

应用 GPC/SEC 分析食品添加剂

应用文集

作者

Greg Saunders 和 Ben MacCreath
安捷伦科技公司



目录

页码

前言.....	3
果胶.....	4
羧甲基纤维素.....	6
淀粉.....	7
玉米粉.....	8
普鲁兰多糖和葡聚糖.....	9
明胶.....	11
胶类.....	12
其他安捷伦食品解决方案.....	13
订购信息和进一步阅读建议.....	15

Polymer Laboratories 公司成立于 1976 年，提供用于 GPC/SEC 分析的高质量色谱柱、标准品、仪器和软件。经过 30 多年的发展，该公司开发了许多市场领先的产品，包括 PLgel、PL aquagel-OH、PlusPore、PLgel Olexis、PolarGel 色谱柱和 EasiVial 标准品。PL 系列产品以先进的自行设计制造技术为基础，以世界一流的技术和应用支持为后盾，在质量和性能方面享有盛誉。

在安捷伦并购 PL 后，将为所有类型的合成和生物大分子聚合物表征提供更为广泛的 GPC/SEC 解决方案，并为常规 GPC 使用多种色谱柱和多种检测方法进行复杂测定提供各种选项。

前言

在食品生产中，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味道，酸度，外观，口感并延长保质期。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，这是您能够对聚合物添加剂的特性有一个全面的了解。

本文集介绍了一些使用安捷伦色谱柱和系统分析常用食品添加剂的凝胶渗透色谱应用。



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“平滑”和“毛状”区域组成。平滑区域是线性的，部分的甲基化聚（D-半乳糖醛）酸，毛状区域包含交替的 L-鼠李聚糖和 D-半乳糖醛酸残基，其包含了 L-阿拉伯糖和多达 20 个残基长度的 D-半乳糖分支点。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，包括作为凝胶剂，增稠剂和水粘合剂使用。三检测器体积排阻色谱使用浓度检测器、粘度计和光散射检测器测定聚合物的分子量分布和分子结构而无需进行色谱柱校正。这在分析没有结构相似标准品的复杂材料时是至关重要的。

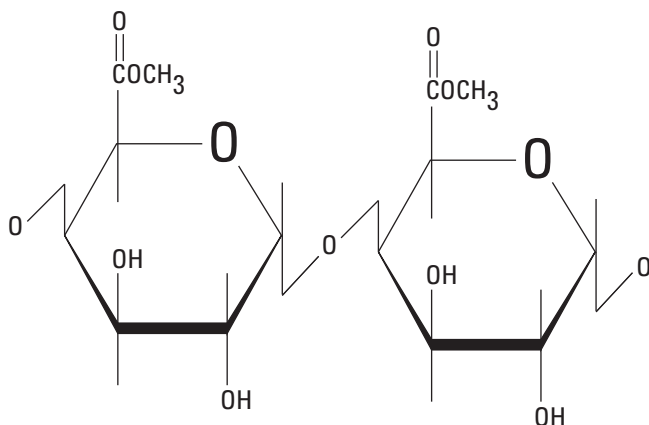


图 1. 果胶的基本结构

使用安捷伦 PL-GPC 50 集成 GPC/SEC 系统上分析果胶样品。仪器操作温度为 50°C，使用折光示差检测器、安捷伦 PL-BV 400RT 四毛细管桥粘度检测器和安捷伦 PL-RTLS 15/90 光散射检测器（在 15° 和 90° 采集散射光）以及两根安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-H 8 微米色谱柱进行分析。这些高性能色谱柱提供了在宽分子量范围内卓越的分度度，简化色谱柱选择并提供一个用途多

样的分析系统。样品使用流动相精确配置并在进样前使用 0.45 微米一次性过滤器过滤。为了计算光散射，采用样品的平均 dn/dc 值。

图 2 是果胶样品的三检测器叠加色谱图。示差折光检测器和光散射检测器的色谱是明确的多模式，如预期所料用于结构异构体材料。图 3 是分子量分布计算图。

分析条件（图 2 到 4）

样品：流动相中的果胶 2 mg/mL
校准：Agilent EasiVial PEO, 0.1 到 0.5 mg/mL
色谱柱：2 x PL aquagel-OH MIXED-H 8 μ m, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6800)
流动相：0.2 M NaNO₃ + 0.01 M NaH₂PO₄ 调节 pH 为 7
流速：1.0 mL/min
进样量：200 μ L
温度：50 °C
检测器：PL-GPC 50, DRI, 粘度计, PL-RTLS 15/90

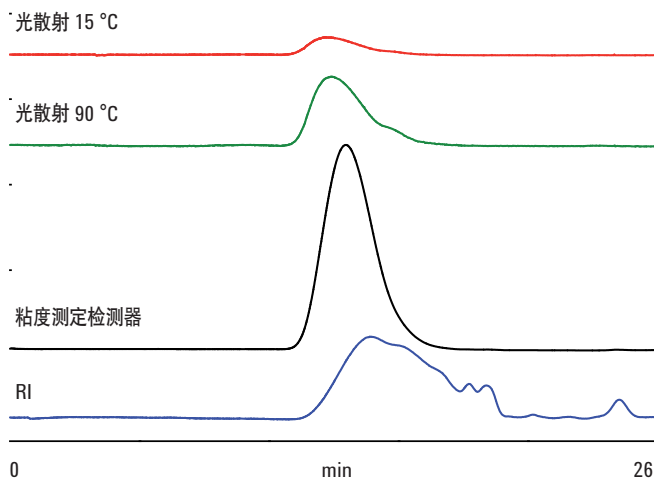


图 2. 使用安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-H 双色谱柱组合和安捷伦 PL-GPC 50 分析果胶（自动缩放）的三检测器色谱图

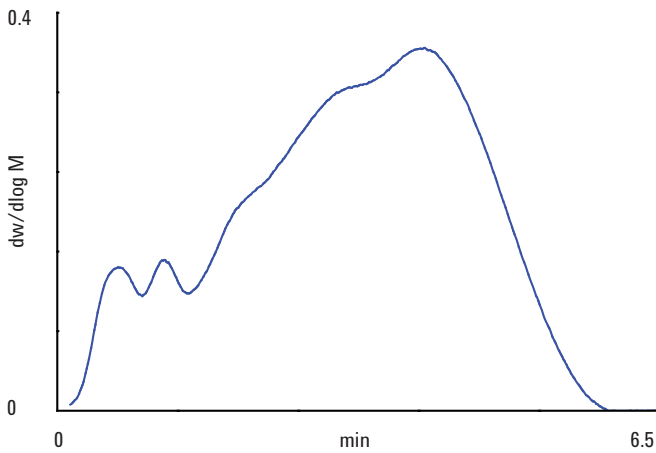


图 3. 计算得到的果胶分子量分布图

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

PL-GPC 50 是高分离度，经济的集成 GPC 系统，设计用于从室温到 50 °C 的温度范围内操作。当配有 PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm 色谱柱，PL-BV 400RT 粘度检测器和 PL-LS 15°/90° 光散射检测器时，PL-GPC 50 即可发挥三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，如果胶的分析充满信心。

使用粘度检测和光散射的数据，生成了果胶的 Mark-Houwink (\log 固有粘度对 $\log M$) 和构象 (\log 旋转半径对 $\log M$) 图。图 4 为叠加图。

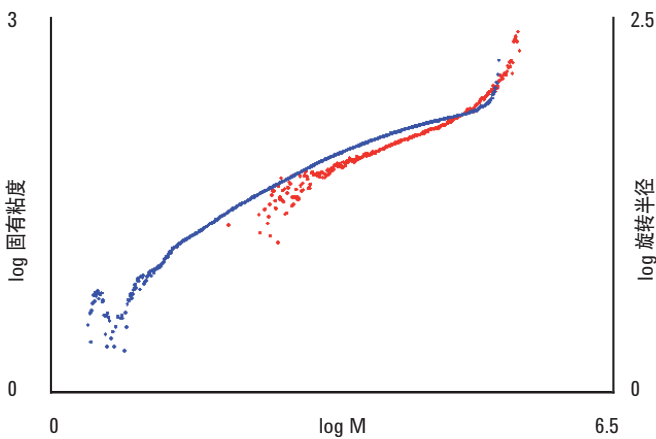
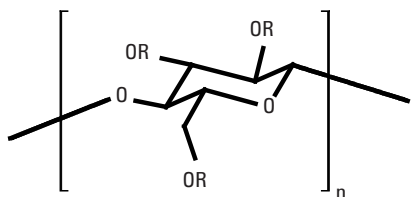


图 4. 果胶的 Mark-Houwink 和构象叠加图

羧甲基纤维素

羧甲基纤维素 (CMC) 是羧甲基基团 (CH_2COOH) 与纤维素的一些羟基集团缩合而成, 通常组成纤维素的骨架。基本结构见图 5。



$\text{R} = \text{H}$ 或 $\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$

图 5. CMC 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 的低毒性、非过敏性等特点使其被广泛的用于食品科学领域。

图 6 为 CMC 样品的双检测器色谱图。

图 7 表明了使用通用校准方法计算得到的分子量分布, 使用粘度计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, 羧基和羰基官能团的分离程度能影响到其在溶液中的分子大小。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同质性的信息。

分析条件 (图 6 到 8)

样品:	羧甲基纤维素
样品浓度:	2.0 mg/L
校准:	Agilent EasiVial PEG/PEO
色谱柱:	2 x PL aquagel-OH 30 8 μm , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1120-6830)
流动相:	0.2 M NaNO_3 , 0.01 M NaH_2PO_4 , pH=7
流速:	1.0 mL/min
进样量:	100 μL
温度:	室温
检测器:	PL-GPC 50, DRI, 粘度检测器

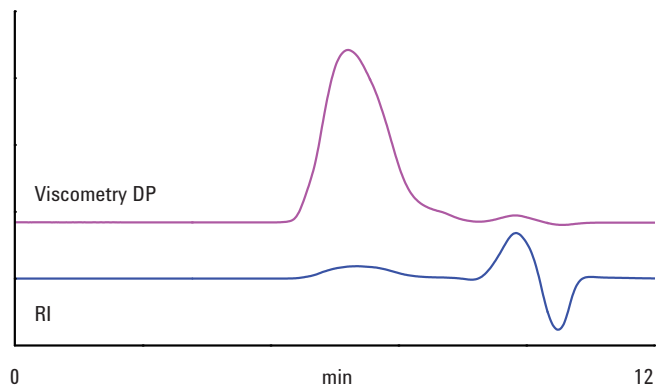


图 6. 使用配备 Agilent PL aquagel-OH 30 色谱柱的安捷伦 PL-GPC 50 系统分析羧甲基纤维素样品的示差折光/粘度原始数据色谱图

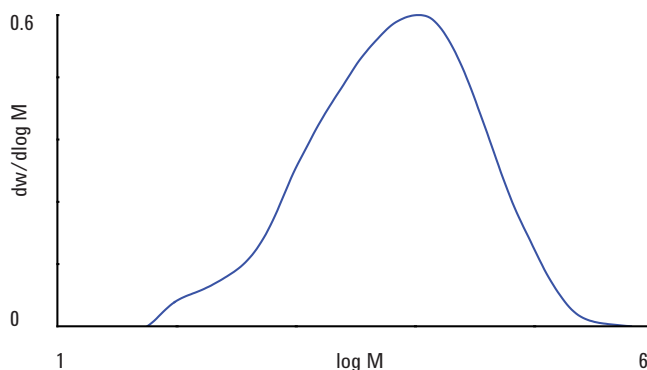


图 7. 羧甲基纤维素的分子量分布图

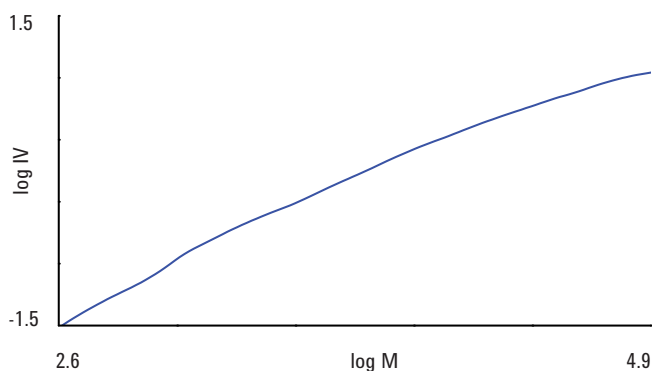


图 8. 羧甲基纤维素样品的 Mark-Houwink 图

淀粉

淀粉是含有葡聚糖的多糖，直链淀粉和支链淀粉的比例根据来源不同略有不同，大约是 30:70。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。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其许多最终性质，因此适用于不同最终应用。

凝胶渗透色谱采用粘度检测器及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，这样就不用使用标准品在色谱柱上进行校准了。使用这些技术对两种淀粉进行了分析。安捷伦 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。色谱柱可分离高达 100000000 g/mol（聚苯乙烯的四氢呋喃溶液）的样品，13 微米粒径填充色谱柱以提高效率和分离度而不存在分析过程中的样品剪切降解风险。

图 9 是使用示差折光检测器和粘度检测器分析两种不同淀粉的色谱图，图 10 是它们的分子量分布，图 11 是 Mark-Houwink 曲线叠加图。

采用 390-MDS 和 PLgel Olexis 色谱柱的通用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 曲线的不同表明材料的结构差异极大，这是由于样品的来源不同造成的。

分析条件 (图 9 到 11)

样品: 流动相中的淀粉 2 mg/mL
色谱柱: 3 x Agilent PLgel Olexis, 7.5 x 300 mm
(部件号 PL1110-6400)
流动相: DMSO/DMAc (4:1) + 0.1% LiBr
流速: 1.0 mL/min
温度: 60 °C
检测器: 390-MDS 配备粘度检测器和 DRI

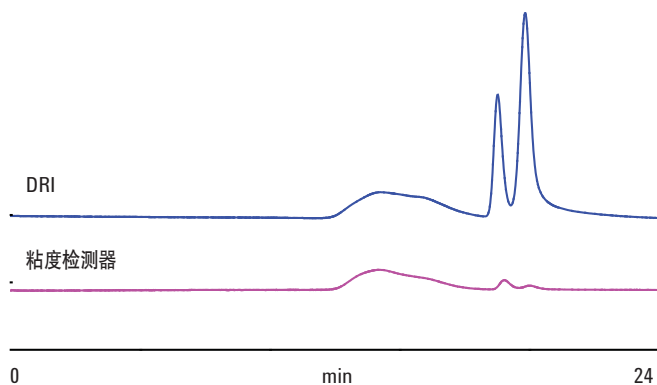


图 9. 使用安捷伦 PLgel Olexis 三色谱柱组以及 390-MDS 分析淀粉的粘度计和示差折光检测器色谱图

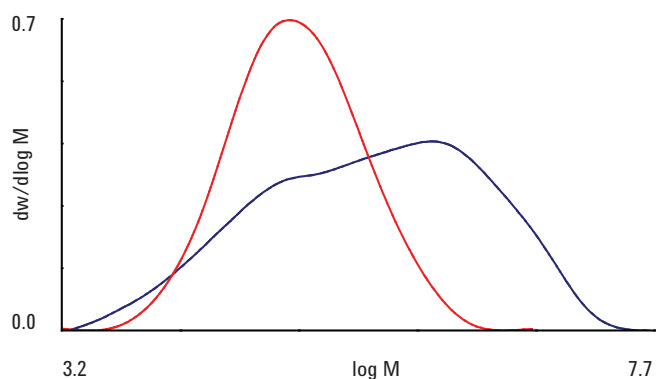


图 10. 两种淀粉样品的分子量分布 (MWD) 叠加图 MWD 的不同说明了它们具有不同的物理性质

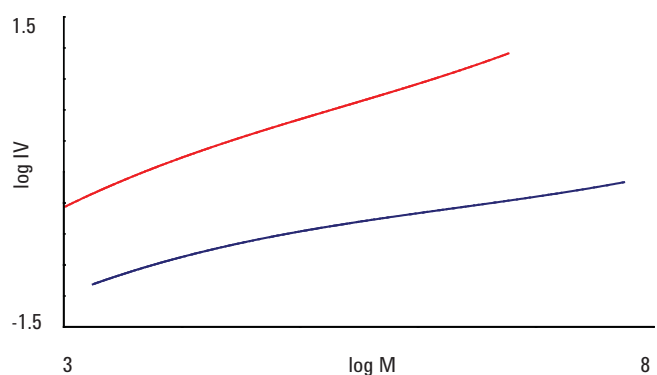


图 11. 两种淀粉样品的叠加 Mark-Houwink 图显示了它们结构间的显著差别，一种样品在溶液中的体积更小，因此粘度更强，这可能是由于两种材料含有不同含量水平的支链造成的

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。淀粉包含两种结构不同的多糖，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，表现出典型的剪切增稠性，给予轻轻地压力但是防止突然冲击。玉米粉由于其增稠性和阻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 图上显示为向下偏差。

使用配备安捷伦 PL-BV 400RT 粘度检测器和 PLgel 10 μm 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提供高分子量聚合物的高分离度分离。

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 图中的变化看出（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。这是由于两种样品中直链淀粉和支链淀粉的比例不同导致。由于这些分子大小不同，仅使用示差折光检测器的通用 GPC 出现了异常的结果，就像分子大小被用于计算由通用 GPC 计算的分子量。

分析条件（图 12 到 14）

样品： 用流动相配置玉米粉 2 mg/mL
色谱柱： 3 x PLgel 10 μm MIXED-B, 7.5 x 300 mm
(部件号 PL1110-6100)
流动相： Dimethyl sulfoxide + 0.1% LiBr
流速： 1.0 mL/min
温度： 50 $^{\circ}\text{C}$
检测器： PL-GPC 50, DRI, 粘度检测器

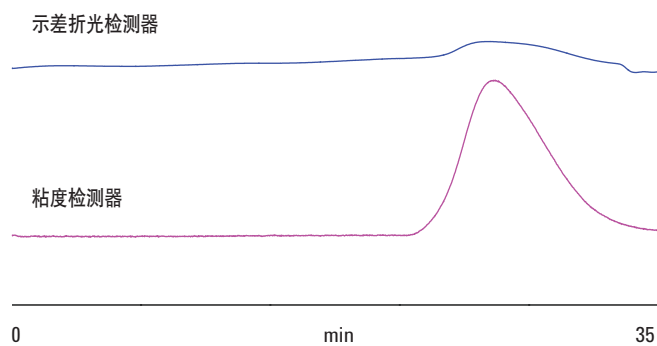


图 12. 由使用安捷伦 PLgel 10 μm MIXED-B 色谱柱的 PL-GPC 50 系统分析其中一种玉米粉的色谱图

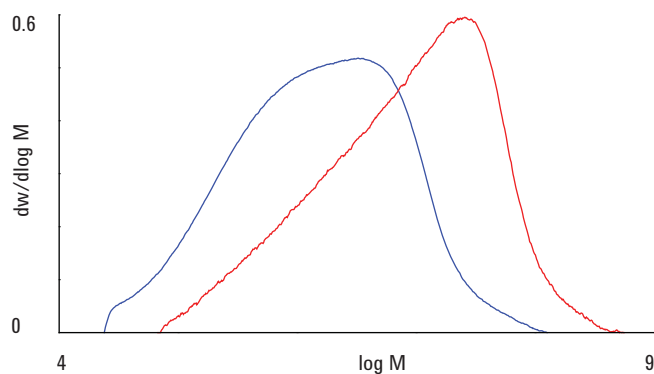


图 13. 两种玉米粉的分子量分布叠加图

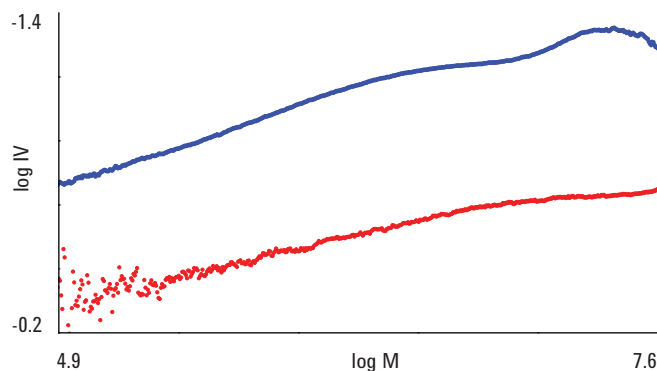


图 14. 两种玉米粉样品的 Mark-Houwink 叠加图

普鲁兰多糖和葡聚糖

由于合成方式的不同，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。普鲁兰多糖由麦芽糖三糖单元组成聚合物骨架，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多糖。研究多糖的结构对于确定它们在实际应用例如它们用于食品添加剂中具有何种性质是极有用处的。

使用 GPC 粘度计分析两种多糖样品，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。由于溶液的不平衡，在 DRI 检测器上材料样品作为一个宽峰被洗脱出来，带有一个小的迟洗脱峰。

图 16 是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 固有粘度对分子量函数的 Mark-Houwink 叠加图。在任何给定的分子量下，固有粘度值较低的葡聚糖与普鲁兰多糖的 Mark-Houwink 图相比差异较大。葡聚糖在溶液中的分子大小比普鲁兰更小。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)

样品: 用流动相配置普鲁兰多糖 2 mg/mL
色谱柱: 2 x Agilent PL aquagel-OH MIXED-M 8 μm , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6801)
进样量: 200 μL
流动相: 0.2 M NaNO_3 + 0.01 M NaH_2PO_4
流速: 1.0 mL/min
温度: 40 $^\circ\text{C}$
检测器: 390-MDS 配备粘度检测器和 DRI

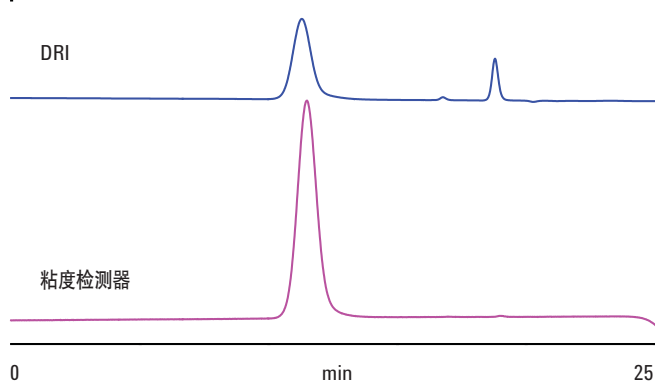


图 15. 配备安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-M 色谱柱的 390-MDS 多检测器套装分析普鲁兰多糖样品的多检测器色谱叠加图

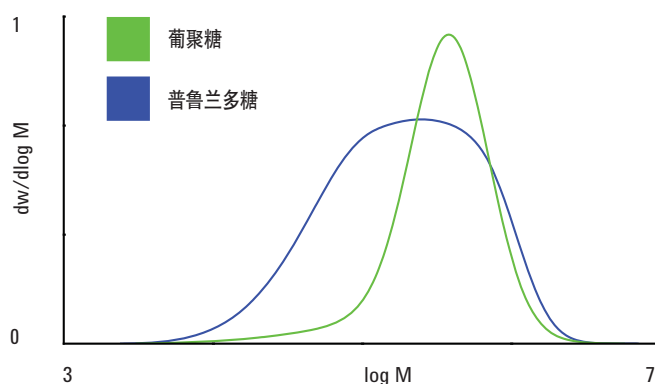


图 16. 两种多糖样品的多检测器分子量分布叠加图

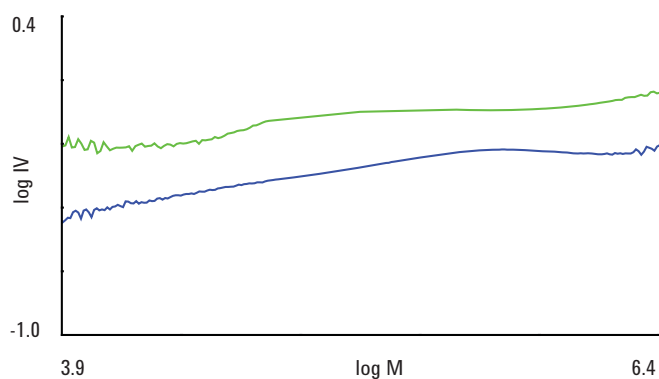


图 17. 两种多糖样品的 Mark-Houwink 叠加图

数据说明如何使用 390-MDS 多检测器 GPC 和能够分析超高分子量水溶性聚合物的高分离度 SEC 色谱柱一起，清晰的分析普鲁兰多糖和高度支链化结构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，使用了一种窄分布葡聚糖多分散标准品。

分析条件

样品:	窄分布葡聚糖标准品
样品浓度:	2 mg/mL
色谱柱:	2 x PL aquagel-OH MIXED-M 8 μ m, 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6801)
流动相:	0.2 M NaNO ₃ , 0.01 M NaH ₂ PO ₄ , pH=7
流速:	1.0 mL/min
进样量:	200 μ L
温度:	40 $^{\circ}$ C
检测器:	DRI

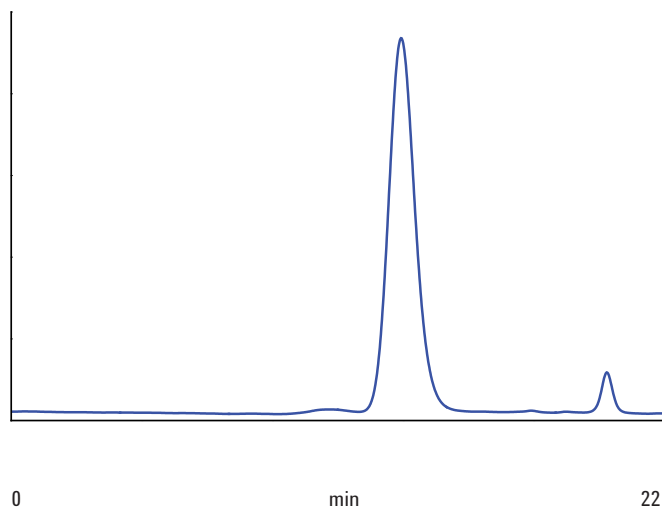


图 18. 在安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-M 双色谱柱组上分析窄分布多分散葡聚糖的典型色谱图

明胶

食品级明胶是用于食品工业的生物衍生材料增稠剂。明胶的 SEC 分析能够获得对于聚合物性质（如凝结性）至关重要的分子量信息。使用线性安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm 色谱柱。这些色谱柱最高分离范围可达 10000000 g/mol（聚乙二醇/同等分子量的环氧乙烷），是一种能提供极宽分子量范围和卓越分离度的高性能色谱柱，简化了色谱柱选择并提供通用的分析系统。

使用 0.1 M 的 NaOH 调节流动相 pH 值。用流动相精确配置浓度为 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。对于已知浓度，计算系统的校准 M_p 和 dn/dc ，检测器常量和检测器间容量，实现分子量计算。

由于样品制备浓度已知，因而能从 RI 色谱图中计算得出明胶样品的 dn/dc 。然后用 dn/dc 值、 90° 和 15° 的光散射数据计算总分子量值。

对于均使用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 一段接一段分子量的计算。总分子量值是 174000 (90°)，189850 (15°) 和 184800 (SEC)。

图 19 是明胶样品的 RI 和 90° 、 15° 光散射数据。光散射检测对较高分子量更灵敏，因此 90° 和 15° 光散射色谱与 RI 相比更多用于高分子量材料的检测。RI 色谱由于样品、溶剂和流动相之间的组成差别也包含负峰，这在光散射色谱中是没有的。

分析条件

样品：用流动相配置明胶 2 mg/mL
色谱柱：2 x PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6800)
流动相：水 + 0.2 M NaNO_3 + 0.01 M NaH_2PO_4 , pH=7
流速：1.0 mL/min
检测器：390-MDS 配备双角光散射检测器和 DRI

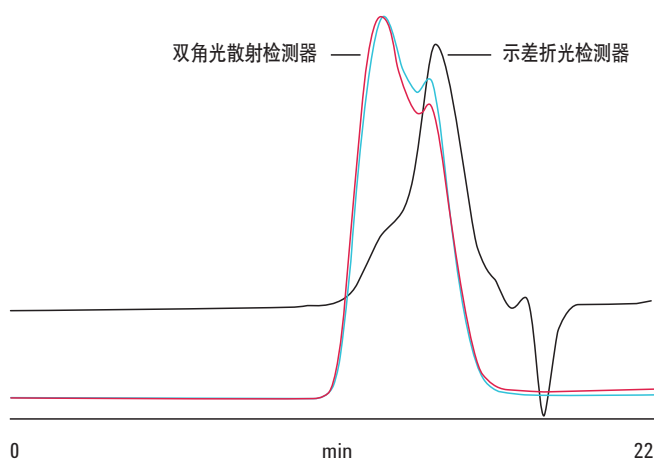


图 19. 使用配备安捷伦 PL aquagel-OH MIXED-H 双色谱柱组的 390-MDS GPC/SEC 系统分析明胶样品的示差折光、 90° 和 15° 光散射数据

PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm 色谱柱的宽分子量分离范围使它们尤其适用于中高分子量的水溶性聚合物分析。简单的缓冲溶液作为流动相用于明胶的分析，减小样品和色谱柱之间的相互作用，确保获得好的色谱图。

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稳定性的作用。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，取自阿拉伯橡胶树变硬的树液。产自于非洲 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。“好的”和“坏的”样品的分子量分布比较说明了两种阿拉伯胶之间的明显差别，“坏的”样品具有相当高的分子量（图 20）。

通过分子量分布叠加图可以很明显的看出“好的”和“坏的”两种阿拉伯胶间的差别。

分析条件

样品： 用流动相配置阿拉伯胶 2 mg/mL
色谱柱： 2 x PL aquagel-OH 60 8 μm , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6860)
1 x PL aquagel-OH 40 8 μm , 7.5 x 300 mm (部件号 PL1149-6840)
流动相： 0.2 M NaNO_3 , 0.01 M NaH_2PO_4 , pH=7
流速： 1.0 mL/min
检测器： DRI

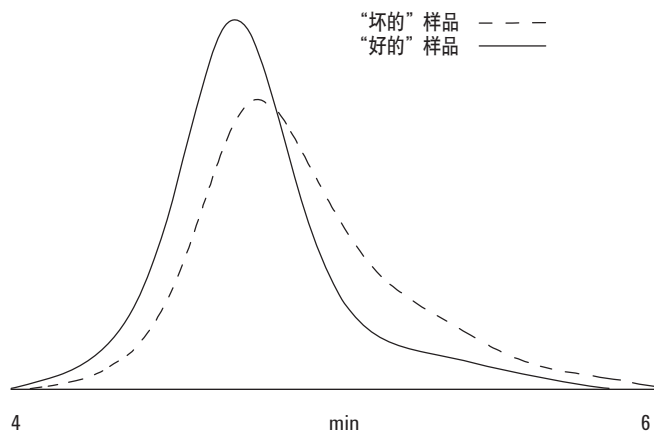


图 20. 在安捷伦 PL aquagel-OH 三色谱柱组上分析两批阿拉伯胶的分子量分布叠加色谱图

其他安捷伦食品解决方案

随着食品链的全球化，保护消费者和品牌的要求更加严格了。今天，食品和农业行业对灵敏度和效率更高的分析解决方案的需求日益增加。您须要承诺提供质量一致并保证安全性的食品、农产品和饮料。我们，安捷伦科技公司致力于为您的行业提供您需要的产品和服务，帮助您实现客户的需求。我们的仪器，系统和备件可覆盖整个食品生产链，包括进厂检验，新产品开发，质量控制和保证，以及包装。下面是一些实例。

农药及残留

通过将多个 50 分钟的 GC 和 GC-MS/SIM 分析替换为一个 15 分钟的全扫描 GC-MS 分析进行无目标农药扫描，您能获得 10 倍的效率提升。仅需使用一根安捷伦 J&W HP-5ms 色谱柱，解卷积报告软件，一个毛细管流三路分流器和追踪检测。



痕量金属污染

在微波消解和单 He 模式 ICP-MS 分析基础上使用一个简单程序，能够快速并精确的分析食品样品的痕量和主要元素浓度而无需多个样品制备和分析技术。单独使用 He 模式的安捷伦 7700x 能提供对常见食品中各种金属的灵敏、精确、无干扰的分析。



天然化合物和添加剂

对于氨基酸的分析，使用 HPLC 配 1.8 μm 粒径的 ZORBAX Rapid Resolution HT Eclipse Plus C18 色谱柱，能够使分析时间从大约 35 分钟缩短到大约 13.5 分钟，节省了一半以上的时间。此外，改善了先洗脱出来的天门冬氨酸和谷氨酸的峰形以及二级氨基酸的重现性，那是反应最慢的氨基酸，赖氨酸。线性优异（几乎为 1）且平均峰面积重现性变化低于 2%。



生物分析

小麦品种的精确鉴定对面粉制造业是非常重要的。安捷伦 2100 生物分析仪和 Protein 230 分析小麦蛋白质用于品种鉴定。易于使用并且总分析时间小于 50 分钟，使其成为最适用于磨粉厂的仪器，使面粉厂在接收谷物托运时更有信心。

获得安捷伦食品解决方案的文集摘要，索取安捷伦食品文集拷贝（出版号 5988-4450EN）请访问 www.agilent.com/cn

订购信息

文集中引用了如下产品。如需获得 GPC/SEC 部件号的全部列表，请访问 www.agilent.com/chem/store:cn

色谱柱	
说明	部件号
Agilent PL aquagel-OH 30 8 μm , 7.5 x 300 mm	PL1120-6830
Agilent PL aquagel-OH 40 8 μm , 7.5 x 300 mm	PL1149-6840
Agilent PL aquagel-OH 60 8 μm , 7.5 x 300 mm	PL1149-6860
Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm , 7.5 x 300 mm	PL1149-6800
Agilent PL aquagel-OH MIXED-M 8 μm , 7.5 x 300 mm	PL1149-6801
Agilent PLgel 10 μm MIXED-B, 7.5 x 300 mm	PL1110-6100
Agilent PLgel Olexis, 7.5 x 300 mm	PL1110-6400

标准品	
说明	部件号
Agilent EasiVial PEO	PL2070-0200
Agilent EasiVial PEG/PEO	PL2080-0200

仪器	
说明	部件号
Agilent PL-GPC 50 集成 GPC/SEC 系统	PL0870-8500
Agilent PL-RTLS 15/90 光散射检测器	PL0640-1210
Agilent 390-MDS 多检测器套装	不同的平台选项， 请联系您当地的分公司或授权代理商

更多参考资料建议

安捷伦已经出版了关于生物降解聚合物、工程聚合物、聚烯烃分析以及低分子量树脂的应用文集。此外，我们还提供全面、详实的各种文献覆盖 GPC / SEC 的所有方面，包括应用注释，产品说明和技术概述。

出版物	出版号
GPC/SEC 导论	5990-6969CHCN
GPC/SEC 色谱柱选择指南	5990-6868CHCN
生物可降解聚合物	5990-6920CHCN
工程聚合物	5990-6970CHCN
合成橡胶	5990-6866CHCN
聚烯烃纤维分析	5990-6971CHCN
赋形剂分析	5990-7771CHCN
低分子量树脂	5990-6845CHCN
有机相 GPC/SEC 色谱柱	5990-7994CHCN
水相和极性 GPC/SEC 色谱柱	5990-7995CHCN
GPC/SEC 标准品	5990-7996CHCN

访问 www.agilent.com/chem/library:cn 在资料库中搜索我们所有的出版物

查找如何使您的食品分析提升到新水平的方法

安捷伦 GPC/SEC 产品:

www.agilent.com/chem/gpcsec:cn

在线购买:

www.agilent.com/chem/store:cn

查找当地的安捷伦客户中心

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

在线询价:

www.agilent.com/chem/quote:cn



本文中的信息、说明和技术指标如有变更,恕不另行通知。

© 安捷伦科技(中国)有限公司, 2011

2011年7月12日中国出版

5990-8634CHCN



Agilent Technologies