

아스코르브산과 시스테인이 밀가루의 리올로지 성질과 노 - 타임 반죽법에 미치는 영향

조남지·허덕균·김성곤*

서울식품공업주식회사, *단국대학교 식품영양학과

Effects of Ascorbic Acid and L-Cysteine on Rheological Properties of Wheat Flour and on No-time Dough Process

Nam-Ji Jo, Duk-Kyun Hue and Sung-Kon Kim*

Seoul Foods Co., Ltd., Ansan

*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul

Abstract

No-time dough process utilizing ascorbic acid as an oxidant was investigated. The farinograph absorption was increased as the amount of L-cysteine increased, while stability and peak time decreased up to 40 and 30 ppm of L-cysteine, respectively. Extensibility of the dough was increased with the increment of L-cysteine, but the ratio of resistance to extensibility was significantly decreased. At the same level of L-cysteine, the addition of ascorbic acid by 1.5 times decreased the farinograph absorption. However, the stability and peak time remained relatively unchanged upon addition of ascorbic acid. Extensibility and resistance of dough were respectively decreased and increased in the presence of both L-cysteine and ascorbic acid. In the range of 30-50 ppm of cysteine, the mixing time decreased and the baking absorption was increased by 1% as the cysteine was increased by 10 ppm. The ascorbic acid had no effects on absorption and mixing time. Bread produced by no-time dough process had no break and shred. The optimum concentrations of L-cysteine and ascorbic acid for no-time dough process were 40 and 100 ppm, respectively.

Key words: no-time dough, ascorbic acid, cysteine, dough rheology

서 론

빵의 제조공정은 dough mixing(dough development), 발효 및 발효된 반죽을 굽는 세 단계로 나눌 수 있는데, dough development는 글루텐의 망상구조를 형성시켜 가스(CO₂)를 수용할 수 있는 최적 상태의 반죽구조를 이루게 하는 데 그 목적이 있다⁽¹⁾. 이는 기계적^(2,3) 또는 화학적⁽⁴⁾ 작용에 의하여 이루어질 수 있다.

화학적 방법으로 dough development를 이루는 제빵 방법을 노타임(no-time) 방법이라고 하는데, 이것은 화학물질을 사용하여 dough development를 이루므로서 발효공정을 생략할 수 있는 잇점이 있다. 화학적 방법에 의한 dough development에는 시스테인이

가장 널리 이용되는데 시스테인의 환원작용은 밀가루 단백질과 접촉함과 동시에 시작되며, mixing 자체에는 크게 영향을 받지 않는다⁽⁵⁾. 즉, 시스테인은 그 자체가 dough development를 이루는 것은 아니며 반죽속도와 에너지를 줄여줌으로서 dough development를 가속화시키는 역할을 한다고 볼 수 있다⁽⁶⁾.

적절한 dough development에 필요한 시스테인의 양은 밀가루 강도에 따라 달라지게 되며⁽⁶⁻⁸⁾, 동일한 밀가루의 경우 mixing 속도가 감소함에 따라 시스테인의 첨가량은 증가된다⁽⁶⁾.

제빵에는 산화제(브롬산칼륨, 아스코르브산 등)가 쓰이는데 이 목적은 단백질(글루텐)의 신장성과 가스 수용능력을 조정하여 빵의 최대부피를 얻고자 하는데 있다⁽⁹⁾. 발효와 굽기과정 중 반죽의 최적 부풀음에는 적당량의 sulfhydryl(-SH)기가 필요하다^(10,11). 산화제는 단백질의 -SH기에 작용하여 -SH와 -SS-의 상호교환을 억제하므로써 발효과정 중에 반죽의 신

Corresponding author: Sung-Kon Kim, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, San 8, Hannam-dong, Yongsan-gu, Seoul 140-714

장성을 감소시키게 된다⁽⁹⁾. 시스테인을 이용한 제빵 방법에는 산화제가 필수적으로 요구된다.

우리나라에서 노타임법에 의한 제빵에 대하여는 브롬산칼륨과 아스코르브산을 산화제로 사용한 일부 연구⁽¹²⁻¹⁵⁾가 있다.

최근 브롬산칼륨의 사용은 점차 감소추세에 있으며 유럽이나 일본 등에서는 산화제로 아스코르브산만 허용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 노타임법에 의한 제빵에 있어서 시스테인과 산화제로서 아스코르브산을 사용하여 이들의 함량을 변화시키면서 반죽의 리올로지 성질과 제빵 적성을 조사하여 노타임법에 의한 제빵 방법에 대한 기초자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

밀가루는 1988년 7월에 제일제당(주)에서 생산된 제빵용 밀가루(강력 1급)를 사용하였으며, 밀가루의 일 반성분은 수분 13.2%, 단백질 12.7%(N×5.7), 회분 0.42%이었다.

시스테인(L-cysteine·HCl)과 아스코르브산은 시약 용을, 기타 부재료는 시판용을 사용하였다.

밀가루의 물리적 특성의 분석

밀가루의 파리노그래프와 익스텐소그래프는 AACC 방법⁽¹⁶⁾에 따라 분석하였다. 파리노그래프는 300g mixing bowl을 사용하였다.

익스텐소그래프는 파리노그래프 흡수량보다 2% 적게 하였고 반죽을 3분간 1차 혼합하고 5분간 resting 시킨 다음 다시 2분간 혼합하면서 커브의 중앙이 500 B.U.에 도달하도록 필요에 따라 흡수량을 조절하였다. 반죽(150g)을 45분, 90분, 135분 발효시킨 후 각각 익스텐소그램을 구하였다. 익스텐소그램 중 저항도는 5cm에서의 높이(B.U.)로, 신장도는 거리(cm)로 나타내었다.

시스테인과 아스코르브산의 효과를 보기 위하여 전자는 20~60 ppm, 후자는 시스테인 첨가량의 1.5~3.5 배를 사용하였다. 파리노그래프는 이들 첨가제를 가한 다음 5분간 혼합하고 가수하였다. 실험은 최소한 2회 이상 반복하고 평균값으로 나타내었다.

제빵

제빵에 사용한 원료 배합비는 표 1과 같다. 표준빵은

직접반죽법(AACC 10-10A)에 따라 30°C에서 주발효와 proofing을 행하였다(그림 1). No-time 법에 의한 제빵은 기본적으로 직접반죽법과 같이 행하였으나 반죽의 proofing은 40°C에서 실시하였다.

밀가루에 산화제 또는 환원제를 첨가하고 pin 형 믹서(National Mfg. Co., Lincoln, AE, U.S.A)를 이용하여 105 rpm에서 5분간 예비혼합한 다음 기타 원료를 첨가하였다.

Table 1. Baking formula based on flour weight

Ingredients	
Flour	100%
Sucrose	5%
Salt	2%
Shortening	3%
Yeast (compressed)	5%
Water	variable
L-cysteine (Only for no-time dough)	30-50 ppm
L-ascorbic acid (Only for no-time dough)	45-175 ppm

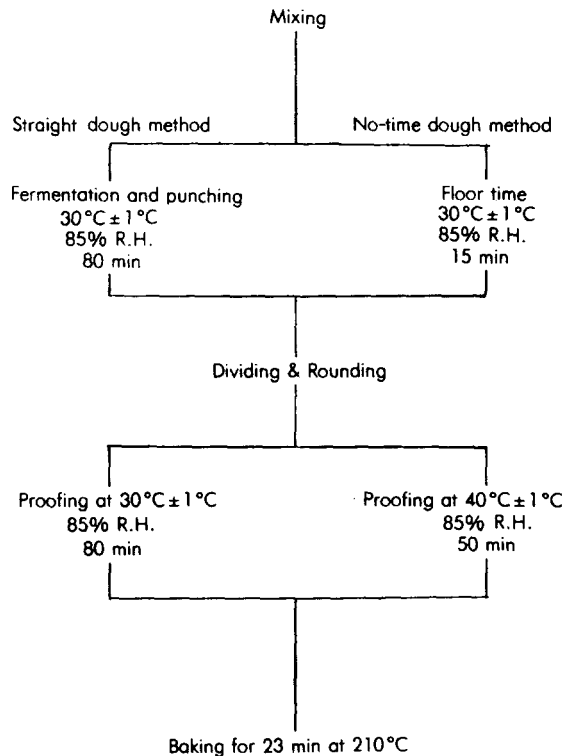


Fig. 1. Bread-making processes by the straight dough and no-time dough methods.

빵의 부피는 빵을 오븐에서 꺼내고 10분 후에 종자치 환법⁽¹⁶⁾으로 측정하였고, 빵의 외관 및 내상을 조사하였다.

모든 결과는 적어도 4번 이상 반복하여 측정된 값의 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

시스테인 첨가량에 따른 파리노그램 특성

시스테인 첨가량에 따른 밀가루의 파리노그램 특성값은 표 2와 같다. 원료 밀가루의 흡수율은 65.8%이었으나 시스테인을 20 ppm 첨가한 경우는 68.7%, 30 ppm의 경우에는 69.3%로서 흡수율이 각각 2.9%와 3.6% 증가하였다. 그러나 40 ppm 이상에서의 흡수율은 거의 일정하였다. 안정도는 원료 밀가루가 27.5분이었으나 시스테인 20 ppm에서는 18분, 40 ppm에서는 11.5분으로 크게 감소하였고 시스테인 40~60 ppm에서는 그 감소정도가 완만하였다.

파리노그램의 다른 특성값들도 시스테인 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다(표 2). Mechanical tolerance index는 시스테인 20 ppm에서는 0이었고 30 ppm 이상에서는 25~30 B. U. 정도의 값을 보였다.

Departure time과 time to breakdown은 시스테인 30 ppm에서 현저히 감소하였고 그 이상에서의 감소는 완만하였다.

시스테인 첨가량에 따른 익스텐소그램 특성

시스테인 첨가량에 따른 익스텐소그램 특성값의 변화는 표 3과 같다. 시스테인을 첨가하지 않은 밀가루 반죽의 경우 발효시간 경과에 따라 저항도는 증가하였고 반대로 신장성은 감소하였으며(표 3)에 이따따라 resistance/extensibility 비는 증가하였다(그림 2). 이러한 결과는 밀가루 반죽은 발효에 의하여 탄성과 점성은 증가되며 신장도는 감소한다는 보고^(17,18)와 잘 일치하였다.

시스테인은 밀가루 반죽의 신장성을 증가시켰으며 저항도를 감소시켜(표 3), R/E 값을 크게 감소시켰다(그림 2). 그러나 동일한 시스테인 함량에서 반죽의 저항도는 발효시간이 경과함에 따라 증가하였다(표 3). Elkassabany와 Hosoney⁽¹⁹⁾는 시스테인은 발효된 반죽의 퍼짐비율(폭/높이의 비율)을 증가시킨다고 보고하였고, Cullen-Refai 등⁽¹⁸⁾은 시스테인을 50 ppm 첨가한 반죽을 180분간 발효시키고 relaxation 중 퍼짐비율을 측정할 결과 시스테인을 첨가하지 않은 밀가루 반죽과 같은 퍼짐비율을 보인다고 하였다. 이러한 결과

Table 2. Farinogram data on wheat flour at various levels of L-cysteine

	L-cysteine (ppm)					
	0	20	30	40	50	60
Absorption (%)	65.8	68.7	69.3	69.8	69.9	70.1
Stability (min)	27.5	18.0	15.0	11.5	11.0	10.5
Peak time (min)	18	10	7¼	7½	7	6¾
Arrival time (min)	6	5	4	4	3¾	3¼
Mechanical tolerance index (B.U.)	0	0	30	25	25	25
Departure time (min)	33½	28.0	18.0	15½	14½	13½
Time to breakdown (min)	39½	34.0	13.0	12.0	10¾	10½

Table 3. Effect of L-cysteine on extensogram of wheat flour

L-cysteine (ppm)	Resistance (B.U.)			Extensibility (cm)		
	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min
0	290	305	400	22.8	20.7	18.6
20	220	250	295	21.3	20.2	21.8
30	210	230	250	20.8	21.2	22.6
40	190	195	221	22.8	21.2	22.6
50	155	170	175	24.1	22.0	22.7
60	145	160	170	23.0	22.3	23.1

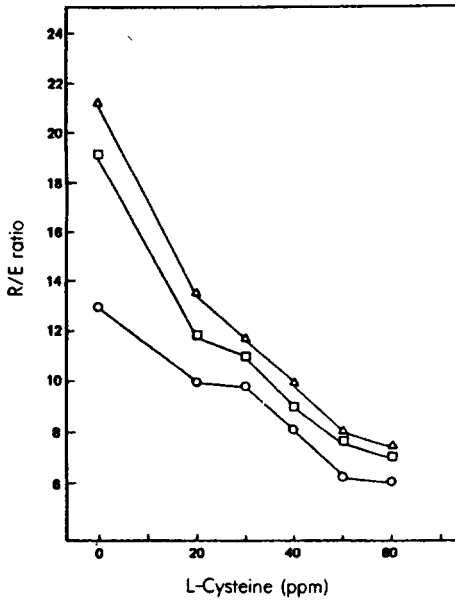


Fig. 2. Effect of L-cysteine level on R/E ratio.
○-○, 45 min; □-□, 90 min; △-△ 135 min

는 발효과정 중 효모의 작용에 기인하는 것으로 효모가 반죽의 리올리지 성질에 미치는 영향은 여러 측면에서 산화제의 역할과 비슷하다고 알려져 있다⁽¹⁷⁾. 따라서 시스테인을 첨가한 초기에는 반죽의 퍼짐비율이 증가하나 발효과정 중 효모의 작용에 의하여 시스테인 효과가 극복(즉, 퍼짐비율의 감소)되게 된다^(18,20).

시스테인 - 아스코르브산의 첨가에 따른 파리노그램 특성

시스테인의 첨가량에 따른 파리노그램과 익스텐소그램 특성에서 시스테인 20 ppm은 다른 농도보다 낮은 흡수율과 높은 반죽시간을 보였으며(표 2), 60 ppm은 50 ppm과 비슷한 결과(표 2 및 그림 2)를 보였으므로 시스테인을 30, 40, 50 ppm으로 하고 여기에 아스코르브산을 1.5~3.5배 첨가하면서 파리노그램과 익스텐소그램의 특성을 조사하였다.

아스코르브산을 시스테인 첨가량의 1.5배 첨가하였을 때 파리노그램의 흡수율은 시스테인 30 ppm에서는 2.8%, 40 ppm에서는 2.4%, 50 ppm에서는 0.7% 감소하였으나 그 이상의 첨가에는 더 이상의 변화가 없었다(그림 3). 안정도와 반죽시간은 시스테인 30 ppm의 경우 아스코르브산에 의하여 약간 증가하였으나 시스테인 40과 50 ppm에서는 큰 차이를 보이지 않

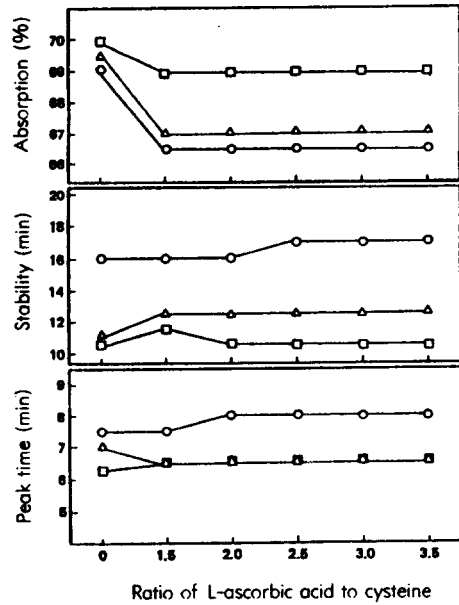


Fig. 3. Effects of L-cysteine and L-ascorbic acid levels on absorption, stability and peak time.

○-○, L-cysteine 30 ppm; △-△, L-cysteine 40 ppm; □-□, L-cysteine 50 ppm

Table 4. Farinogram data on wheat flour at various levels of L-cysteine with the increment of L-ascorbic acid

L-cysteine (ppm)	L-ascorbic acid (ppm)	Arrival time (min)	Mechanical tolerance index (B.U.)	Departure time (min)	Time to breakdown (min)
30	0	4	30	18	13
	45	3	20	19	14½
	60	3	20	19	15
	75	3	20	19½	15
	90	3	20	20	16
	105	3	20	20	16
40	0	4	25	15½	12
	60	3½	20	16½	13
	80	3½	30	16½	13
	100	3½	30	16	13
	120	3½	30	16	13
	140	3½	30	16	13
50	0	3¾	25	14½	10¾
	75	3½	30	15	11
	100	3½	30	14	11
	125	3½	30	14	11
	150	3½	40	13	10
	175	3½	40	13	10

Table 5. Extensogram data on wheat flour at various levels of L-cysteine with the increment of L-ascorbic acid

L-cysteine (ppm)	L-ascorbic acid (ppm)	Resistance (B.U.)			Extensibility (cm)		
		45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min
30	0	210	230	250	20.8	21.2	22.6
	45	310	520	650	19.9	16.0	14.0
	60	345	610	780	19.9	15.1	13.8
	75	350	640	780	20.1	14.9	13.0
	90	350	640	760	20.1	14.6	12.8
	100	340	610	760	18.1	14.1	12.8
40	0	190	195	210	22.8	21.2	21.6
	60	295	500	600	20.3	16.8	14.0
	80	280	500	650	20.8	14.2	13.2
	100	270	550	680	19.6	14.7	12.8
	120	325	610	690	21.8	15.9	12.6
	140	280	550	695	21.0	14.2	12.3
50	0	155	170	175	24.1	22.0	22.7
	75	250	490	585	18.3	15.2	13.6
	100	260	480	675	20.9	14.3	13.5
	125	280	560	725	20.8	15.5	13.2
	150	280	550	735	20.7	14.6	13.3
	175	265	560	720	19.6	15.0	13.0

았다.

파리노그래프의 다른 특성값들도 아스코르브산의 첨가에 의하여 영향을 받았다(표 4). 시스테인 50 ppm에서는 아스코르브산을 3배 이상 첨가한 경우에 M. T. I는 증가하였고 departure time과 반죽 파괴시간은 다소 감소하였다. 그러나 시스테인 40 ppm에서는 아스코르브산 첨가량에 따른 큰 변화는 없었다.

시스테인 - 아스코르브산의 첨가에 따른 익스텐소그램의 특성

앞에서 설명한 것과 같이 시스테인은 밀가루 반죽의 저항도와 신장도를 감소시킨다(표 3). 그러나 시스테인에 아스코르브산을 첨가한 경우 저항도는 증가되었으며, 신장도는 감소되었다(표 5). 또한 일정한 아스코르브산 함량에서 저항도는 발효시간이 경과함에 따라 증가하였으나 반대로 신장도는 감소하였다.

한편 R/E 값은 아스코르브산의 첨가비율이 높아질수록 증가하였으나 시스테인 함량의 2.5배 이상 첨가한 경우에는 큰 차이를 보이지 않았다(그림 4). 시스테인 30 ppm에서의 R/E 값은 40 ppm과 50 ppm에서보다 높았고 40과 50 ppm에서는 서로 비슷한 값을 보였다.

Elkassabany와 Hosoney⁽¹⁹⁾는 시스테인(30 ppm)

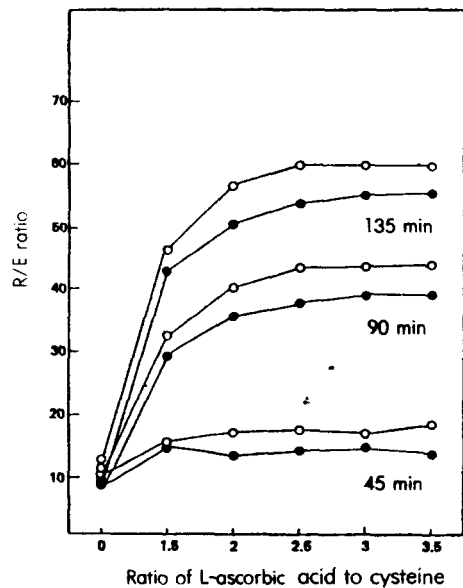


Fig. 4. Changes of R/E value at 30 (○) and 40 (●) ppm L-cysteine with the increment of L-ascorbic acid.

과 dehydro-L-ascorbic acid(50 ppm)를 밀가루-물의 반죽에 첨가할 때 퍼짐비율은 시스테인만을 첨가하였을 때보다 감소되며 발효가 진행되면서 더욱 감소하

Table 6. Effects of L-cysteine and ascorbic acid on baking absorption and mixing time

L-cysteine (ppm)	L-ascorbic acid (ppm)	Absorption (%)	Mixing time (min)
0	0	64	5.5
30	45	65	4
	60	65	4
	75	65	4
	90	65	4
	105	65	4
40	60	66	3.5
	80	66	3.5
	100	66	3.5
	120	66	3.5
	140	66	3.5
50	75	67	3.5
	100	67	3.5
	125	67	3.5
	150	67	3.5
	175	67	3.5

계 된다고 보고하였는데 이것은 그림 4의 결과와 같은 경향이였다.

시스테인 -아스코르브산의 첨가에 따른 빵의 특성

밀가루에 시스테인과 아스코르브산을 첨가하였을 때 대조구(직접반죽법)에 비하여 제빵 가수량은 증가하였으나 아스코르브산의 첨가량에는 영향을 받지 않았다(표 6).

제빵 가수량은 시스테인을 30 ppm 첨가했을 때 대조구보다 1% 증가하였고 시스테인을 10 ppm 씩 증가시킴에 따라 가수량은 1%씩 증가하였다. 그러나 반죽시간은 아스코르브산의 첨가량에는 관계없이 시스테인 첨가량이 높을수록 감소하였으나 40과 50 ppm 은 차이를 보이지 않았다.

시스테인에 아스코르브산의 첨가비율에 따른 빵의 부피와 반죽의 proof height 는 서로 비슷한 경향을 보였다(그림 5). 빵의 부피는 시스테인 30 ppm 에 2배의 아스코르브산(60 ppm)을 첨가한 경우에 최대값을 보였고 대조구의 빵의 부피와 비슷하였다. 시스테인 40과 50 ppm 에서는 아스코르브산을 각각 2.5배와 3배 첨가했을 때 최대의 부피를 보였다. 따라서 그림 5의 결과는 시스테인의 함량이 높을수록 아스코르브산의 첨가비율도 증가되어야 한다는 것을 가르킨다.

본 실험에서의 총 발효시간(반죽부터 proofing 까지

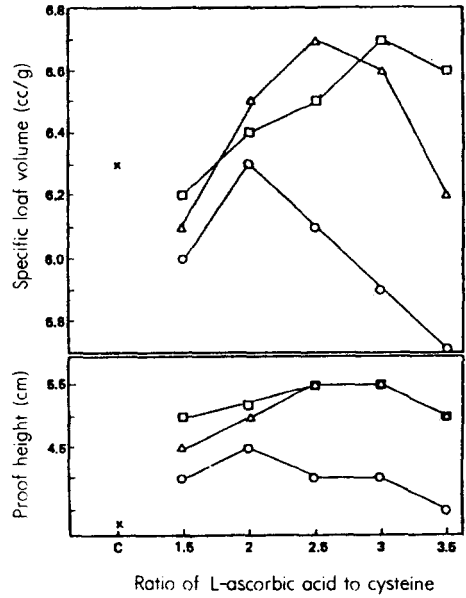


Fig. 5. The changes of specific loaf volume and proof height at various cysteine levels with the increment of L-ascorbic acid.

X, control: ○-○, L-cysteine 30 ppm; △-△, L-cysteine 40 ppm; □-□, L-cysteine 50 ppm

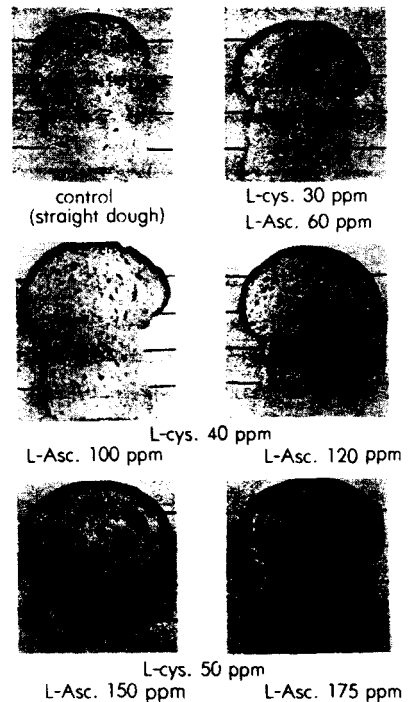


Fig. 6. Internal characteristics of no-time bread.

의 시간)은 약 80분이었으므로 익스텐소그램의 90분 후의 R/E 값(그림 4)과 빵의 부피를 비교하여 보면 시스테인 30 ppm에서는 R/E 값이 40, 40과 50 ppm에서는 약 38에서 최대부피를 보였다.

시스테인과 아스코르브산의 함량에 따른 빵의 특성(그림 6)을 보면 직접반죽법에 의한 빵은 break와 shred를 보였으나 노타임법에 의한 빵은 break와 shred를 볼 수 없었다. 시스테인 30 ppm과 아스코르브산 60 ppm의 경우 빵의 내관은 대조구와 비슷하였다. 시스테인 40 ppm의 경우에 아스코르브산을 2.5배 첨가한 빵은 부피와 내관 모두 대조구보다 좋았으며 3.0배에서는 grain과 texture가 열등하였다. 시스테인 50 ppm에서 부피는 40 ppm의 것보다 비슷하였으나 grain과 texture가 나빴다. 따라서 본 실험에서는 노타임법에 적절한 시스테인과 아스코르브산의 농도는 각각 40과 100 ppm이었다.

Kilborn과 Tipples⁽⁶⁾는 아스코르브산과 브롬산칼륨을 이용한 노타임 제빵은 산화제의 양, 중간발효(intermediate proof)시간 등에 의하여 영향을 받는데 적정량의 산화제를 첨가한 경우에는 중간발효가 매우 중요하며 이때의 잘못은 최종발효에 의하여 극복될 수 없다고 하였다. 그러나 노타임법에서의 시스테인과 아스코르브산의 작용에 대한 상호관련성은 아직 분명하지 않은 실정이다. 따라서 시스테인과 아스코르브산을 이용한 노타임법에 의한 제빵에 있어서 중간발효시간의 영향, 환원제와 산화제의 작용기작 등은 더 연구되어야 할 과제이다.

요 약

아스코르브산을 산화제로 한 노-타임 제빵법에 대하여 연구하였다. 시스테인은 파리노그래프의 흡수율을 증가시켰으나, 안정도와 반죽시간은 감소시켰다. 반죽의 신장성도 시스테인에 의하여 증가하였다. 동일한 시스테인 함량에서 아스코르브산을 1.5배 첨가한 경우 파리노그래프의 흡수율을 감소하였으나 안정도와 반죽시간은 변하지 않았다. 또한 반죽의 신장성은 아스코르브산에 의하여 감소하였다. 아스코르브산은 제빵 흡수율과 반죽시간에 영향을 주지 않았고, 제빵의 최적농도는 시스테인 40 ppm, 아스코르브산 100 ppm이었다.

문 헌

1. Bushuk, W., Tsen, C.C. and Hlynka, I.: The function of mixing in bread-making. *Bakers Digest*, 42(4), 36(1968)
2. Mechan, D.K., Sokol, H.A. and Pence, J.W.: Extractable protein and hydration characteristics of flour and dough in dilute acetic acid. *Cereal Chem.*, 39, 81(1962)
3. Tsen, C.C.: Changes in flour protein during dough mixing. *Cereal Chem.*, 44, 308(1967)
4. Tsen, C.C.: Chemical dough development. *Bakers Digest*, 47(5), 44(1973)
5. Tsen, C.C.: Effect of oxidizing and reducing agents on changes of flour proteins during mixing. *Cereal Chem.*, 46, 435(1969)
6. Kilborn, R.H. and Tipples, K.H.: Factors affecting mechanical dough development. 4. Effect of cysteine. *Cereal Chem.*, 50, 70(1972)
7. Finney, K.F., Tsen, C.C. and Shorgren, M.D.: Cysteine effect on mixing time, water absorption, oxidation requirement and loaf volume of Red river 68. *Cereal Chem.*, 48, 540(1971)
8. Gay, H.W. and Moses, K.S.: There are many advantages in no-time dough process. *Australian Baker*, 72, 27(1969)
9. Smerak, L.: Effective commercial no time dough processing for bread & rolls. *Bakers Digest*, 47(4), 12(1973)
10. Tsen, C.C.: The improving mechanism of ascorbic acid. *Cereal Chem.*, 42, 86(1965)
11. Tsen, C.C.: Comparative study on reactions of iodate, acetone peroxide in chemical systems and in dough. *Cereal Chem.*, 41, 22(1964)
12. 이춘영, 김성곤, 피.이.마스톤: 쌀 및 밀 복합분의 물리적 성질 및 제빵시험. *한국식품과학회지*, 11, 99(1979)
13. 최홍식, 김성곤, 김종태: 국산 밀을 이용한 복합분의 개발 및 활용에 관한 연구. *한국과학기술연구소*, BS KK1-111-5(1978)
14. 김성곤, 최홍식, 권태완, 비.엘.다포르니아, 피.이.마스톤: 쌀-보리 복합분의 물리적 성질 및 제빵시험. *한국식품과학회지*, 10, 11(1978)
15. 이양희, 김성곤: 복합분을 소재로 한 분식제품의 시험공장규모 생산 및 제품의 시장화에 관한 연구. *한국과학기술*

- 술연구소, BSJ 120-969-5(1977)
16. A.A.C.C.: Approved Method of the American Association of Cereal Chemists, 8th ed., St. Paul, Minn.(1983)
 17. Hosney, R.C., Hsu, K.H. and Junge, R.C.: A simple spread test to measure the rheological properties of fermenting dough. *Cereal Chem.*, **56**, 141(1979)
 18. Cullen-Refal, A., Faubion, J.M. and Hosney, R.C.: Lubricated uniaxial compression of fermenting dough. *Cereal Chem.*, **65**, 401(1988)
 19. Elkassabany, M. and Hosency, R.C.: Ascorbic acid as an oxidant in wheat flour dough. II. Rheological effects. *Cereal Chem.*, **57**, 88(1980)
 20. Kivett, C.L.: Studies on dough during fermentation and over mixing. M.S. Thesis, Kansas State University, Manhattan, K.S., U.S.A.(1987)
-
- (1989년 7월 26일 접수)