

小麦淀粉特性及微量面粉溶剂保持能力的研究

倪芳妍¹, 张国权¹, 李 劲¹, 魏益民^{1,2}, 郑建梅¹

(1 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2 中国农业科学院 农产品加工研究所, 北京 100094)

[摘 要] 以陕西省区域试验的14个小麦品种(系)为材料, 系统研究了小麦面粉的总淀粉、直链淀粉、破损淀粉率、粘度特性、淀粉酶活性、面粉膨胀体积及其与微量碳酸氢钠SRC值间的关系。结果表明, 参试小麦品种(系)面粉的直链淀粉含量、直/支链淀粉比、破损淀粉率、破损值、回升值的变异系数较高, 在小麦品种间变化较大。微量面粉碳酸氢钠SRC值与破损淀粉率呈极显著正相关, 与直链淀粉含量呈显著正相关, 与峰值粘度、降落数值和面粉膨胀体积呈显著负相关。通过二次旋转回归正交组合设计分析了微量SRC法中离心力(X_1)、溶剂量(X_2)、溶胀温度(X_3)和溶胀时间(X_4)等因素对碳酸氢钠SRC值的影响, 建立了微量面粉碳酸氢钠SRC值的回归方程, 结果表明离心力、溶剂量、溶胀温度和溶胀时间均对微量面粉碳酸氢钠SRC值有影响, 但不是简单的线性关系。

[关键词] 小麦面粉; 溶剂保持能力; 淀粉品质

[中图分类号] S512.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)03-0049-06

小麦品质是小麦对某种最终加工用途的满足程度。长期以来, 研究者一直将其研究重点放在小麦蛋白质品质上, 但随着研究的不断深入, 小麦淀粉品质已成为近年来国内外小麦品质研究的重要课题^[1]。小麦淀粉品质主要包括直链淀粉含量、糊化粘度特性和膨胀特性等。在淀粉的各种特性研究中, 糊化粘度特性的研究最为广泛, 研究方法也较多。小麦淀粉品质特性与其面粉及食品品质有着重要关系^[2-4]。杨学举等^[5]研究表明, 直/支链淀粉比越低, 面包品质越好。面粉糊化特性与面条煮面品质密切相关, 其峰值粘度与面条的适口性、韧性、粘性和总评分呈显著或极显著正相关, 破损值与面条适口性呈极显著正相关^[2,6]。面粉膨胀体积(FSV)与日本乌冬面的柔软度、弹性、光滑度和总评分高度相关, 与峰值粘度呈极显著正相关^[7-9]。小麦在制粉时, 由于机械碾压作用产生的破损淀粉粒比完整淀粉粒更易被 α -淀粉酶水解, 对淀粉糊化特性有着重要影响^[10]。

面粉溶剂保持能力(Solvent Retention Capacity, SRC)是指溶剂在面粉中经过溶胀和离心后仍保留在面粉中的量占面粉质量的比值。用4种不同溶剂可反映该面粉的水保持能力、50%蔗糖保持能力、

5%碳酸氢钠保持能力和5%乳酸保持能力。这4种溶剂保持能力值能反映面粉4个方面的特性, 即5%乳酸SRC值与面粉中麦谷蛋白特性相关联, 5%碳酸氢钠SRC值与面粉中破损淀粉水平相关联, 50%蔗糖SRC值与面粉中戊聚糖特性高度相关, 水SRC值反映面粉的综合特性^[11-13]。目前, SRC法已被收录为AACC 56-11标准方法, 该方法操作简单, 测试速度快, 但面粉用样量需要5g, 对小麦育种早代材料的选择和品质分析有一定困难。本研究选用陕西省区域试验中西农试点的14个小麦品种(系)为材料, 分析了微量(0.1g面粉)碳酸氢钠SRC值与小麦面粉淀粉品质评价指标之间的关系, 并以陕优225为材料, 利用二次旋转回归正交组合设计, 系统分析了离心力、溶剂量、溶胀温度和溶胀时间等因素对微量碳酸氢钠SRC值的影响, 以为微量SRC法用于淀粉品质检测, 以及在小麦育种早代材料品质筛选中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参加2003~2004年度陕西关中小麦品种区域

[收稿日期] 2005-09-05

[基金项目] 农业结构调整重大技术研究专项(2002-02-1A)

[作者简介] 倪芳妍(1980—), 女, 内蒙古包头人, 在读硕士, 主要从事粮食油脂及植物蛋白工程研究。E-mail: start2128@tom.com

[通讯作者] 张国权(1968—), 男, 天津蓟县人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事粮食品质及加工工艺研究。E-mail: Zhanggq98@126.com

试验的 14 个品种(系),分别为陕 253,豫麦 47,郑麦 9023,陕优 225,皖麦 38,82(42)-18,豫麦 34,小偃 6 号,郑麦 98,陕 150,高优 503,小偃 54,花育 8 号和新麦 9408。于 2003 年秋播种于西北农林科技大学农作一站同一块试验田,按品种比较试验的要求进行管理。

1.2 方 法

1.2.1 微量 SRC 值的测定 参照 AACC 56-11 标准方法,等比缩小样品量和溶剂量,准确称取 $0.100\ 0 \pm 0.001\ 0\text{ g}$ 面粉放入 1.5 mL 尖底戴帽离心管中,加入体积分数 5% NaHCO_3 溶液。待达到溶胀时间后开始离心,其间每隔 5 min 震荡约 5 s。离心后弃去上清液,倒扣在吸水纸上,空干后称重,按下式计算 SRC 值。

$\text{SRC}/\% = \{\text{沉淀物质量} \times 86 / [\text{面粉质量} \times 100(1 - \text{面粉含水量})] - 1\} \times 100\%$ 。

1.2.2 总淀粉含量的测定 参照 GB 5514-85 的方法测定。

1.2.3 直链淀粉含量的测定 参照 GB/T15683-1995 的方法测定。

1.2.4 破损淀粉含量的测定 参照 GB 9826-88 的方法测定。

1.2.5 降落数值的测定 参照 GB 10361-89 的方法测定。

1.2.6 粘度参数的测定 采用德国布拉本德微型粘度糊化仪(Brabender MICROVISCO-AMYLOGRAPH)测定。

1.2.7 面粉膨胀体积的测定 采用澳大利亚 Graham Crosbie 提供的面粉膨胀体积(FSV)测定仪,参考 AACC 标准(56-21 或 56-64 Flour Swelling Volume Preliminary Method)的方法进行。

1.2.8 微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的影响因素 为了考察离心力(X_1)、溶剂量(X_2)、溶胀温度(X_3)和溶胀时间(X_4)对微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的影响,运用 DPS 数据分析系统设计四因素二次旋转组合实验,因子水平见表 1。

表 1 四因素二次回归正交旋转组合设计试验因素水平编码表

Table 1 Factor levels coding

编码 Code	离心力(X_1)/($\times g$) Centrifugal force	溶剂量(X_2)/ μL Solvent volume	溶胀温度(X_3)/ $^{\circ}\text{C}$ Temperature	溶胀时间(X_4)/min Solvent time
+2	2 500	700	40	25
+1	2 000	600	35	20
0	1 500	500	30	15
-1	1 000	400	25	10
-2	500	300	20	5

1.3 数据处理

试验数据处理采用 DPS 数据分析系统。

2 结果与分析

2.1 小麦面粉的淀粉品质特性

2.1.1 淀粉含量及其组分 由表 2 可以看出,参试小麦品种(系)的总淀粉含量平均为 628.4 g/kg,标准差为 37.1 g/kg,变异系数较小;直链淀粉含量和破损淀粉率的平均值分别为 249.5 g/kg,12.91%,变异系数较高;直/支链淀粉比在小麦品种间的变化最大,变异系数高达 27.08%。

2.1.2 淀粉的粘度特性 表 2 结果表明,参试小麦品种(系)的起始糊化温度平均为 62.4 $^{\circ}\text{C}$,标准差为 1.61 $^{\circ}\text{C}$,变异系数最低;峰值粘度和回升值平均分别为 604.6 和 338.1 BU,变异系数较高;破损值的变异系数最高,为 27.55%。

2.1.3 α -淀粉酶活性及面粉膨胀体积 降落数值的高低反映了小麦淀粉酶活性的强弱。由表 2 可以看出,参试小麦品种(系)降落数值平均为 489 s,变幅为 425~563 s,品种间变异系数达 9.23%,面粉膨胀体积的平均值为 13.10 mL/g,变异系数为 7.47%。

2.2 微量面粉碳酸氢钠保持能力

由表 2 可知,碳酸氢钠 SRC 值平均为 84.72%,变幅为 78.71%~91.14%,变异系数较小,为 4.66%。

2.3 微量面粉碳酸氢钠保持能力与淀粉品质评价指标的关系

由表 3 可以看出,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与破损淀粉率呈极显著正相关,与直链淀粉含量呈显著正相关,与峰值粘度、降落数值和面粉膨胀体积呈显著负相关,与总淀粉含量、直/支链淀粉比、起始糊

化温度、破损值和回升值相关不显著。

表 2 微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与小麦淀粉评价品质指标的平均数、标准差、变幅和变异系数

Table 2 Mean, standard deviation, coefficient of variation and range of flour samples

品质性状 Quality index	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变幅 Range	CV/% Coefficients of variation
总淀粉含量/(g·kg ⁻¹) Content of starch	628.4	37.1	582.1~724.8	5.91
直链淀粉含量/(g·kg ⁻¹) Content of amylose	249.5	43.6	183.9~334.2	17.48
直/支链淀粉比/% Proportion	69.22	0.26	46.18~133.73	27.08
破损淀粉率/% Content of damage starch	12.91	1.36	10.66~15.99	10.51
起始糊化温度/℃ Temperature	62.4	1.61	60.9~67.6	2.57
峰值粘度/BU Peak viscosity	604.6	50.92	537.0~726.0	8.42
破损值/BU Break down value	133.5	36.78	62.0~207.0	27.55
回升值/BU Set up value	338.1	42.38	302.0~437.0	12.53
降落数值/s Falling number	489	45.18	425~563	9.23
面粉膨胀体积/(mL·g ⁻¹) Flour swelling volume	13.10	0.98	10.88~14.81	7.47
微量面粉碳酸氢钠 SRC 值/% Micro-SRC value of NaHCO ₃	84.72	3.95	78.71~91.14	4.66

表 3 微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与淀粉品质评价指标的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between flour starch quality and Micro-SRC value of NaHCO₃

品质性状 Quality index	微量面粉碳酸氢钠 SRC 值 Micro-SRC value of NaHCO ₃	品质性状 Quality index	微量面粉碳酸氢钠 SRC 值 Micro-SRC value of NaHCO ₃
总淀粉含量 Content of starch	-0.231 1	峰值粘度 Peak viscosity	-0.631 1 [*]
直链淀粉含量 Content of amylose	0.634 8 [*]	破损值 Breakdown value	-0.531 2
直/支链淀粉比 Proportion	0.371 4	回升值 Set up value	-0.322 1
破损淀粉率 Content of damage starch	0.709 8 ^{**}	降落数值 Falling number	-0.550 7 [*]
起始糊化温度 Temperature	0.492 3	面粉膨胀体积 Flour Swelling Volume	-0.647 1 [*]

2.4 微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的影响因素分析

微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的四因素二次回归正交旋转组合设计试验测定结果见表 4。各因素对微量面粉碳酸氢钠的单因子效应见图 1, 方差分析结果见表 5。

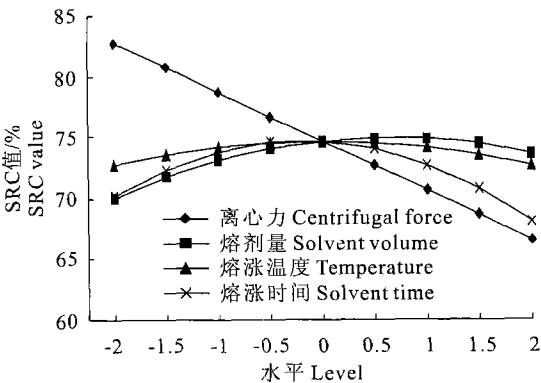


图 1 各因素对微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的影响

Fig.1 Affecting factors on NaHCO₃ SRC value

由图 1 可以看出,在溶剂量、溶涨温度和溶涨时

间为零水平时,随着离心力的增大,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值呈减小趋势;在离心力、溶涨温度和溶涨时间为零水平时,随着溶剂量增大,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值也逐渐增大,当溶剂量为 600 μL 时,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值最大,当溶剂量大于 600 μL 时,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值又逐渐减小;在离心力、溶剂量和溶涨时间为零水平时,溶涨温度在 25~35 ℃时微量面粉碳酸氢钠 SRC 值偏大,总体影响不显著;在离心力、溶剂量和溶涨温度为零水平时,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值随着溶涨时间的延长缓慢增加,当溶涨时间为 15 min 时达到最大,当溶涨时间继续增大时,微量面粉碳酸氢钠 SRC 值又呈减小趋势。

由方差分析结果拟合得到回归方程:

$$Y = 74.666\ 67 - 4.035\ 83X_1 + 0.911\ 67X_2 + 0.235\ 00X_3 - 0.520\ 0X_4 - 0.287\ 71X_1^2 - 0.701\ 46X_2^2 - 0.482\ 71X_3^2 - 1.396\ 46X_4^2 + 0.443\ 75X_1X_2 + 0.150\ 00X_1X_3 + 0.408\ 75X_1X_4 - 0.685\ 00X_2X_3 +$$

$0.321\ 25X_2X_4+0.160\ 0X_3X_4$ 。($P<0.1$)

从回归方程可以看出, X_1 , X_2 和 X_4 的一次项影响达到显著水平; X_2 , X_3 和 X_4 的二次项达到显著水平; X_2 和 X_3 的交互作用和回归后的 F 值较大, 也均达到显著水平, 说明该方程可以反映各因素对微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的影响。

剔除不显著项($P>0.1$)后, 得简化的回归方程

为: $Y = 74.666\ 67 - 4.035\ 83X_1 + 0.911\ 67X_2 - 0.520\ 0X_3 - 0.701\ 46X_2^2 - 0.482\ 71X_3^2 - 1.396\ 46X_4^2 - 0.685\ 00X_2X_3$ 。由回归方程可知, 离心力、溶剂量、溶胀温度和溶胀时间均对微量面粉碳酸氢钠 SRC 值有影响, 但由于一些因素的二次项系数比一次项系数大, 各因素对碳酸氢钠 SRC 值的影响不是简单的线性关系。

表4 四因素二次回归正交旋转组合设计试验方案及结果

Table 4 Test plan and results by quadratic rotating combined design

编号 No.	离心力(X_1)/($\times g$) Centrifugal force	溶剂量(X_2)/ μL Solvent volume	溶胀温度(X_3)/ $^{\circ}\text{C}$ Temperature	溶胀时间(X_4)/min Solvent time	微量面粉碳酸氢钠 SRC 值(Y)/% Micro-SRC value of NaHCO_3
1	1	1	1	1	70.12
2	1	1	1	-1	68.37
3	1	1	-1	1	69.39
4	1	1	-1	-1	70.96
5	1	-1	1	1	66.59
6	1	-1	1	-1	69.14
7	1	-1	-1	1	66.30
8	1	-1	-1	-1	65.55
9	-1	1	1	1	74.36
10	-1	1	1	-1	75.98
11	-1	1	-1	1	76.13
12	-1	1	-1	-1	77.01
13	-1	-1	1	1	74.84
14	-1	-1	1	-1	76.03
15	-1	-1	-1	1	71.99
16	-1	-1	-1	-1	76.46
17	-2	0	0	0	83.58
18	2	0	0	0	63.34
19	0	-2	0	0	70.19
20	0	2	0	0	73.42
21	0	0	-2	0	71.68
22	0	0	2	0	73.68
23	0	0	0	-2	69.70
24	0	0	0	2	68.35
25	0	0	0	0	74.54
26	0	0	0	0	75.20
27	0	0	0	0	74.31
28	0	0	0	0	74.12
29	0	0	0	0	74.85
30	0	0	0	0	74.50
31	0	0	0	0	74.77
32	0	0	0	0	75.31
33	0	0	0	0	75.10
34	0	0	0	0	74.42
35	0	0	0	0	73.98
36	0	0	0	0	74.90

表 5 微量面粉碳酸氢钠 SRC 值试验结果的方差分析

Table 5 Variance analysis of NaHCO₃ SRC value

变异来源 Source of variation	平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	比值 F (F)	显著水平 (P)
X ₁	390.91	1	390.91	342.29	<0.001
X ₂	19.95	1	19.953	17.47	<0.001
X ₃	1.33	1	1.33	1.16	0.294
X ₄	6.49	1	6.49	5.68	0.027
X ₁ ²	2.65	1	2.65	2.32	0.143
X ₂ ²	15.75	1	15.75	13.78	0.001
X ₃ ²	7.46	1	7.46	6.53	0.018
X ₄ ²	62.40	1	62.40	54.64	<0.001
X ₁ X ₂	3.15	1	3.15	2.76	0.112
X ₁ X ₃	0.36	1	0.36	0.32	0.580
X ₁ X ₄	2.67	1	2.67	2.34	0.141
X ₂ X ₃	7.51	1	7.51	6.58	0.018
X ₂ X ₄	1.65	1	1.65	1.45	0.243
X ₃ X ₄	0.41	1	0.41	0.36	0.556
回归 Regression	522.68	14	522.68	F _{0.01} =32.691	<0.001

3 小结与讨论

(1)参试小麦品种(系)面粉的直链淀粉含量、直/支链淀粉比、破损淀粉率、破损值、回升值的变异系数较高,在小麦品种间变化较大。起始糊化温度的变异系数最低,仅为 2.57%。

(2)微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与破损淀粉率呈极显著正相关,说明微量面粉碳酸氢钠 SRC 值能够准确反映面粉中的破损淀粉含量,可以作为间接反映破损淀粉含量的品质指标;微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与直链淀粉含量呈显著正相关,这与王晓曦等^[12]的研究结果一致;张国权等^[2]研究表明,降落数值与峰值粘度呈极显著正相关,王晓曦等^[14]研究发现,破损淀粉含量与降落数值呈显著负相关,梁灵等^[15]研究认为,FSV 与直链淀粉含量呈显著负相关,以上观点均间接验证了本研究中微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与峰值粘度、降落数值和面粉膨胀体积呈显著负相关的研究结果;微量面粉碳酸氢钠 SRC 值虽然与起始糊化温度、破损值相关不显著,但相关系数值接近显著,这也与张国权等^[2]的研究结果一致。

(3)通过对微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的单因子效应分析和方差分析,得到微量面粉碳酸氢钠 SRC 值的模型为: $Y = 74.666\ 67 - 4.035\ 83X_1 + 0.911\ 67X_2 - 0.520\ 0X_4 - 0.701\ 46X_2^2 - 0.482\ 71X_3^2 - 1.396\ 46X_4^2 - 0.685\ 00X_2X_3$,说明离心力、溶剂量、溶胀温度和溶胀时间均对微量面粉碳酸氢钠 SRC 值有影响。微量面粉碳酸氢钠 SRC 值随着离心力的增大而减小,这是由于面粉中各组分充分溶胀后形成了空间网状结构,其间网络的游离溶剂随离心力增大被甩出的越多,从而呈现 SRC 值减小的规律。溶剂量、溶胀温度和溶胀时间对碳酸氢钠 SRC 值的影响主要表现在二次项和交互作用上,不能通过简单的线性分析得出明显的结论。

(4)微量面粉碳酸氢钠 SRC 值与各指标的相关性研究表明,微量 SRC 法可以作为一种新的小麦淀粉糊化特性品质评价方法。该方法用样量少、操作简单,能够满足研究者对快速、微量、简便的品质检测的需要。通过对微量化 SRC 法各因素的初步分析可以看出,离心力、溶剂量、溶胀温度和溶胀时间均对碳酸氢钠 SRC 值有影响,具体的参数还有待于进一步研究。

[参考文献]

[1] Oda M, Yasuda Y, Okazaki S, et al. A method of flour quality assessment for Japanese noodles[J]. Cereal Chemistry, 1980, 57(4): 253-254.

[2] 张国权, 魏益民, 郭波莉, 等. 小麦面粉粘度特性与面条品质关系的研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(增刊): 15-19.

[3] 赵国荣, 姚大年, 董召荣, 等. 淀粉性状研究在谷物品质育种中的作用[J]. 安徽农业大学学报, 1997, 24(3): 317-319.

[4] 赵俊晖, 于振文. 小麦籽粒淀粉品质与蛋白质品质关系的初步研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(4): 17-20.

- [5] 杨学举,屈平,张彩英,等.小麦 A 型淀粉粒大小对淀粉特性及面包品质的影响[J].河北农业大学学报,2004,27(5):1-5.
- [6] 刘建军.粘度与面条蒸煮品质的关系[J].山东农业科学,1999(6):48-51.
- [7] Crosbie G B. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flour[J]. Journal of Cereal Science, 1991, 13: 145-150.
- [8] Crosbie G B, Lambe W J, Tsutsui H, et al. Further evaluation of the flour swelling volume test for identifying wheat potentially suitable for Japanese noodle[J]. Journal of Cereal Science, 1992, 15: 271-280.
- [9] Crosbie G B, Lambe W J. The application of the flour swelling volume test for potential noodle quality to wheat breeding lines affected by sprouting[J]. Journal of Cereal Science, 1993, 18: 267-276.
- [10] 魏益民. 主要食品对小麦籽粒品质的要求分析[J]. 西部粮油科技, 2002(6): 10-12.
- [11] 张岐军, 何中虎, 闰俊, 等. 溶剂保持力在软质小麦品质评价中的应用[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(4): 140-142.
- [12] 王晓曦, 曹维让, 李丰荣. SRC 法测定面粉品质与其他方法比较研究初探[J]. 粮食与饲料工业, 2003(9): 6-8.
- [13] 时忠烈. 面粉性能测试新方法——SRC 简介及其应用[J]. 粮食与饲料工业, 2003(9): 4-5.
- [14] 王晓曦, 王忠诚, 曹维让, 等. 小麦破损淀粉含量与面团流变学特性及降落数值的关系[J]. 郑州工程学院学报, 2002, 22(3): 53-57.
- [15] 梁灵, 魏益民, 张国权, 等. 小麦淀粉膨胀体积和直链淀粉含量的研究[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 34-36.

Wheat starch quality and affecting factors on the solvent retention capacity

NI Fang-yan¹, ZHANG Guo-quan¹, LI Jin¹, WEI Yi-min^{1,2}, ZHENG Jian-mei¹

(1 College of Food Science & Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Food Science and Technology Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract: The contents of starch, amylose, damage starch, paste viscosity, falling number, flour swelling volume, NaHCO_3 SRC value and their correlation in 14 wheat varieties bred in Guanzhong area of Shaanxi province were analyzed. The results showed that some of the coefficients of variation is high, including content of amylose, proportion, content of damage starch, breakdown value and setup value. The NaHCO_3 SRC value was significantly positively related to the content of damage starch, and was positively related to the content of amylase, and was negatively related to peak viscosity, falling number and flour swelling volume. The factors, which influenced NaHCO_3 SRC value from the Micro-method of SRC such as centrifugal force (X_1), solvent volume (X_2), solvent temperature (X_3) and solvent time (X_4), were analyzed with quadratic rotating combined design. The math model of NaHCO_3 SRC value shows that all the factors influence the NaHCO_3 SRC value, but it can't simply be explained by linear analysis.

Key words: wheat flour; solvent retention capacity; starch quality