

Triacetin 함량에 따른 담배필터의 이화학적 특성에 관한 연구

김종열 · 신창호 · 김정열 · 김영호 · 이근희
한국인삼연초연구원 화학부
(1997년 11월 20일 접수)

Study on Some Physico-chemical Properties of Cigarette Filter Rods by Triacetin Content

J. Y. Kim*, C. H. Shin, C. R. Kim, Y. H. Kim and K. H. Lee
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute
(Received November 20, 1997)

ABSTRACT : This study was carried out to investigate the influence of triacetin(TA) on some physico-chemical properties of cigarette filter rods. To find the effect of TA on physical properties, we made six kinds of filters varying the TA levels(0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%) and measured the hardness, resilience and roundness. The hardness of filter rods was increased from 83.2% to 94.6% with increasing the TA level but the roundness was not affected by TA levels. After manufacturing the cigarette with the filters, we have analyzed the delivery amount of phenol and TA with the content of TA. The amount of phenol was decreased from 20.6 $\mu\text{g}/\text{cig.}$ to 12.0 $\mu\text{g}/\text{cig.}$ with increasing the TA level of the filters. The decreasing of phenol amount was thought to be caused by solution effect. Also the TA delivery of TPM was increased from 0% to 5% of TPM with increasing the amount of TA. We have found the interesting phenomena that ventilation rate was also decreasing up to 6% with increasing TA. It seemed to be due to the encapsulated pressure drop and the reduction of the plugwrap porosity which also caused by the smear with TA on the surface of plugwrap. From this results, we could find that not only the hardness, resilience and ventilation rate but also the contents of phenol and TA in cigarette smoke was affected by the TA levels on the cigarette filter rods.

Key words : triacetin, hardness, resilience, roundness

담배 필터는 Tar 이행량을 감소시킬 뿐만 아니라 권련으로부터 구부로 전달되는 이물질 제거 기능을 갖고 있으며, 1953년부터 선택적으로 semivolatile components를 흡착하는 것으로 알려져 있는 cellulose acetate 필터가 처음으로 사용되기 시작하였다(Morie, 1997; Reynolds, 1978). 초기

에는 권련의 편위성 및 외관 유지를 기하기 위해 가소제인 bis-(2-methylethyl) phthalate를 사용하여 경도를 유지하였으나, 77°C 이상으로 가열해야되는 작업성 및 경제성이 대두되어 1955년부터 상온에서 적용 가능한 glycerol triacetate (triacetin, TA)을 사용하기 시작하여 그 이후 많은 가소제를 사

* 연락처자 : 305-345 대전시 유성구 신성동 302. 한국인삼연초연구원

* Corresponding author : Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, 302 Shinseung-Dong, Yusong-Ku, Teajon 305-345, Korea

용하고 있으며 연구 개발되고 있다(Eastman, 1980a; 1980b).

가소제를 선택하는데는 가소시간, 키크미, 비용, 작업성, 가소제분무방식등 여러 인자를 고려하여 선택 사용되고 있는데 담배산업에서 가장 널리 보편적으로 사용되고 있는 가소제로는 TA와 triethylene glycol diacetate(TEGDA)를 들 수 있다.

국내에서는 작업성 및 비용문제로 인하여 TA만을 사용하고 있는 실정이며 이 가소제는 필터를 제조하는 과정에서 분무되어 섬유사이로 스며들며 접착부위에서 fiber bundle을 형성하여 경도를 향상시킨다. 또한 TA는 조 발압성이 있고 종양생성을 촉진한다고 알려져 있는 phenol등의 높은 흡착능을 보유하고 있는 것으로 알려져 있고(Carter, 1977; Wynder, 1967), 키크미에 있어서는 과량첨가시 bitter한 맛을 유발하고 소량 첨가시 harsh한 맛을 애연가들이 감지하므로(Amcel, 1978) 최적조건외의 가소제 함량을 정립할 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 국내 담배 산업에서 사용되고 있는 가소제인 TA함량에 따른 물리적 성질을 고찰하여 담배품질향상에 기여하고, 연기 증으로 이행되는 TA 및 phenol 이행량에 대한 경향을 분석하고자 수행하였다.

재료 및 방법

필터제조

현재 국내에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 선경 3.0/37,000 d 토우와 필터면적 9,500cu를 사용하여 필터제조기 KDF2/AF2를 이용 제조하였다. 이때 TA함량 조절은 TA 0%에서 흡인저항 320 mmH₂O를 맞추고 동일 속도에서 가소제 분무장치를 이용 TA 2%, 4%, 6%, 8%, 10%의 필터를 제조하였다.

분석기기 및 장치

제품의 물성분석을 위하여 경도, 원주, 원형도, 흡인저항, 공기회석율(Filtrona QTM13,15, CTS, 영국), 및 기공도(Heinr borgwaldt A-10, 독일) 측정기기를 이용하였고, 필터중 TA함량 및 연기 증

로 이행되는 TA, phenol등 분석은 GC(Hewlett Packard 5890 II, 미국)를 이용하여 분석하였다. 또한 TA함량에 따른 cellulose tow의 단면 변화를 관측키 위해 전자현미경(Carlzeiss SEM900, 독일)으로 관찰하였다.

이화학적 분석

필터 이화학적 분석중 경도, 원주, 흡인저항 및 탄력성은 한국담배인삼공사 규격에 따랐으며, 필터중 가소제 함량은 Celanese 분석법으로 GC를 이용했다(Amcel, 1978). 원형도는 laser beam을 이용한 측정기기로 개개 필터로드를 360°를 회전하면서 100회 측정하여 아래 식과 같이 구했다.

$$\text{원형도}(\%) = \left[1 - \frac{\text{최대직경(mm)} - \text{최소직경(mm)}}{\text{평균직경(mm)}} \right] \times 100$$

연기성분 분석은 제품담배의 물성 측 공기회석율을 0%, 흡인저항이 130±1mmH₂O로 선별한 후 CORESTA 표준조건에 따라 온도 22±2℃, 상대습도 60±3%에서 1일간 조화하여 연소시킨 후 Phenol 이행량 분석을 위해 Sacuma등이 발표한 논문을 인용 GC 분석법으로 분석하였다(Sacuma, 1983; Kim, 1991).

TA 이행량은 제품담배의 공기회석율을 50±2%, 흡인저항 EPD는 130±1 mmH₂O, UPD는 83±1 mmH₂O로 선별한 후 상기조건으로 1일간 조화 연소시켜 포집한 TPM을 용매(methanol)로 추출한 뒤 내부표준물질(ISTD : menthol)을 주입한 후 GC를 이용 분석하였다. Column은 DB-WAX Fused silicagel capillary column(30m x 0.32, film thickness : 0.25μm)을 사용하였고, column온도는 80℃에서 5분간 유지 후 210℃까지 분당 3℃씩 승온하여 210℃에서 10분간 유지하였다. Injector 및 detector(FID) 온도는 250℃를 유지하였고 split ratio 35 : 1 조건으로 Carrier gas는 N₂(1.0ml/min)을 사용하여 주사기를 이용 2μl 주입하였다(Hollweg, 1981).

TA함량에 따른 cellulose tow의 단면 분석을 위하여 1~2mm로 slicing하여 금코팅 후 전자현미경(SEM) 500 배율로 관찰하였다.

결과 및 고찰

TA 함량에 따른 경도, 원형도 및 탄력성

필터로드는 형태 유지와 작업성 향상을 위해 일정한 경도와 원형도를 유지해야된다. 로드가 너무 부드러우면 필터 절단시 필터 모형이 파괴 될 수도 있고 포장 및 운반할때 일그러짐이 발생하여 제품권상시 필터부와 양절부 사이에 조화를 이루지 못해 생산성에 차질이 발생할 소지가 많다. 또한 가소제, TA를 과량첨가 하면 깍미 및 비용문제가 발생한다.

그러므로 상기와 같은 인자들을 고려해 가소제인 TA가 필터에 미치는 물성을 분석한 후 그 결과에 대한 경도, 탄력성 및 원형도를 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서와 같이 TA 함량이 증가함에 따라 경도 및 탄력성은 증가하였으나 원형도는 관련성이 없었다. 이는 TA가 섬유사이에 스며들어 접착부위에서 fiber bundle을 형성하는데 TA증가는 이런 기회의 증가로 경도 및 탄력성이 증가되어, 경도는 TA 무처리시 83.2%에서 10%처리시 94.6%로 증가하고 있음을 알수 있었고 탄력성은 92.5%에서 97.7%로 증가되었는데 다른 보고서와 일치하는 경향이였다(Amcel, 1974; Lee, 1984). 원형도는 TA를 처리 시에도 영향을 미치지 않았는데 이는 Lee 등(1984)의 전 연구에서 제시된 견해와 상이 했다.

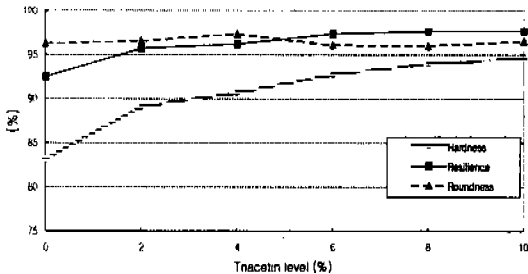


Fig. 1. Effect of triacetin on filter hardness, resilience and roundness (Data on the mean of 50 repeated experiments).

원주에 따른 필터의 물성 변화

국내 담배용 필터의 원주가 24.8mm에서 24.2mm로

변경되어 이에 따른 동일 TA 함량시 원주가 필터 물성 변화에 미치는 영향을 고찰하고자 수행하여 표 1에 나타내었다.

Table 1. Effect of circumference on filter hardness, resilience and roundness

Circumference (mm)	TA Level (%)	Hardness (%)	Roundness (%)	Resilience (%)
23.8±0.03	5.4	89.7±0.7	97.8±0.5	93.7±0.03
24.3±0.02	5.2	92.1±0.4	95.3±0.4	93.5±0.04
24.8±0.03	4.8	92.7±0.9	96.9±0.7	92.2±0.03

* P.W : 9,500cu, Tow : 3.0/37,000d, PD : 413mmH₂O, Size : 120mm

필터중 TA 함량이 동일하다면 필터 원주가 증가함에 따라 경도가 증가하는 경향이였고(Johnson, 1993), 원형도는 관련성이 없었다. 경도가 증가하는 요인은 단위 면적당 토우중량 및 retained crimp ratio가 증가하기 때문으로 사료된다.

TA함량에 따른 연기중 phenol 및 TA 이행량

그림 2는 TA 함량에 따른 TPM중 TA 이행율을 나타내고 있는데 TA 함량이 증가하면 TA 이행율도 증가함을 나타내고 있다. 이는 가소제, TA를 첨가 후 아세테이트 토우 안으로 스며들면서 토우를 녹여 시간이 경과함에 따라 용해되었던 토우들의 표면과 토우사이의 접촉점에서 경화가 이루어져 필터의 경도를 일정하게 유지 시켜준다. 이때 일정량의 TA는 시간이 경과함에 따라 토우 안으로 침투하여 토우의 경화 및 토우사이의 접촉점 결합 경화에 기여하고 표면에 굳어져 있으므로 aerosol에 의해 연기 중으로 이행될 수 있다. 즉 토우 안으로 침투되는 양 이상이 첨가될 경우에 이 TA는 필터 토우사이의 접촉점이나 표면에 존재하며 경도를 증가시킬 수 있지만 이행될 수 있는 확률도 갖고 있는 것으로 생각된다. 그러나 필터 TA 첨가량에 따라 연기 중으로 이행율이 감소하는 원인은 TA를 이행시키는 smoke aerosol량이 일정함으로 적은 량의 TA가 첨가되었을 경우에는

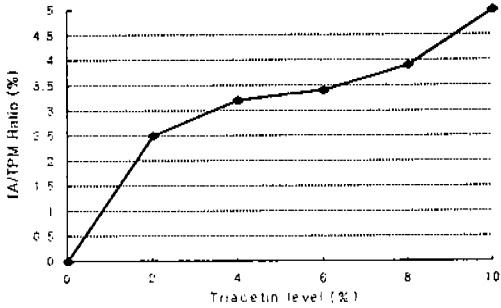


Fig. 2. Amount of particulate triacetin delivered

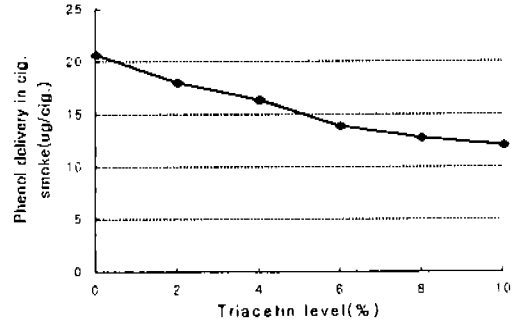


Fig. 3. Effect of triacetin on phenol delivery in the smokestream

이행될 수 있는 모든 량의 TA가 이행되어 이행율이 높지만 TA 함량이 높아질수록 smoke aerosol이 이행시킬 수 있는 TA량에는 한계가 있으므로 첨가량 대비 이행량이 감소되는 것으로 사료된다.

조 발암성과 종양축진 물질로 작용하는 연기성분 중 phenol 등의 이행은 담배 중에서 직접 흡입되는 경우와 담배에 존재하는 lignin, 다당류, protein, cellulose, amino acids 등의 열분해에 의해서 생성되며 그림 3 에서와 같이 TA 함량이 증가함에 따라 phenol 이행량이 감소함을 볼 수 있는데 이는 Richard R. Baker 등의 전 연구에서 제시된 바와 같이 solvent effect에 기인하였다고 생각된다(Cater, 1977; Richard와 Baker, 1987; Neurath, 1964)

TA 함량에 따른 제품담배의 물성변화

그림 4, 5는 TA 함량에 따른 공기회석율과 흡인저항 변화의 관계를 나타내었다. TA 함량이 증가함에 따라 공기회석율이 감소하다가 TA 4%에서부터 거의 일정함을 나타내 주고 있고 제품 흡인저항 EPD는 다소 감소하며 UPD는 미미한 증가를 나타내주고 있다. 이는 TA를 처리시 시간이 경과함에 따라 토우의 표면을 녹이면서 그 안으로 스며들어

섬유들 사이의 접촉점에서 결합을 형성 할뿐만 아니라 표면이 굳어지게 되어 무 처리 경우와 비교 소량 첨가시에는 유입되는 공기에 저항하는 표면이 감소함으로써 흡인저항이 감소되어 공기회석율이 감소하는 것으로 사료되며, 4% 이상에서 영향이 적은 이유는 토우의 형태는 변하지만 그 단면적은 크게 감소하지 않는 요인으로 사료된다. 그림 4에서 공기회석율이 6%정도 차이가 발생하고 있는데 이 원인은 보고된 자료를 인용하면 흡인저항 요인에서 약 5%정도 발생하고 있고(PDM, 1995), 표 2에서와 같이 필터권상 후 필터권지의 기공도가 TA 무 처리시 기공도 7,921 cu에서 TA 10%시 필터권지에 TA가 부착되어 기공도가 7,377 cu로 낮아지는 원인에 기인된 약 1%의 공기회석율 변화를 일으키는 것으로 생각된다. 또한 TA 처리 함량이 증가하면서 Plugwrap의 기공도 편차가 줄어들고 있음을 볼 수 있다. 이는 무처리된 필터에 비해 공기회석율의 편차를 줄여주므로 제품의 품질을 균일화시키는 요인이 될 수 있다.

TA 함량에 따른 cellulose tow 단면 관찰

TA 함량에 따른 토우의 단면을 그림 6에 나타내

Table 2. Effect of triacetin on plugwrap porosity

	TA level(%)					
	0	2	4	6	8	10
plugwrap porosity(cu)	7,921±822	7,784±674	7,450±612	7,317±580	7,492±528	7,377±440

* Data on the mean of 50 repeated experiments)

Triacetin 함량에 따른 담배필터의 이화학적 특성에 관한 연구

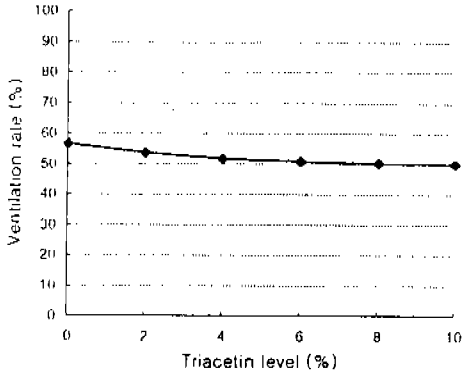


Fig. 4. Effect of triacetin level on the ventilation rate (Data on the mean of 50 repeated experiments).

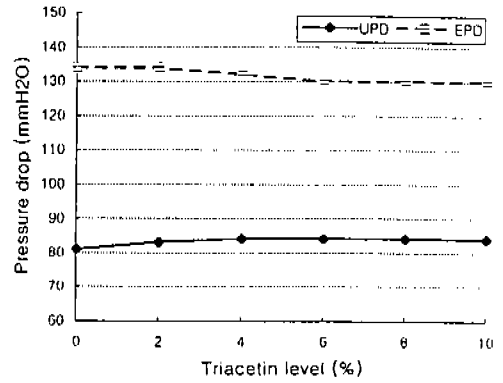


Fig. 5. Effect of triacetin level on pressure drop (Data on the mean of 50 repeated experiments).

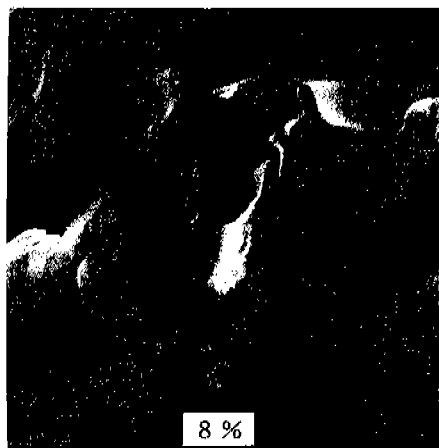
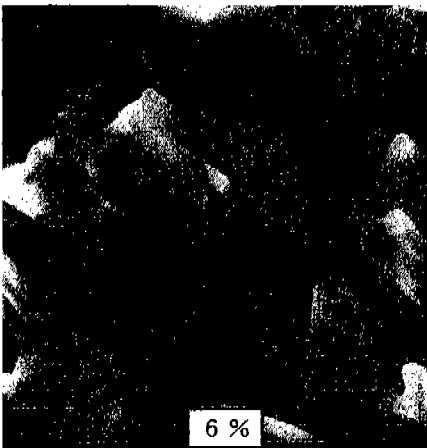
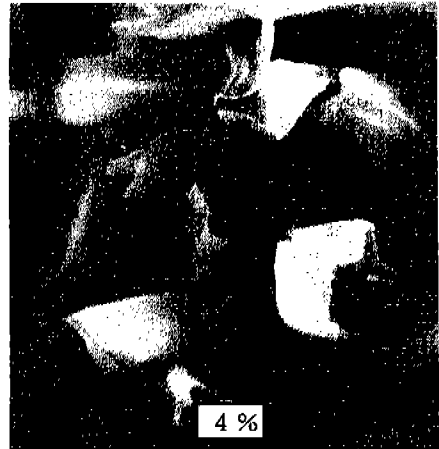
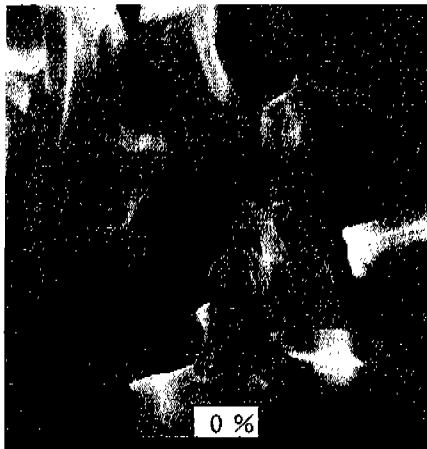


Fig. 6. Scanning electron microscope of the filament cross-sections with different triacetin levels(X 500)

었다. TA 0%에서 cellulose fiber가 Y형(#10)을 선명하게 나타내 주고 있으며, TA 8%에서는 Y형이 많이 손상되었음을 볼 수 있는데 이는 Y형이 파괴되어짐으로서 표면적이 감소하여 smoke aerosol을 흡착할 수 있는 기회가 줄어들어 흡착능에 영향을 미칠 수도 있다.

결 론

담배필터에 있어서 가소제인 triacetin(TA)이 물리화학적 특성에 어떤 영향을 미치는지에 관해 조사하였다. 물리적 성질을 조사하기 위해 TA 함량이 다른 6가지 종류(0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%)의 필터를 제조하여, 경도 및 탄력성, 원형도를 측정하였다. 필터의 경도는 TA 함량이 증가함에 따라 83.2%에서 94.6%로 증가하였고, 탄력성 또한 92.5%에서 97.7%로 증가하였으나, 원형도에 있어서는 관련성이 없는 것으로 나타났다.

필터의 물성을 분석후 담배를 제조하여 TA함량에 따른 phenol 및 TA 이행량을 분석하였다. Phenol의 이행량은 TA함량이 증가함에 따라 본당 20.6 μg 에서 12.0 μg 로 감소하였는데 이는 solution effect의 영향 때문인 것으로 생각된다. 또한 Smoke aerosol에 의해 필터로 부터 이행된 TA함량은 TA 함량이 증가함에 따라 TPM중 0%에서 5%까지 증가하였다.

이 연구 수행중 TA함량이 증가함에 따라 공기회석율이 6%까지 감소되는 현상을 찾았다. 이는 제품담배의 흡인저항(EPD) 감소영향과 필터권지 표면에 TA가 부착되어 필터권지의 기공도를 감소시키는 영향에 기인되는 것으로 생각된다.

이 연구 결과로부터 가소제인 TA 첨가량에 따라 물리적 성질인 경도 및 탄력성, 공기회석을 뿐만 아니라 담배연기 중으로 이행되는 phenol 및 TA 또한 영향이 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

Amcel(1978) Tow plasticizer, WSP, 5.6 Amcel(1974) Tow plasticizer, WSP5.65
Carter, W. L., and I. Hasegawa(1997) *J. of Col-*

loid and Interface Sci., 53, 1, p134.
Eastman Kodak Comp.(1980a) Factors affecting filter firmness, FTR-70(1980)
Eastman Kodak Comp.(1980b) Factors that affect elution of plasticizer from cigarettes filters, Pub. No. FTR-65
Hollweg V. J., Hans-Joachim Schumacher, and Friedlieb Seehoter(1981) Automatisierte gaschromatographische simultanbestimmung Von Nicotin und Wasser im Tabakrauchkondensat, *Beitr. Tabakforsch. Intern.*, 11-39.
Johnson C.E. (1993) The effect of cellulose acetate fiber and filter parameters on rod firmness, *Proceeding.*, 47th TCRC, p35.
Johnson, W.R.(1975) *Chem. Ind.* p521.
Kim, C. H., H. H. Rha, Y. S. Park, S. B. Han, M. S. Rhee, U. C. Lee, Y. O. Kim, J. Y. Bock, S. O. Baik, K. Y. An, Y. H. Kim, G. C. Jang and S. S. Jee,(1991) Tobacco Smoke Analysis, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, 235-314.
Lee, K. H., Y. T. Lee, and Y. S. Sung(1984) The effect of some plasticizer on the filter qualities of cellulose acetate tow, Technical Report, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute 1-47.
Morie, G.P. (1977) Proceedings of the American Chem. Soc. Sym., Recent Adv. in the Chem. Comp. of Tobacco & Tobacco Smokes. New Orleans, Louisiana, p553.
Neurath, G., and H. Ehmke(1966) Uber den Wassergehalt Von Haupt-und Nebenstromrauch, *Beitr. Tabakforsch. Intern.*, 3, p351.
Reynolds, M.L. (1978) Influence of filter additives on smoke composition, 3rd TCRC, 4, p47.
Richard R. and Baker(1987) A review of pyrolysis studies to unravel reaction steps in burning tobacco, *J. Anal. Appl. Pyrol.* 11. 555-573.
PDM comp.(1995) Mauduit, "Reducing variability in filter ventilated cigarettes" Technical report
Sakuma, H., M Kusama, and S. Sugwara (1983) The distribution of cigarette smoke components

between mainstream and side stream smoke,
Beitr. Tabakoforsch. Intern., 12, 63-71.

and Tobacco Smoke, New York, Academic Press, p130.

Wynder, E.L., and D. Hoffmann(1967) *Tobacco*