



中华人民共和国国家标准

GB/T ××××.1—××××

粮油检验 小麦谷蛋白溶胀指数常量测定 方法

Inspection of grain and oils —Macro-method for determination of
swelling index of glutenin (SIG) for wheat

(征求意见稿)

(2008 年 10 月)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

本标准由国家粮食局提出。

本标准由全国粮油标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：河南工业大学、西北农林科技大学。

本标准主要起草人：王春、胡新中、陈洁、郑建梅等。

粮油检验 小麦谷蛋白溶胀指数常量测定方法

1 范围

本标准规定了常量方法测定小麦谷蛋白溶胀指数的术语和定义、原理、试剂、仪器、测定步骤、结果计算与表示。

本标准适用于小麦和小麦粉品质测定（适于育种、粮食交易、面粉厂及面制品企业）。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 5491 粮食、油料检验 扦样、分样法

GB/T 5497 粮食、油料检验 水分测定法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 谷蛋白溶胀指数 swelling index of glutenin（简称SIG）

在规定条件下，全麦粉或小麦粉在十二烷基硫酸钠（SDS）—乳酸溶液中溶胀，通过离心分离后，沉淀物的质量与样品原始质量的比值，用SIG表示。

4 原理

小麦中的不溶性谷蛋白在表面活性剂作用下可形成不溶于水的胶体絮状物。在一定条件下，该胶状絮状物和淀粉类等不溶性物质的量对样品量的质量分数（谷蛋白溶胀指数，SIG）与不溶性谷蛋白含量有关。

5 试剂

5.1 乳酸工作液：1份85%的乳酸（分析纯）溶液用8份蒸馏水稀释。静置24h后使用。

5.2 3% SDS-乳酸溶液：99%纯度重结晶 SDS 30 g，溶于970mL蒸馏水中，再加入20mL乳酸工作液（5.1），混合均匀后用蒸馏水定容至1000mL。静置24 h后使用。

6 仪器

6.1 小型实验粉碎机：样品粉碎后，细度能够通过CQ24号筛占95%以上的粉碎机。

6.2 小型实验制粉机：样品制粉出粉率60%~70%，细度能够全部通过CQ20号筛的实验制粉机。

6.3 天平：分度值0.01 g。

6.4 漩涡振荡器。

6.5 离心机：转速能在500r/min~3000r/min之间调整，或离心力保持在450×g，不同次测定时转速一致的离心机。

6.6 具盖塑料离心管：50mL，盖子密封性好。

6.7 水流抽气泵：玻璃制或塑料制。

7 分析步骤

7.1 试样制备

7.1.1 按 GB 5491 扦样与分样

7.1.2 按 GB/T 5497 测定样品水分

7.1.3 全麦粉样品制备

分取 200g 小麦净样，调节小麦样品的水分至 14%。用小型实验粉碎机（6.1）粉碎，过 CQ24 号筛。取筛下物，样品混合均匀后，放入密闭容器中备用。

7.1.4 小麦粉样品制备

分取 500 g 小麦净样，按小麦制粉要求，软麦样品水分调节在 14%；硬麦样品水分调节在 15%。用实验室小型实验制粉机制粉（6.2），过 CQ20 号筛。取筛下物，样品混合均匀后，放入密闭容器中备用。

7.2 将试样和配制的试剂置于 22℃±2℃ 的室温下直至试样和试剂的温度与室温平衡。

7.3 在 22℃±2℃ 的室温下，记录 50 mL 离心管（6.6）质量（准确至 0.01 g），称取全麦粉或小麦粉试样 0.95 g~1.05 g 于离心管中，准确至 0.01 g (m_1)，加入 15 mL 蒸馏水，盖紧离心管盖，在漩涡振荡器（6.4）上振荡 5 s 后，静置水化，开始计时。在水化 5 min 时漩涡振荡 5 s，在 10 min 时漩涡振荡 5 s 后向试管中加入 15 mL 3% 的 SDS-乳酸溶液（5.2），再漩涡振荡 5 s，开始静置溶胀 20min。溶胀时，每隔 5 min 漩涡振荡一次，每次振荡 5 s，自溶胀开始后共漩涡振荡 4 次。

7.4 将溶胀后样品置于离心机（6.5）中，以 1300r/min 的转速离心 5min，用吸管连接水流抽气泵（6.7）吸去上清液，沉淀物进行二次离心，以 1300r/min 的转速再离心 3 min，用细吸管连接水流抽气泵吸去残余上清液，称量沉淀物质量 (m_2)。

7.5 同一样品进行两次平行测定，取平均值作为测定结果。

8 结果计算与表示

8.1 谷蛋白溶胀指数（SIG）（干基）按公式（1）计算：

$$X = \frac{m_2 \times 100}{m_1 \times (100 - W)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

X —— 谷蛋白溶胀指数（SIG），以质量分数计，%（干基）；

m_1 —— 全麦粉或小麦粉样品质量，单位为克（g）；

m_2 —— 全麦粉或小麦粉溶胀后质量，单位为克（g）；

W —— 样品水分，以质量分数表示，%。

8.2 允许差

两次测定结果的绝对差值不应超过 0.30，以测定结果的算术平均值作为样品的谷蛋白溶胀指数；两次测定结果的绝对差值超过 0.30 时，应重新测定。结果保留两位小数。

国家标准

《小麦谷蛋白溶胀指数常量测定方法》

编 制 说 明

河南工业大学
二〇〇八年六月

《小麦谷蛋白溶胀指数常量测定方法》国家标准编制说明

1 制定的目的

我国是小麦生产和消费大国，小麦粉销量及应用范围广泛，小麦粉品种、产地、年份的差异导致其品质的差异，造成面粉厂和面制品企业需要测试原料质量，来选择符合产品质量要求的原料小麦或面粉。SIG 方法是利用小麦不溶性谷蛋白在 SDS 溶液中溶胀后采用低速离心分离，根据溶胀胶体的量评价不溶性谷蛋白含量，进而预测小麦粉面团强度，在现有的快速方法中有样品用量少、简单、可靠的特点。自 2003 年该方法发表后，在不同实验室得到了应用和评价，适合我国不同行业对于小麦粉面团强度测定的需要。因此制定本标准方法中的常量法可以为小麦研究单位和企业提供一种快速、简单、可靠的预测面团强度的方法。

2 工作简况（包括任务来源、主要工作过程、国家标准主要起草人及其所做工作等）

2.1 任务来源

本标准的制定是根据国家粮食局文件“国粮办发〔2007〕74 号《国家粮食局办公室关于做好 2007 年国家标准制修订工作的通知》附件：国家粮食局 2007 年国家标准制修订计划”进行的，由河南工业大学负责《小麦谷蛋白溶胀指数(SIG)测定方法》（项目编号：20071632-T-449）的制定工作，成立了包括河南工业大学、西北农林科技大学等在内的标准起草工作组，负责进行本标准相关验证和标准讨论稿的撰写等各项工作。

本标准主要起草人员：王春、胡新中、陈洁、郑建梅等。

2.2 相关文献资料的收集和分析

小麦粉的面团强度及最终食用品质由其面筋蛋白的含量和质量所决定。小麦面筋蛋白根据溶解特性和组成可以分作醇溶蛋白和谷蛋白，醇溶蛋白是单体蛋白（由单肽链组成），谷蛋白是由谷蛋白亚基通过分子间二硫键形成的多聚体，谷蛋白根据溶解特性又分作可溶性和不溶性谷蛋白。现代谷物化学广泛接受的理论

是可溶性谷蛋白是谷蛋白中的低分子量部分，不溶性谷蛋白是谷蛋白中的高分子量部分，不溶性谷蛋白的含量多少决定了小麦粉的面团强度和焙烤品质。根据这一谷物化学理论，建立了很多简单、快速的测定方法，我们通过文献检索在对比这些方法的基础上对于 SIG 方法测定谷蛋白含量和评价小麦面团强度的理论基础上进行了探讨。

通过测定谷蛋白的含量或特性来预测小麦粉质量的方法有很多，一般分作直接法和间接法，直接法包括分离去除可溶性蛋白，然后对于不溶性谷蛋白进行定量分析，包括采用凯氏定氮、杜马法测定不溶性蛋白质的方法，也可以采用对于小麦蛋白质一次提取，然后采用 SE-HPLC 测定谷蛋白峰值面积的方法，直接测定方法都是过程繁琐、时间长、或所用的设备价格昂贵等不足，限制了应用范围。因此在小麦谷蛋白特性的基础上建立了一些快速测定方法，这些方法速度快，用样品量少，已经形成了多个标准方法。

2.2.1 沉淀值法（SDS、Zeleny）

谷蛋白在乳酸或 SDS 溶液中溶胀形成胶体状悬浮液，谷蛋白的含量越高，形成的悬浮液沉降后体积也越大。谷蛋白这一特点很早就被利用开发出了快速的品质测定方法，如 Zeleny 沉降值法（1947）和 SDS 沉降值法（1980），因为这些方法能很好反应小麦粉的烘焙品质，因此被多个标准机构列为标准方法（AACC、ICC、国标）。目前这两种方法已经被广泛使用，而且得到了较多机理研究。沉降值法由于用样品量少，测定设备简单和快速的优点，被育种界广泛接受和使用。这两个方法都是经验性方法，对于测定的理论基础不明。因为在建立这两种方法时，谷物化学界对于不溶性谷蛋白决定面团强度的发现还没有，而且测定的是哪部分谷蛋白也不清楚，因此在测定过程中只是简单的把面粉和溶剂在低搅拌强度下短时混合，静置后读取沉降数值，其混合强度和不溶性谷蛋白测定时的混合强度相比不能有效的分离出可溶性谷蛋白，因此导致测定的数值反应了可溶性谷蛋白和不溶性谷蛋白的综合溶胀特性。而且对于某些小麦品种由于其悬浮液界面不清楚，导致溶胀体积判断不准，一般要在溶胀溶剂中添加醇类来解决。

2.2.2 凝胶蛋白法

凝胶蛋白法测定谷蛋白含量是利用谷蛋白在 SDS 溶液中形成凝胶，然后在高速离心力作用下，将凝胶和淀粉等非谷蛋白部分分开，然后人工分离出凝胶蛋白

称重，得到凝胶蛋白的量作为一项品质评价指标，这个方法的优点是提取时的搅拌力和不溶性谷蛋白化学测定时的条件一样，避免了可溶性谷蛋白的影响，同时利用高速离心分离出了淀粉等不溶性物质，避免了可能的影响。其缺点是由于高速离心，导致品种间的质量差别小，因此引起的误差较大，而且高速离心测定时间长，仪器投资大。该方法只作为谷物化学研究方法得到应用，目前很少作为一种品质的常规测定来使用。

2.2.3 谷蛋白溶胀指数法

谷蛋白溶胀指数测定原理也是利用谷蛋白在乳酸、SDS 或 SDS—乳酸溶液中能发生溶胀，通过和提取蛋白质方式近似的搅拌方式，将可溶性谷蛋白溶出，然后将溶胀后的不溶性谷蛋白和不溶性物质一起在低速条件下离心（300g），去除上清液后，用沉淀物的重量除以样品的量即为谷蛋白溶胀指数。当溶胀时间控制在 2 分钟之内时，测定得到的谷蛋白溶胀指数和沉降值实验结果有很强的相关性，说明在较低的溶胀强度下（短溶胀时间，低搅拌强度等），由于可溶性谷蛋白还没有溶解，而且不溶性谷蛋白还没有达到最大溶胀，因此 SIG 值和沉降值类似反映的是可溶性和不溶性谷蛋白综合溶胀特性；当溶胀强度在较高的条件下（长溶胀时间，高搅拌强度等），可溶性谷蛋白完全溶解，不溶性谷蛋白完全溶胀，SIG 值和不溶性谷蛋白的相关性最好，标准中采用 20 分钟溶胀得到的 SIG 值反映的是不溶性谷蛋白含量和质量。SIG 实验采用的低速离心，对比凝胶蛋白的方法，品种间质量区别大，对比沉降值方法，测定的结果更能反应不溶性谷蛋白的含量，同时避免了沉降值方法中界面不清不容易判断的操作难题。

综上所述，在几种常用的利用谷蛋白特性间接测定小麦品质的小型快速方法中，SIG 的方法是建立在清晰的谷物化学理论上的一种新型小型快速测定方法，该方法在对比其他小型测定方法在评价加拿大小麦（王春 and Kovacs 2002），澳大利亚小麦（Uthayakumaran et al 2007），中国小麦（胡新中等，2003；王世杰等，2006；孙家柱等 2005，2006；王海波等 2006；兰静等 2007）中的结果显示，SIG 实验较其他小型实验有明显的优越性，和不溶性谷蛋白的相关性最强，同时用样品量最少（30-40mg），而且可以用面粉、全麦粉作为测定原料，在早代育种材料品质筛选中，有明显的应用优势。

由王春和 Kovacs 发表的原始 SIG 测定方法是为了小麦早代育种中品质筛选

使用的方法，由于育种材料数量的限制，因此作者尽量降低样品使用量，以适合早代育种过程中使用。但样品量降低后，对操作人员熟练程度、设备的精密程度等都会相应提高，因此在该方法发表后，其他研究人员对其进行了一些改进，特别是在面粉厂和面制品企业应用时，样品量不是考虑因素，如何保证实验简单、要求条件低倒是主要考虑因素(胡新中等,2003;李卫华等 2005;孙家柱等 2005;吴翠彦等，2006)。

2.3 样品采集与分析：

为了将该方法应用在育种、小麦交易、面粉厂和面制品企业原料品质测定等方面，标准起草组经过文献查阅结合工业化用户的具体情况，决定将本标准方法常量法作为推荐方法撰写。常量法适合样品量不做主要考虑的一般品质测定实验室；对于常量法中影响测定的因素等进行了分析。

2.3.1 常量实验样品

研究选用主要来自河南、山东、河北、江苏、黑龙江、陕西、山西、甘肃及四川等地的 129 个小麦粉品种，是目前国内较具代表性的品种。其品质指标范围列于表 1。

表 1 129 种小麦粉样品的品质指标列表			
		变化范围	平均值
常规测定			
	蛋白质含量	10.8——15.4	12.25
	面筋含量	27.4——47.5	33.84
	面筋指数	29.05——94.53	62.74
	SDS 沉淀值	43.5——80.1	61.81
	Zeleny	15.5——18	16.66
粉质测定			
	形成时间	1.2——14.7	3.38
	稳定时间	1.8——23.2	4.68
	弱化度	28——155	90.95
拉伸测定			
	面团延伸性	91.5——247	169.27
	面团拉伸阻力	82.5——579	239.37

最大抗拉伸阻力	85——850	316.18
拉伸能量	28.4——149.8	71.07

从表中数据可以看出，收集的样品包括软筋、中筋和强筋样品，范围涵盖了小麦主产区的小麦品质现状。

2.4 相关实验条件研究

为了研究适合在面制品企业中应用的麦谷蛋白溶胀指数法，我们在微量实验的基础上，通过将样品量适当放大，考察在较大样品量、较简易实验条件下 SIG 实验是否可以使用。选用高中低筋三种小麦粉样品，研究不同的振荡方式，试剂类型及浓度，液样比，水化时间，溶胀时间，离心速度，温度等实验条件对于 SIG 测定的影响，同时分析了国产小麦谷蛋白溶胀曲线的特性；建立适合常量法的 SIG 测定条件，并对 129 种小麦粉进行 SIG 测定，同时研究 SIG 和其他品质指标的相关性。

2.4.1 振荡方式的确定

SIG 值主要受溶胀和提取条件，即溶胀时间长短和振荡强度高低的影响。振荡方式决定搅拌强度。而本实验中，振荡设备使用漩涡振荡器，在每两次漩涡振荡中间采用了静置水化或溶胀的方法。

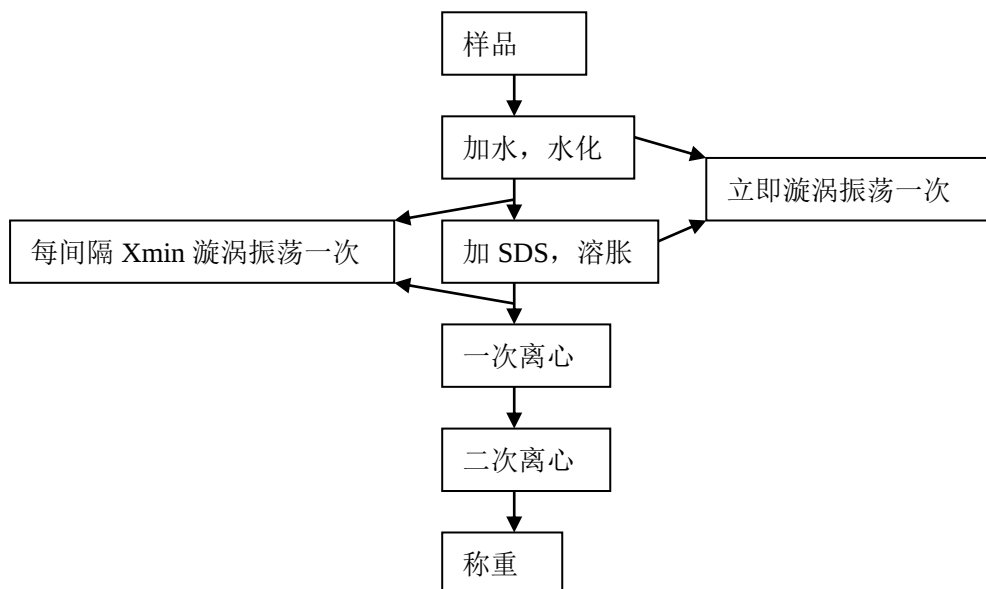


图 1 常量法 SIG 法简化试验流程

注：X = 0、2、5、7、10、15、20、30、40、60、80 (min)

从以上流程中，我们可以看出，振荡强度主要体现在两个方面，一是漩涡振

荡的次数，即两次漩涡振荡的间隔时间长短；二是每次漩涡振荡的强度，即每次漩涡振荡持续时间长短。下面依次阐述二者对小麦粉样品的溶胀曲线影响趋势。

2.4.2 振荡间隔时间对样品溶胀特性的影响

采用不同振荡间隔时间：样品开始溶胀后，每间隔 5min、10min、20min 漩涡振荡一次，每次漩涡振荡 10s，振荡中间静置溶胀，直到溶胀第 80min，开始离心。

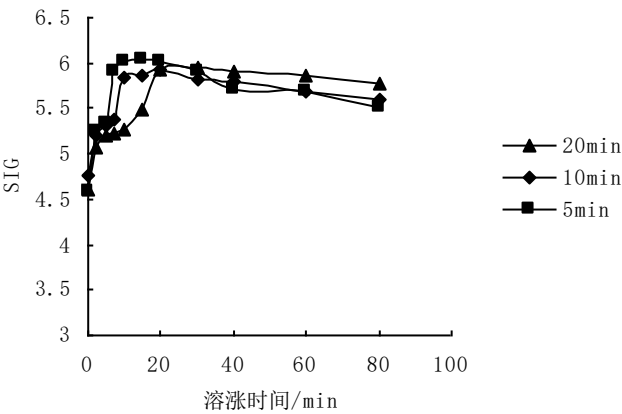


图2 震荡间隔时间对样品S129的溶胀曲线的影响

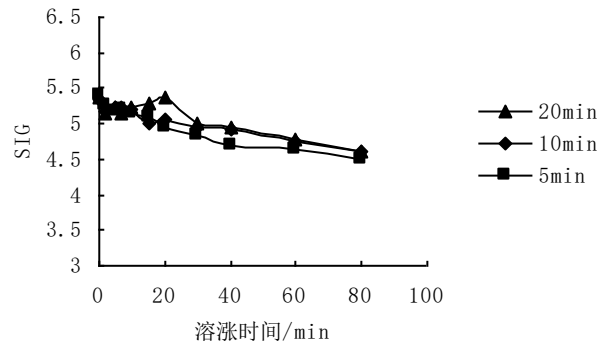


图3 震荡间隔时间对样品S023的溶胀曲线的影响

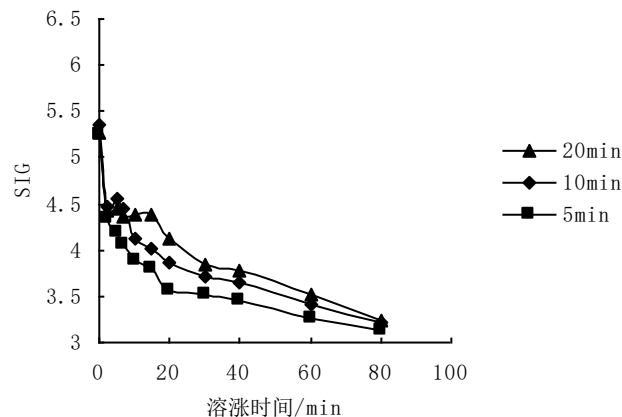


图4 震荡间隔时间对样品S007的溶胀曲线的影响

以上三图表明：随着漩涡振荡间隔时间的缩短，三种样品的 SIG 值上升或下降的时间都提前。显然，每隔 5min 振荡一次时，振荡强度最大，可使谷蛋白加速地被溶胀或被提取，本实验采用每间隔 5min 漩涡振荡一次，有利于样品间差异分析。

2.4.3 振荡时间对样品溶胀特性的影响

在简化实验流程基础上，每间隔 5min 漩涡振荡一次，而每次漩涡振荡持续时间分别为：5s、10s、15s。

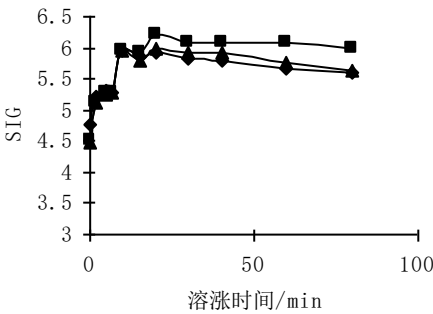


图5
振荡时间对样品S129的溶胀曲线的

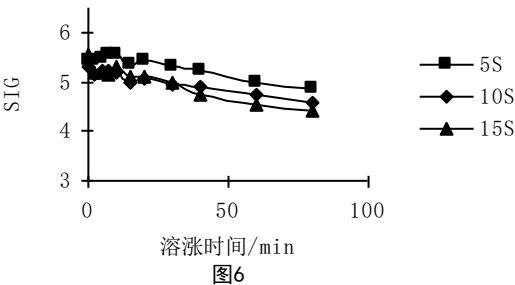


图6
振荡时间对样品S023的溶胀曲线

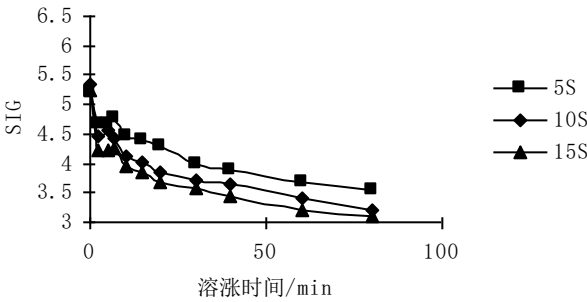


图7
振荡时间对样品S007的溶胀曲线的

以上三图表明，振荡持续时间的变化对低筋样品 S007 的溶胀曲线影响较大，对高筋样品 S129 的溶胀势的影响较小，这说明在同样的振荡强度下，低筋样品的溶出更容易些，而高筋样品的溶出则较少。

振荡时间从 5s、10s 到 15s，振荡强度逐渐加强，三种样品的 SIG 值都随之减小，即高振荡强度利于样品中麦谷蛋白的溶出，但却使其溶胀势减小。这在利用麦谷蛋白溶胀能力差异以分析样品品质差异的方法中是不利因素，因此本实验倾向于选用能够使样品充分混匀的、最短的漩涡振荡时间 5s，以保持样品较高

的溶胀势。

本实验中漩涡振荡时间若太短，小麦粉颗粒不能够充分混匀，就会影响麦谷蛋白的溶胀能力和实验的重现性，故而需对各漩涡振荡持续时间下的 SIG 值的重现性予以评价。从图中的溶胀曲线上，我们可以看出，在溶胀开始后第 20min 时，三种小麦粉样品都已达到最大溶胀，且此时三种样品的差异也最大，故此时的 SIG 值~SIG20 是一个评价三者品质差异的关键点。

2.4.4 试剂 SDS 纯度和浓度的影响

(1) SDS 纯度对样品溶胀曲线的影响

使用纯度分别为 59%、99% 的试剂 SDS*、SDS，配制浓度为 2%（w/v）的提取剂。

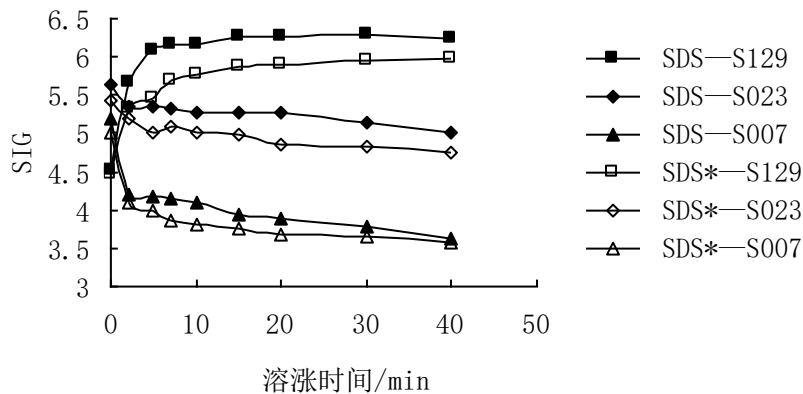


图8 SDS纯度对样品S129、S023、S007溶胀曲线的影响

上图表明，SDS 纯度愈高，SIG 值愈大，样品的差异也就越大。同样试剂浓度 2% 下，纯度高的试剂中 SDS 有效成分高，能够使样品中的麦谷蛋白更快更彻底地被溶胀和提取，从而使样品间的差异最大。故本标准采用纯度较高的 SDS 试剂为较佳提取剂。

(2) SDS 浓度对溶胀曲线的影响

作为非还原性试剂，SDS 的浓度高低，即其中有效 SDS 成分的多少，也是影响麦谷蛋白溶胀特性的因素之一。在沉降值实验中，推荐 SDS 试剂的浓度 2% 为佳，而在 Wang 和 Kovacs 的 SIG 法中，SDS 的有效浓度则为 1.5%。具体 SDS 浓度变化对麦谷蛋白溶胀特性的影响尚无人研究。因此本实验分别配制了浓度为 1%、2% 和 3% 的 SDS 溶液，进行常量法 SIG 实验。

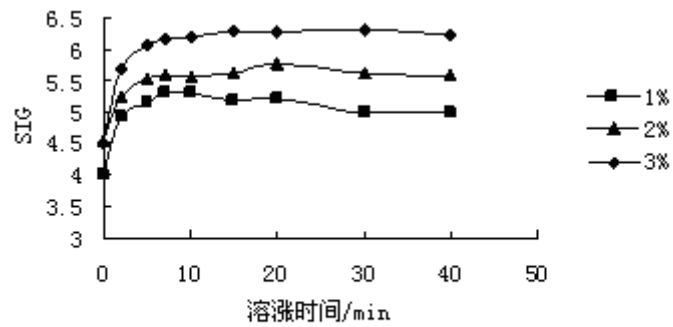


图9 SDS浓度对样品S129溶胀曲线的影响

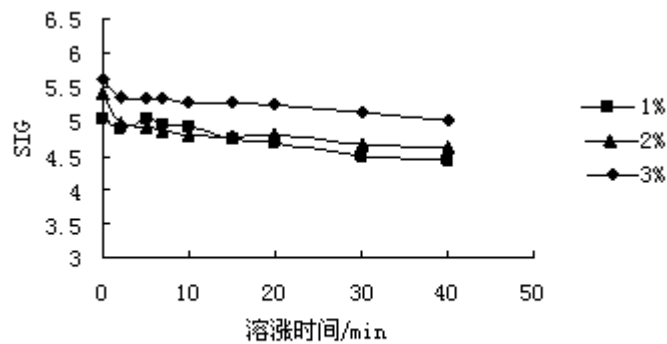


图10 SDS浓度对样品S023溶胀曲线的影响

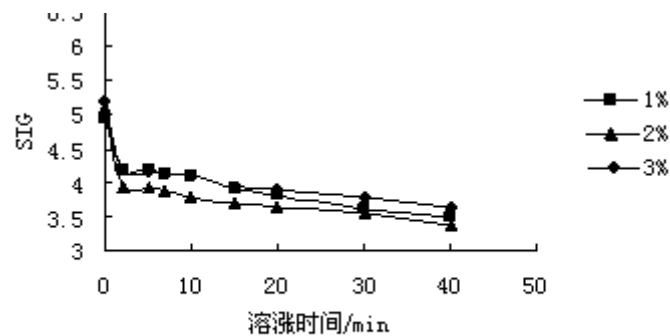


图11 SDS浓度对样品S007溶胀曲线的影响

以上三图表明，SDS 浓度对三种样品的溶胀影响大小各异，对样品 S129 溶胀影响最大，对样品 S007 的影响最小，样品 S023 介于二者之间。这表明高筋样品中 SDS 可溶性蛋白质溶出速度较慢，而低筋样品中可溶性蛋白质溶出速度则较快。

三种样品的 SIG 值都在 SDS 浓度为 3% 达到最大溶胀，此时样品间的差异也最大。低于或高于此浓度，各样品的溶胀都减小。这表明，当 SDS 浓度较低时，提取条件相对较弱，麦谷蛋白不能充分溶胀，因此 SIG 值偏低；而当 SDS 浓度较高时，提取条件相对较强，试剂对麦谷蛋白的提取势强于溶胀势，SIG 值偏低。

故本方法选择 3%的 SDS 溶液作为最佳实验条件。

2. 4. 5 以 SDS-乳酸为提取剂，乳酸浓度对样品溶胀曲线的影响

称取 100g SDS（3%）溶液，向其中添加 2mL 的乳酸溶液，得到提取剂 SDS-乳酸。其中乳酸溶液的稀释方法为：在 1mL 乳酸中分别加入蒸馏水 8mL、20mL、50mL 混匀，即蒸馏水与乳酸的体积比分别为 8：1、20：1、50：1。

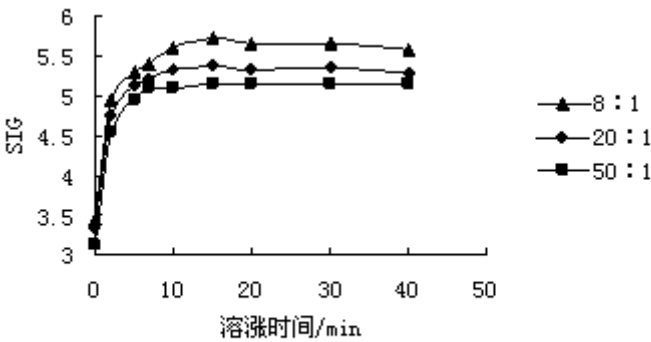


图12 不同乳酸浓度对样品S129溶胀曲线的影响

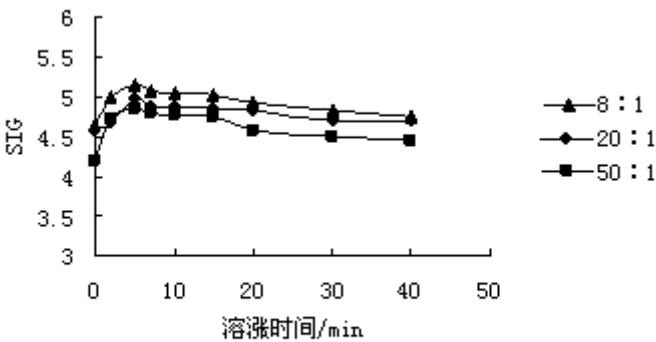


图13 不同乳酸浓度对样品S023溶胀曲线的影响

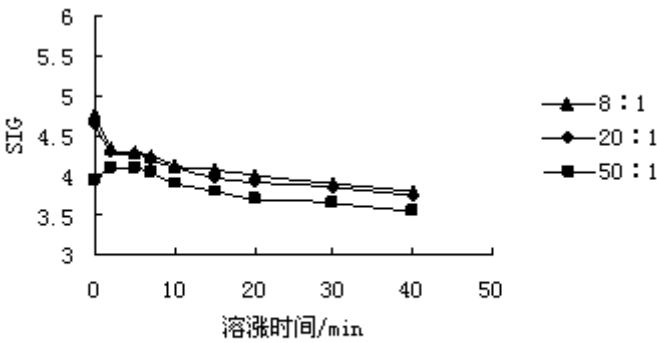


图14 不同乳酸浓度对样品S007溶胀曲线的影响

蒸馏水与乳酸的体积比越大，乳酸溶液的浓度就越低。以上三图表明，乳酸溶液的浓度越高，三种样品的 SIG 值越大，尤其是高筋样品 S129 的 SIG 值增幅最大，故样品间的差距也最大；反之，乳酸溶液的浓度越低，样品的 SIG 值越小，样品间的差距越小。此结果表明，添加的乳酸溶液，在较高的浓度下即可使样品中的麦谷蛋白较充分的溶胀；因此，本实验确定较佳实验条件是，蒸馏水与乳酸的体积比为 8：1。

2.4.6 液样比的影响

液样比是指提取剂体积与小麦粉样品重量的比值。本实验保持加入小麦粉中的水和 SDS 溶液的体积不变，分别称取小麦粉样 1.50g、1.2g、1g，使液样比为 20:1、25:1、30:1。

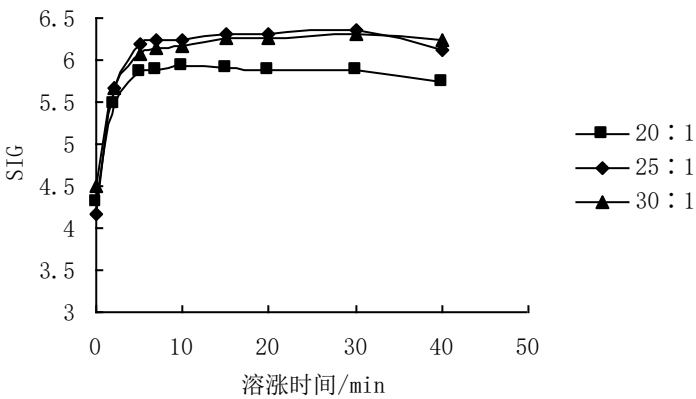


图15 不同液样比对样品S129溶胀曲线的影响

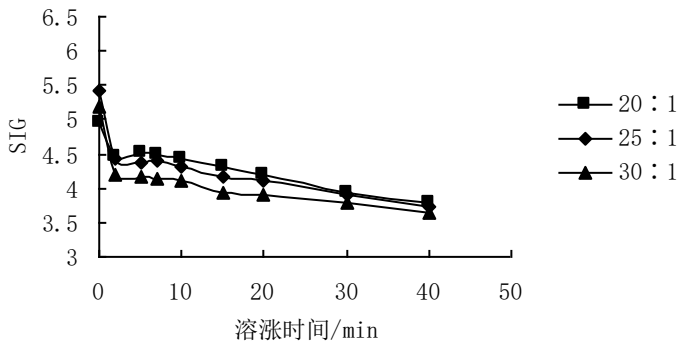
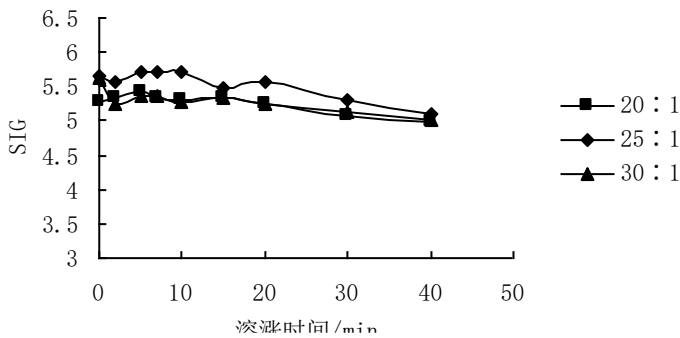


图17 不同液样比对样品S007溶胀曲线的影响

在以上三图中，样品 S129、S023、S007 达到最大溶胀时的液样比分别为 30:1、25:1、20:1。这表明，高筋样品需要较多的提取剂才能使其中的麦谷蛋白完全溶胀，而中筋和低筋样品则在较少的提取剂下即可使其中的麦谷蛋白完全溶胀。在液样比为 30:1 时，样品间的差异最大。

2. 4. 7 水化时间对溶胀曲线的影响

水化时间分别为 10min、15min、20min 时，得到高、中、低筋三种样品的溶胀曲线。

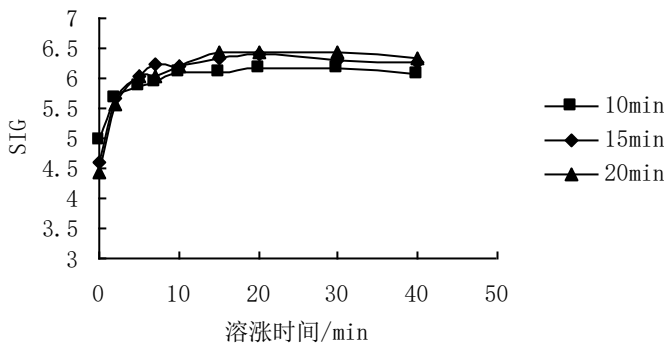


图18 不同水化时间对样品S129溶胀曲线的影响

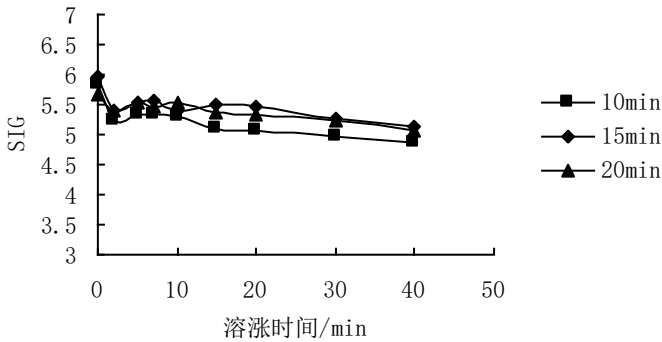


图19 不同水化时间对样品S023溶胀曲线的影响

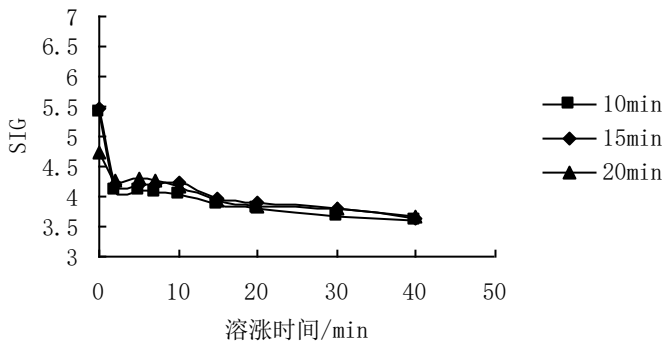


图20 不同水化时间对样品S007溶胀曲线的影响

以上三图表明，三种样品的 SIG 值都随着水化时间的延长而增大，并且在水化第 10min 后，水化时间的延长对 SIG 值的影响甚微，表明此时小麦粉颗粒已较充分地润湿。考虑到实验速度等因素，本方法确定 10min 为最佳水化时间。

2.4.8 离心速度对溶胀曲线的影响

离心速度分别为 1100r/min、1300 r/min、1500 r/min 时，得到高、中、低筋三种样品的溶胀曲线。

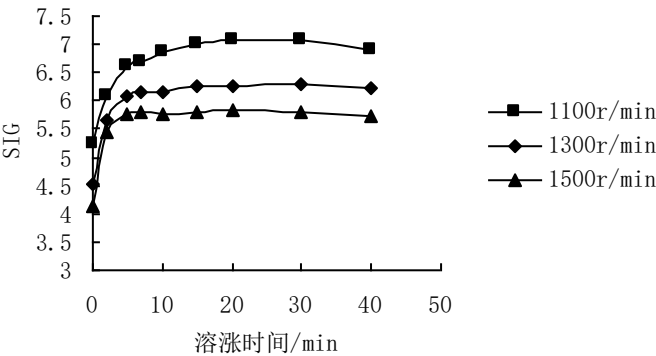


图21 不同离心速度对样品S129溶胀曲线的影响

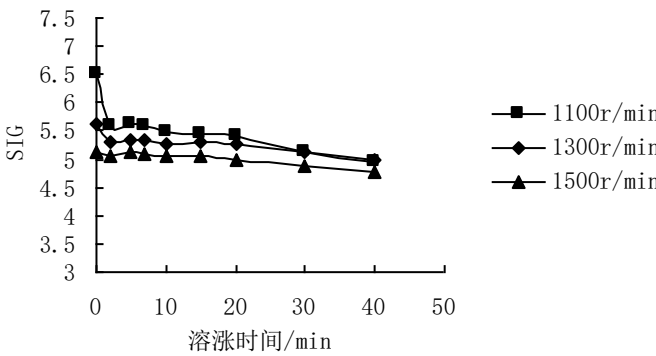


图22 不同离心速度对样品S023溶胀曲线的影响

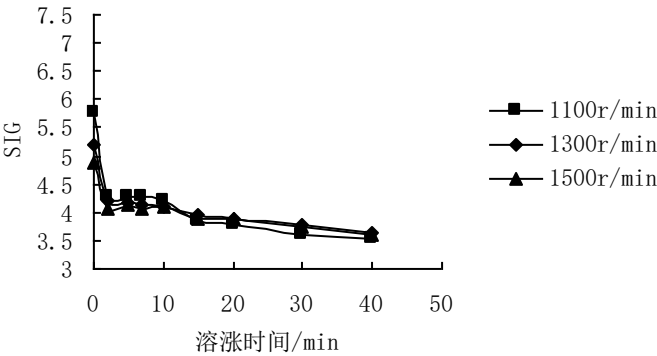


图23 不同离心速度对样品S007溶胀曲线的影响

以上三图表明，三种样品的 SIG 值都随着离心速度的增加而减小，而且离

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/965200221030011310>