脱液: THF (稳定后)  
进样量: 20  $\mu\text{L}$   
流速: 1.0 mL/min  
仪器: Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统、等梯度泵、手动进样器, 配置 DRI

蜂蜡以聚合物宽峰被洗脱, 表明其各组分在溶液中的尺寸相似 (图 40)。

# GPC/SEC 系统配置

下面的表格（4 到 13）将帮助您为您的应用选择合适的分析系统。它们会告诉您哪些部件是必需的，哪些是可选的。

## Agilent 1260 Infinity GPC/SEC 系统

表 4. 取所需的样品输送模块, 用于 Agilent 1260 Infinity GPC/SEC 系统



		样品输送模块			
		G1310B	G1322A	G1316A	G1329B
		1260 Infinity 等度泵	1260 Infinity 标准型脱气机	1260 Infinity 柱温箱	1260 Infinity 标准型自动进样器 或者 G1328C 1260 Infinity 手动进样器
应用		GPC/SEC 仅需要等度洗脱	推荐采用脱气溶剂进行 GPC 分析	高达 80 °C 的 TCC 可容纳两根 7.5 x 300 mm GPC 色谱柱	GPC/SEC 分析典型的进样量是 20、50、100 和 200 µL
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药	✓	✓	✓	✓
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓	✓	✓	✓
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓	✓
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓	✓	✓	✓
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓	✓	✓
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓	✓	✓	✓
蜡类	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡	✓	✓	✓	✓
紫外吸收的聚合物	如, 聚苯乙烯、聚苯乙烯丙烯腈、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丁二烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸	✓	✓	✓	✓

图标  
 ✓ 必选  
 ✓ 可选



表 5. 取所需的检测器和软件, 用于 Agilent 1260 Infinity GPC/SEC 系统



		检测器		控制、采集和分析软件	
		G1362A	G1314F	G7850AA	G7854AA
		1260 Infinity 示差折光检测器	1260 Infinity 可变波长检测器 或者 G1365D 1260 Infinity 多波长检测器	Agilent GPC/SEC 软件	Agilent GPC/SEC 仪器驱动程序
		包括 8 µL 流通池和 LAN 接口	用于单波长或多波长分析, 只有一个采集通道	独一无二的软件专用于 GPC 计算。仅限分析	提供仪器控制和数据采集
应用					
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药	✓		✓	✓
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓		✓	✓
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓		✓	✓
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓		✓	✓
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓		✓	✓
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓		✓	✓
蜡	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡	✓		✓	✓
紫外吸收的聚合物	如, 聚苯乙烯、聚苯乙烯丙烯腈、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丁二烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸	✓	✓	✓	✓

图标  
 ✓ 必选  
 ✓ 可选

## Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统

表 6. 取所需的样品输送模块, 用于 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统




		样品输送模块			
		G1310B	G1322A	G1316A	G1329B
		1260 Infinity 等度泵	1260 Infinity 标准型脱气机	1260 Infinity 柱温箱	1260 Infinity 标准型自动进样器 或者 G1328C 1260 Infinity 手动进样器
应用		GPC/SEC 仅需要等度洗脱	推荐采用脱气溶剂进行 GPC 分析	高达 80 °C 的 TCC 可容纳两根 7.5 x 300 mm GPC 色谱柱	GPC/SEC 典型的进样量是 20、50、100 和 200 µL
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药	✓	✓	✓	✓
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓	✓	✓	✓
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓	✓
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓	✓	✓	✓
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓	✓	✓
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚酯酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓	✓	✓	✓
蜡类	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡	✓	✓	✓	✓
紫外吸收的聚合物	如, 聚苯乙烯、聚苯乙烯丙烯腈、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丁二烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸	✓	✓	✓	✓

图标

✓ 必选

✓ 可选

表 7. 取所需的检测器, 用于 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统



		检测器				
		G7800A	G7800A#031	G7800A#032	G7800A#033	G1314F
		1260 Infinity GPC/SEC 多检测器套件	1260 Infinity GPC/SEC 示差折光检测器	1260 Infinity GPC/SEC 粘度检测器	1260 Infinity GPC/SEC 双角度光散射检测器	1260 Infinity 可变波长检测器 或 G1365D 1260 Infinity 多波长检测器
		包括用于数据采集和手动控制的集成控制模块	示差折光检测器, GPC 分析中最常用的检测器	粘度计, 用于进行通用校准	双角度光散射检测器, 15° 和 90°, 可以获得绝对重均分子量	用于单波长或多波长分析, 只有一个采集通道
应用						
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药	✓	✓			
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓	✓	✓	✓	
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓	✓	
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓	✓	✓	✓	
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓			
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓	✓	✓	✓	
蜡类	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡	✓	✓			
紫外吸收的聚合物	如, 聚苯乙烯、聚苯乙烯丙烯腈、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丁二烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸	✓	✓			✓

图标

✓ 必选

✓ 可选

表 8. 取所需的软件, 用于 Agilent 1260 Infinity 多检测器 GPC/SEC 系统



控制、采集和分析软件		
G7850AA	G7852AA	G7854AA
Agilent GPC/SEC 软件	安捷伦 GPC/SEC 多检测器升级	Agilent GPC/SEC 仪器驱动程序
独一无二的软件专用于 GPC 计算。仅限分析	升级为专用于多检测器 GPC 计算的安捷伦 GPC/SEC 软件	提供仪器控制和数据采集

应用			
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药	✓	✓
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓	✓
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓	✓
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓	✓
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓	✓
蜡类	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡	✓	✓
紫外吸收的聚合物	如, 聚苯乙烯、聚苯乙烯丙烯腈、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丁二烯、聚碳酸酯、聚丙烯酸	✓	✓

图标  
 ✓ 必选  
 ✓ 可选

## Agilent PL-GPC 220 高温 GPC/SEC 系统

表 9. 取所需的样品输送模块、软件、样品制备和检测器, 用于 Agilent PL-GPC 220 高温系统

应用		样品输送模块		附加检测器	
		G7820A	PL-GPC 220 一体化高温 GPC/SEC 系统	G7820A#032	G7820A#032
		完整的基本系统包括脱气机、泵、自动进样器、炉箱和 RI 检测器		PL-GPC 220 粘度检测器	PL-GPC 220 双角度光散射检测器
				粘度计, 用于进行通用校准。 安装在炉箱内	双角度光散射检测器, 15° 和 90°, 可以获得绝对重均分子量, 安装在炉箱内
聚酰胺	如聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓	✓
聚烯烃	如, 聚乙烯、聚丙烯、 乙烯-降冰片烯共聚物	✓	✓	✓	✓
蜡类	如聚乙烯蜡	✓	✓	✓	✓
EVA 共聚物	如醋酸乙烯酯-乙烯共聚物	✓	✓	✓	✓
PBT	如环氧树脂、聚氨酯、 丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓	✓	✓

应用		控制、采集和分析软件			样品制备
		G7850AA	G7852AA	G7820A#040	G7820A#065
		Agilent GPC/SEC 软件	Agilent GPC/SEC 多检测器升级	PL DataStream	PL-SP 260VS 样品制备系统
		独一无二的软件专用于 GPC 计算。仅限分析	升级为专用于多检测器 GPC 计算的 GPC/SEC 软件	需要多达四个数据通道的数据采集 (A/D 转换器)	样品制备和过滤系统, 带搅拌, 可加热到 250 °C
聚酰胺	如: 聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓	✓
聚烯烃	如: 聚乙烯、聚丙烯、 乙烯-降冰片烯共聚物	✓	✓	✓	✓
蜡类	如: 聚乙烯蜡	✓	✓	✓	✓
EVA 共聚物	如: 醋酸乙烯酯-乙烯共聚物	✓	✓	✓	✓
PBT	如: 环氧树脂、聚氨酯、 丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓	✓	✓
PPS	聚对苯二甲酸丁二醇酯	✓	✓	✓	✓

图标

✓ 必选

✓ 可选

## Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统

表 10. 取所需的样品输送模块, 用于 Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统




		样品输送模块		
		G7810A	G7810A#011	G7810A#060
		PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统	配备脱气机的 PL-GPC 50	PL-GPC 50 自动进样器
应用		完整的基本系统包括泵、进样阀、柱温箱和 RI 检测器	带有增加的内置脱气机。不能反向安装。强烈推荐	56 个样品瓶位置。可分割样品盘分别适用于 2 mL 和 4 mL 样品瓶
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药	✓	✓	✓
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓	✓	✓
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓	✓	✓
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料	✓	✓	✓
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓	✓	✓
蜡类	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡	✓	✓	✓

图标

✓ 必选

✓ 可选

表 11. 取所需的检测器和软件, 用于 Agilent PL-GPC 50 一体化 GPC/SEC 系统

		附加检测器		控制、采集和分析软件		
		G7810A#032	G7810A#033	G7850AA	G7852AA	G7854AA
		PL-GPC 50 粘度检测器	PL-GPC 50 双角度光散射检测器	Agilent GPC/SEC 软件	安捷伦 GPC/SEC 多检测器升级	Agilent GPC/SEC 仪器驱动程序
		粘度计, 用于进行通用校准。安装在 PL-GPC 50 单元内	双角度光散射检测器, 15° 和 90°, 可以获得绝对重均分子量安装在 PL-GPC 50 单元内	独一无二的软件专用于 GPC 计算。仅限分析	升级为专用于多检测器 GPC 计算的安捷伦 GPC/SEC 软件	提供仪器控制和数据采集
应用						
添加剂、污染物	例如, 甘油三酯、农药			✓		✓
天然橡胶及合成橡胶	如阿拉伯胶、聚丁二烯、聚硅氧烷、聚丁二烯、聚异戊二烯、SBR、硅树脂	✓	✓	✓	✓	✓
聚酯和聚酰胺	如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乳酸、聚酰胺、尼龙	✓	✓	✓	✓	✓
多糖	例如, 纤维素衍生物、几丁质、果胶、淀粉、普鲁兰多糖、葡聚糖	✓	✓	✓	✓	✓
树脂	如环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸酯聚合物、酚醛塑料			✓		✓
乙烯基聚合物	如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯腈	✓	✓	✓	✓	✓
蜡	如蜂蜡、巴西棕榈蜡、石蜡			✓		✓

图标

✓ 必选

✓ 可选



## 食品检测与农业解决方案

作为全球食品行业领先的测量公司，安捷伦具有独一无二的优势，能够以多种化学及生物技术帮助您应对当前和将来的挑战。这些技术包括：

- 鉴定、表征和定量目标化合物与未知化合物，例如农药、真菌毒素、二噁英、硝酸盐、抗生素、类固醇、海洋毒素以及重金属
- 更快、更准确地发现更多化合物/污染物，有些化合物您从未想到会存在其中
- 满足严格的食品安全标准和法规
- 充满信心地鉴定品种、确定地理来源、鉴定病原体及检测过敏原
- 最大限度提高仪器正常运行时间，确保从样品制备到最终报告的整个工作流程平稳顺利

如需了解更多信息，请访问 [www.agilent.com/chem/food](http://www.agilent.com/chem/food)

## 更多信息

如需了解更多信息，请访问：

[www.agilent.com/chem/GPCresources](http://www.agilent.com/chem/GPCresources)

在线购买：

[www.agilent.com/chem/store](http://www.agilent.com/chem/store)

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus:cn](http://www.agilent.com/chem/contactus:cn)

安捷伦客户服务中心

免费专线：800-820-3278

400-820-3278（手机用户）

联系我们：

[customer-cn@agilent.com](mailto:customer-cn@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/quote:cn](http://www.agilent.com/chem/quote:cn)

本资料中的信息如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技公司，2013  
2013年4月18日，中国印制  
5991-2029CHCN



**Agilent Technologies**