

Research Note

## 농축 전처리된 *Aloe vera* gel의 동결건조분말의 기능성

이남재 · 이승주\*

동국대학교 식품공학과

### Several Functional Properties of Freeze-dried Powder of Pre-concentrated *Aloe vera* gel

Nam Jae Lee and Seung Ju Lee\*

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

#### Abstract

The several functional properties of freeze-dried powder of *Aloe vera* gel was examined as influenced by pre-concentration degrees of the gel solution. As a pre-treatment prior to freeze drying, the gel solution was vacuum-concentrated by three levels (unit: g-water/g-solids) - high (H), 76; medium (M), 119; low (L), 159. In FT-IR spectra, the sample H showed the highest absorbance in the range of 1600-1550  $\text{cm}^{-1}$  and 1450-1400  $\text{cm}^{-1}$ , which corresponded to level of the acetyl group in glucomannan. The sample H of freeze-dried powder was the highest in polysaccharide content, jack bean urease inhibition rate, and FAC (fat adsorption capacity). It could be inferred that the sample H had an effect on *Helicobacter pylori* inhibition and fat adsorption suppression according to urease inhibition rate and FAC, respectively.

**Key words:** *Aloe vera* gel powder, freeze-drying, preconcentration, functional properties

## 서 론

*Aloe* gel은 수분을 98% 이상 함유하고 있고 pectin과 cellulose, hemicellulose, glucomannan, acemannan과 mannose 유도체인 다당류로 구성되어 있다(Bozzi et al., 2007). 이들 성분의 복합적인 작용에 의하여 생잎의 경우 냉장 저장 중 쉽게 흑변 현상이 일어날 수 있다. 또한 생잎이 gel로 추출되면 실온에서 매우 불안정하여 *Aloe*의 중요한 특징인 점성을 잃게 된다(Grindlay & Reynolds, 1986). 이러한 변화는 *Aloe*의 여러 기능성의 손실을 초래한다. 따라서 *Aloe* 제품의 저장성을 향상시키기 위하여 동결건조법이 사용되고 있다. *Aloe* gel의 동결건조에는 그 전처리 과정으로 원료를 농축하는데, 일반적으로 진공가열농축법이 적용되고 있다(Lee & Lee, 2009). *Aloe*는 주로 열대 및 아열대 지방을 중심으로 세계적으로 퍼져있고 그 종류는 약 400종이 넘는 것으로 알려져 있다. *Aloe*는 여러 기능성을 갖는 것으로 보고되었지만(Bozzi, 2007), 그 보관이 힘들다는 단점을 가지고 있어 기능성의 100% 효과를

기대하기에는 어려움이 있다.

식품의 건조에는 열풍건조, 진공건조, 동결건조, 분무건조, 전도식 건조 등의 방법이 적용되고 있는데 열변성이 우려되는 경우에는 동결건조 방법이 가장 선호되고 있다(Lee & Choi, 1995). 동결건조는 식품 내 물을 얼음으로 바꾼 후 고체 상태를 유지하며 건조하는 방법이다. 물을 동결시키는 예비동결의 조건은 일반적으로 건조 특성, 건조물의 품질 등에 영향을 미친다(Nakagawa et al., 2007). 따라서 *Aloe* gel의 예비동결 조건이 분말제품의 기능성 변화에도 영향을 미칠 가능성을 배제할 수 없다. 예비동결을 위하여 액상 원료는 일반적으로 농축되는데 가열 농축법, 진공 농축법, 냉동 농축법 등이 적용될 수 있다(Litvin et al., 1998). 한편 *Aloe*의 농축에는 진공 농축법이 사용되는데 농축 정도에 따라 건조물의 품질이 변화할 수 있다. 그러나 아직 *Aloe* 동결건조물에 대한 농축도의 효과를 연구한 사례는 미미한 실정이다.

*Aloe*를 열풍건조할 때 파생될 수 있는 기능성 변화에 대하여 보고되었다. *Aloe*의 주요 건강 기능성 다당류인 acemannan의 변성을 Fourier transformed infrared(FT-IR)을 적용하여 분석한 결과 구조의 변성에 의하여 deacetylation 및 mannose의 galactose-rich side-chains의 손실에 의한 것으로 보고되었다(Femenia et al., 2003). 열풍건조시 유효당이 손실되며 water retention capacity(WRC), swelling

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea  
Tel: +82-2-2260-3372; Fax: +82-2-2260-3372  
E-mail: Lseungju@dongguk.edu  
Received April 9, 2009; revised July 28, 2009; accepted August 4, 2009

(SW) 및 fat adsorption capacity(FAC)의 기능성이 저하되는 것으로 나타났다(Femenia et al., 2003; Simal et al., 2000). Kim(2006)은 *Aloe*의 삼투탈수조건에 따른 Jack bean urease 활성 억제 효과를 실험하여 사람의 소화성 궤양을 일으키는 것으로 알려진 세균인 *Helicobacter pylori*에 대한 억제 효과를 연구한 바 있다(Murafuji et al., 2006).

따라서 전보(Lee & Lee, 2009)에 이어서 *Aloe* gel의 농축 조건이 동결건조분말에 미칠 수 있는 기능성 변화에 대하여 분석하였다. 즉, 진공 농축에 의한 농축도를 달리하여 최종 동결건조분말의 FT-IR의 특성, Jack bean urease 활성 억제 효과, 유효다당의 농도, WRC 및 FAC에 대하여 실험 분석하여, 동결건조의 전처리 단계인 농축 조건에 대한 기초자료를 *Aloe* 기능성 변화의 관점에서 마련하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 연구는 A 회사(김제 농장)에서 재배한 *Aloe vera*를 실험에 사용하였다. 3년산 생잎을 수확한 직후 상온에서 1일의 운송기간을 거쳐 곧 바로 실험에 사용하였다.

### 농축

생잎을 물로 세척한 후 외피를 제거하고 중심부의 조직을 잘게 자른 후 마쇄하였다. 마쇄한 겔 시료에 거품이 가라앉을 때까지 상온에 방치한 후 진공오븐(VO-10, Jeio Tech Co., Ltd., Korea)을 이용하여 액상의 gel을 100 mL에서 80 mL, 60 mL 및 40 mL에 이를 때까지 농축시켰다. 특히 진공을 부가한 직후 30분 동안은 거품이 용기를 넘쳐서 수작업으로 압력을 높이고 다시 낮추는 과정을 반복하여 실험하였다. 최종적으로 수분함량(g-물/g-고형분)이 각각 76, 119, 159인 농축액을 얻었다.

### 동결건조

농축액을 동결건조기용 Pyrex 플라스크에 넣고 -40°C에서 하루 동안 동결하였다. 플라스크를 동결건조기(FD3, Heto Lab. Ins., Denmark)에 연결하여 응축기 온도 -54°C, 진공도 20 mtorr의 조건에서 72시간 동안 동결건조하였다.

### FT-IR

거대분자에 중요 작용기의 특징을 분석하기 위하여 FT-IR(Fourier transform infrared spectroscopy)을 적용하였다(Aronson et al., 2005; Zhang et al., 2001). 2 mg의 알로에 분말과 충분히 건조한 200 mg의 KBr를 마쇄하여 혼합하고 감압 하에서 압축하여 정제(KBr pellet)로 만들어 측정하였다. 수분 양을 최소로 하기 위해 150°C의 furnace에서

하루 동안 보관하였다. FT-IR(Nicolet Magna 550 series II, Midac Co., USA)을 사용하여 4,000-400 cm<sup>-1</sup>의 범위에서 측정하였다.

### 유효 다당류의 농도

Glucomannan 농도의 결정을 위해 간편하고 재현성이 높은 정량적 비색법이 개발된 바 있다(Eberendu et al., 2005). 이 방법을 이용해서 유효 다당류의 농도를 측정하였다. 증류수 50 mL에 분말 시료를 첨가해서 고형분 함량이 0.8%가 되도록 조정하였다. 이 혼합물을 25°C의 진탕항온수조에서 200 rpm으로 1시간 동안 교반하였다. Homogenizer(model 099C S33, Glas-Col Co., Ltd., USA)로 균질화를 시킨 후 filter(1.2 μm glass microfiber membrane, Whatman, Inc., UK)를 이용하여 여과시켰다. 여과액 0.4 mL와 Congo red(sodium 4,4'-diphenyl-2, 2'-diazo-bis-1-naphthlamino-4-sulfonate) 시약 4.0 mL를 polypropylene conical tube에 넣었다. 적당히 vortexing하여 혼합시켜서 실온에서 20분 동안 방치한 후 spectrophotometer(Optizen 3220UV, Mecasys Co., Ltd., Korea)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. Eberendu et al.(2005)가 보고한 calibration curve(흡광도에 대한 다당류 농도)로서 이로부터 유효 다당류의 농도를 산출하였다.

### Jack bean urease 활성도

Jack bean urease의 활성 저해 효과는 기존의 spectrophotometric 법을 일부 수정하여 다음과 같이 측정하였다(Mobley et al., 1986; Matsubara et al., 2003). 증류수 100 mL에 *Aloe* 분말 시료를 첨가해 고형분 함량이 0.8%가 되도록 조정하였다. 이 혼합물을 25°C의 진탕항온수조에서 200 rpm으로 1시간 동안 교반하고, homogenizer로 균질화하였다. 2 mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 20 mM phosphate buffer(pH 7.0)인 Jack bean urease(U-1500, Sigma-Aldrich Co., Korea) 용액(0.5 mg/mL) 1 mL와 상기 균질화된 시료 1 mL를 혼합하였다. 여기에 0.02% phenol red 0.2 mL를 넣고 30°C에서 30분간 방치하였다. 그 후에 2 mM EDTA, 20 mM phosphate buffer(pH 7.0)인 urea 용액(4 mg/mL) 1 mL과 반응시켜 560 nm에서 흡광도를 측정하였다. Urease inhibition rate(%)는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$Inhibition\ rate(\%) =$$

$$\frac{(OD_{560\ control} - OD_{560\ sample})}{OD_{560\ control}} \times 100 \quad (1)$$

여기서 control은 상기의 경우에서 단지 *Aloe* 시료 1 mL 대신에 증류수 1 mL를 사용한 경우이다.

### Fat adsorption capacity

분말시료 0.25 g과 sunflower oil 5 mL을 섞고 하룻밤 동안 보관하였다. 이것을 원심력 13,670×g에서 20분간 원심 분리하여 상층액을 옮겨 따르고 남은 침전물을 건조한 시료무게 당 oil 무게의 비율을 FAC로 간주하였다(Femenia et al., 2003; Simal et al., 2000).

$$FAC = \frac{\text{Weight of oil}}{\text{Weight of sample}} \quad (2)$$

## 결과 및 고찰

### FT-IR

다당류의 작용기와 화학적 특성을 결정하기 위해 FT-IR spectrum을 4000-400 cm<sup>-1</sup>의 파장으로 주사하여 당의 구조를 분석하였다(Fig. 1). 일반적인 다당류의 FT-IR 특성을 살펴보면 3600-3200 cm<sup>-1</sup>에서 O-H stretching frequency를 나타내고, 1100-1050 cm<sup>-1</sup> 범위에서는 O-H의 bending vibration을 띠며, 2950-2800 cm<sup>-1</sup> 영역과 1470-1460 cm<sup>-1</sup>에서는 C-H 기능을 나타낸다(Kim, 2006). 농축 정도와 무관하게 동결건조된 *Aloe* 분말은 모두 상기와 같은 전형적인 다당류의 특성을 나타내어 유사한 경향을 보였다.

*Aloe*의 주된 성분인 glucomannan은 다당류의 구조를 특징짓는 중요한 요소이다. Glucomannan은 분자의 C-6 위치에 약한 acetyl 기를 가지며(Xu et al., 2007), 1600-1550 cm<sup>-1</sup>와 1450-1400 cm<sup>-1</sup> 영역의 spectrum에서 acetyl기의 존재를 나타낸다(Manna & McAnalley, 1993). 이를 관찰하기 위하여 FT-IR spectrum을 1800-1200 cm<sup>-1</sup>의 영역으로 확대해서 재분석한 결과(Fig. 2), acetyl기의 해당 영역에서는 농축도가 높은 경우에 transmittance가 가장 낮아 흡수가 가장 많이 되는 것으로 나타났다. Acetyl기는 CoA의 형태로 전환되는데, acetyl CoA는 생물 합성과 유기 분자의 변형에 중요한 작용을 하는 중간물질이다. 이러한 기능성에 중요한 acetyl기(Popov et al., 2007)의 관점에서 보면 농축도가 높은 조건이 품질이 우수하다고 할 수 있다.

### 유효 다당류의 농도

농축도가 높은 경우 더 많은 유효 다당류를 함유하는 것으로 나타났다(Table 1). 알로에의 주된 유효 다당류는 glucomannan로서 메틸화 분석으로부터 2,3,6-trimethyl mannose(84%)와 2,3,6-trimethyl glucose(3.6%)가 검출되어서 mannose와 glucose가 β-1,4 결합으로 구성된 선형 다당류으로 알려졌다(Kwaambwa et al., 2007; Manna & McAnalley, 1993). 농축도가 높은 용액은 예비동결 시 얼음형성 및 부피 팽창의 영향을 상대적으로 작게 받아서 고형분의 변성이 작아진 것으로 추측된다.

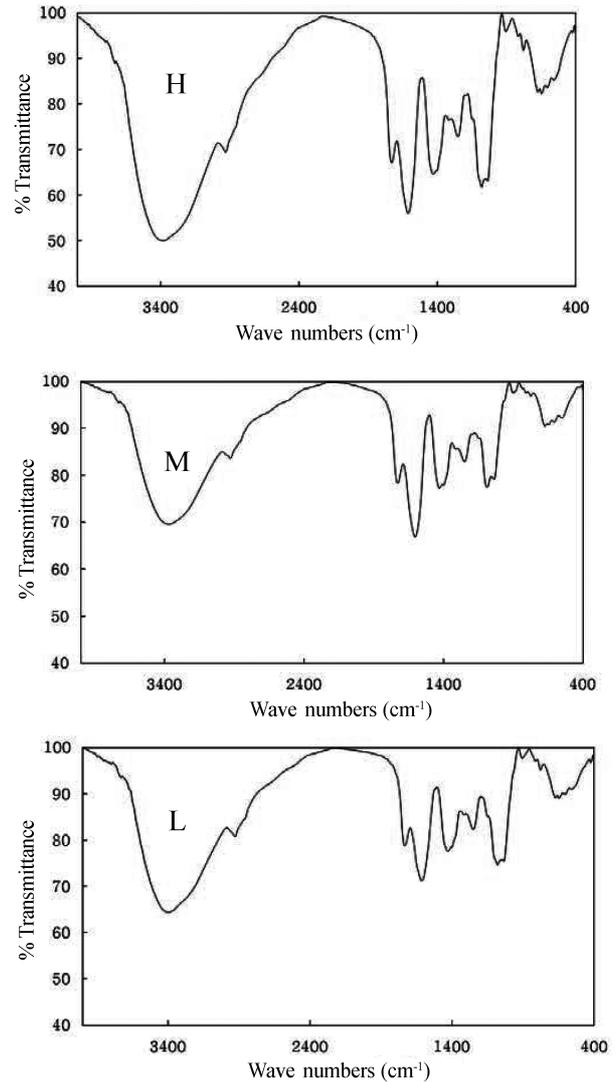


Fig. 1. FT-IR spectra in wavelength of 4000-400 cm<sup>-1</sup> for *Aloe* gel powder freeze-dried from pre-concentrated gel solution of 76 (H), 119 (M), and 159 (L) g-water/g-solids. H, M, and L represent high, medium, and low concentrated levels, respectively.

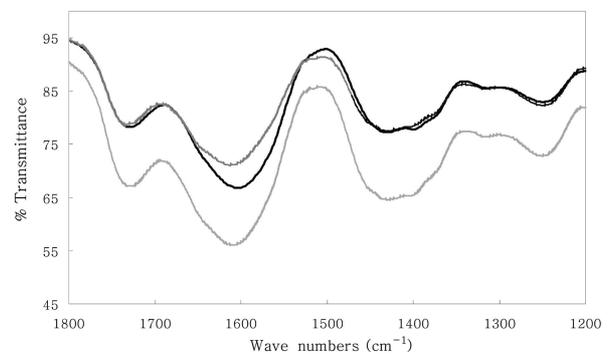


Fig. 2. FT-IR spectra in wavelength of 1800-1200 cm<sup>-1</sup> for *Aloe* gel powder freeze-dried from pre-concentrated gel solution of three levels: H, M, and L (refer to Fig. 1~3). —, H; —, M; —, L.

**Table 1. Functional properties of *Aloe* gel powder freeze-dried from pre-concentrated gel solution of different levels**

| Samples | Functional properties         |                            |  |
|---------|-------------------------------|----------------------------|--|
|         | Polysaccharide content (mg/L) | Urease inhibition rate (%) | Fat adsorption capacity (g-oil/g-solids) |
| High*   | 1056±30**                     | 81.7±0.1                   | 14.6±0.2                                 |
| Medium  | 654±20                        | 79.6±0.3                   | 14.0±0.2                                 |
| Low     | 577±24                        | 79.8±0.2                   | 13.9±0.3                                 |

\*Concentrated levels: high, 76 g-water/g-solids; medium, 119; low, 159.

\*\* Average ± SD from 5 replications.

**Jack bean urease 활성 저해 효과**

*H. pylori*는 사람의 소화성 궤양을 일으키는 세균이다 (Murafuji et al., 2006). 이에 *H. pylori*에 대한 억제 효과를 *Aloe* 기능성의 한 요소로 전제하여, 동결건조 시 농축 조건이 미치는 영향에 대하여 알아보았다. Jack bean urease와 *H. pylori* urease는 서로 분자 크기, 형태, 작용 등이 유사하여 Jack bean urease를 사용하여 *Helicobacter pylori* ureas의 저해 효과를 간접적으로 분석하였다(Cesareo & Langton, 1992). Table 1에서와 같이 농축도가 높은 조건의 시료가 저해율이 가장 큰 것으로 나타났다.

**Fat adsorption capacity**

*Aloe* gel의 지방에 대한 효과를 보기 위하여, 동결건조 시 농축 정도를 달리하여 지방 흡착 정도를 분석하였다. FAC는 특정 물질에 기름이 흡착되는 정도를 나타내는 값으로 특정 물질이 지방을 흡착한다면 간접적으로 체내에서 소화가 방해가 됨에 따른 비만 억제 효과를 유추할 수 있다(Tang, 2007). Table 1에서와 같이 FAC 값은 농축 조건에 따른 그 차이가 미미하지만 농축도가 큰 경우가 다소 높게 나타났다. 한편 다른 보고에 의하면 열풍건조된 *Aloe* 분말의 FAC 값은 건조온도가 높을수록 감소하였고(Simal et al., 2000), 동결건조된 *Aloe* 분말을 열풍건조 분말보다 더 높은 FAC를 보였다(Femenia et al., 2003). 또한 알로에의 주요 유효 다당류인 glucomannan은 비만, 당뇨병, 면역 조절 작용 및 높은 콜레스테롤을 감소시키는 효과를 갖는다고 보고된 바 있다(Reynolds & Dweck, 1999).

**요 약**

*Aloe* gel의 동결건조에 농축도가 서로 다른 액상 시료를 사용하였을 때 건조분말의 기능성 변화를 비교분석하였다. *Aloe*의 많은 기능성 중에서 유효 다당류의 농도, 기능성 작용기에 대한 FT-IR 특성, Jack bean urease 저해 효과, FAC(fat adsorption capacity)를 대상으로 하였다. 농축도가 높은 경우에 유효 다당류의 농도, urease 저해 효과, FAC 모두 상대적으로 크게 나타났다. FT-IR의 분석에서는 농축도가 높은 경우에 glucomannan의 acetyl 기에 대한 spectrum 영역인 1600-1550 cm<sup>-1</sup>와 1450-1400 cm<sup>-1</sup>에서 흡광도가 크게 관찰되었다. 결과적으로 *Aloe* gel의 동결건조

시 전처리과정인 농축 공정에서는 농축도가 높을수록 유효 다당류의 양과 acetyl기 함량의 수준이 크며, 간접적으로 urease 저해 효과에 따른 *Helicobacter pylori*의 억제 및 FAC의 증가 효과를 보였다.

**감사의 글**

본 연구는 (주)김정문알로에의 지원에 의한 것입니다.

**참고문헌**

Aronson CL, Beloskur D, Frampton IS, Mckie J, Burland B. 2005. The effect of macromolecular architecture on functional group accessibility: hydrogen bonding in blends containing phenolic photoresist polymers. *Polym. bull.* 53: 413-424.

Bozzi A, Perrin C, Austin S, Vera FA. 2007. Quality and authenticity of commercial *Aloe vera* gel powders. *Food Chem.* 103: 22-30.

Cesareo SD, Langton SR. 1992. Kinetic properties of *Helicobacter pylori* urease compared with Jack bean urease. *FEMS Microbiol. Lett.* 78: 15-21.

Eberendu AR, Luta G, Edwards JA, Mcanalley BH, Davis B. 2005. Quantitative colorimetric analysis of *Aloe* polysaccharides as a measure of *Aloe vera* quality in commercial products. *J. AOAC Int.* 88: 684-691.

Femenia A, Garcia-Pascual P, Simal S, Rossello C. 2003. Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydr. Polym.* 51: 397-405.

Grindlay D, Reynolds T. 1986. The *Aloe vera* phenomenon: a review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *J. Ethnopharmacol.* 16: 117-151.

Kim SA. 2006. Physical and Functional Properties of *Aloe vera* Gel Concentrated by DIS Process. MS thesis, Kangwon National University.

Kwaambwa HM, Goodwin JW, Hughes RW, Reynolds PA. 2007. Viscosity, molecular weight and concentration relationships at 298 K of low molecular weight *cis*-polyisoprene in a good solvent. *Colloid Surface A.* 294: 14-19.

Lee MS, Choi HS. 1995. Volatile flavor components of *Commelina communis* L. as influenced by drying methods. *Korean J Food Sci. Technol.* 27: 380-386.

Lee NJ, Lee SJ. 2009. Physical properties of freeze-dried powder of *Aloe vera* gel with respect to the concentrating degree as pre-treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 32-36.

Litvin S, Mannheim CH, Miltz J. 1998. Dehydration of carrots by

- a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying. *J. Food Eng.* 36: 103-111.
- Manna S, McAnalley BH. 1993. Determination of the position of the o-acetyl group in a  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-mannan(acemannan) from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydr. Res.* 241: 317-319.
- Matsubara S, Shibata H, Ishikawa F, Yokokura T, Takahashi M, Sugimura T, Wakabayashi K. 2003. Suppression of *Helicobacter pylori*-induced gastritis by green tea extract in Mongolian gerbils. *Biochem. Biophys. Res. Co.* 310: 715-719.
- Mobley HLT, Jones BD, Jerse AE. 1986. Cloning of urease gene sequences from *Providencia stuartii*. *Infect. Immun.* 54: 161-169.
- Murafuji T, Azuma T, Miyoshi Y, Ishibashi M, Rohaman AF, Migita K, Sugihara Y, Mikata Y. 2006. Inhibition of jack bean urease by organobismuth compounds. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 16: 1510-1513.
- Nakagawa K, Hottot A, Vessot S, Andrieu J. 2007. Modeling of freezing step during freeze-drying of drugs in vials. *AIChE J.* 53: 1362-1372.
- Popov VM, Wang C, Shirley AS, Rosenberg A, Li S, Nevalainen M, Fu M, Pestell RG. 2007. The functional significance of nuclear receptor acetylation. *Steroids* 72: 221-230.
- Reynolds T, Dweck AC. 1999. *Aloe vera* leaf gel: a review update. *J. Ethnopharmacol.* 68: 3-37.
- Simal S, Femenia A, Llull P, Rossello C. 2000. Dehydration of *Aloe vera*: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. *J. Food Eng.* 43: 109-114.
- Tang CH. 2007. Functional properties and in vitro digestibility of buckwheat protein products: Influence of processing. *J. Food Eng.* 82: 568-576.
- Xu X, Li B, Kennedy JF, Xie BJ, Huang M. 2007. Characterization of konjac glucomannan-gellan gum blend films and their suitability for release of nisin incorporated therein. *Carbohydr. Polym.* 70: 192-197.
- Zhang SW, He R, Wang D, Fan Q. 2001. Abrasive erosion of polyurethane. *J. Mater. Sci.* 36: 5037-5043.