

Bericht

Studie zum Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit (Lagerungsdauer) von Salatgurken

Version 1

Auftrag

Der Auftrag zu dieser Studie wurde am 8. Juli 2015 durch das Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe Raumordnung Umwelt und Verkehr, Abteilung Umwelt- und Energiewirtschaft, 3109 St. Pölten unter der Auftragsnummer RU3-U-437/129-2015 erteilt.

Durchführende

Universität für Bodenkultur, Department IFA-Tulln, Institut für Umweltbiotechnologie, 3430 Tulln – Lagerversuche, Studienkoordination und Bericht

Joanneum Research Resources, Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit – LCA

naku – Natürliche Kunststoffe, 2700 Wr. Neustadt – Verpacken der Gurken

Mit freundlicher Unterstützung der LGV-Frischgemüse Gen.m.b.H, Wien

Motivation

Die Studie „Der Brotsack - Frischhaltevermögen für Obst, Gemüse und Gebäck“, aus 2009, zeigte die Vorteile einer biobasierten, biologisch abbaubaren Verpackung für frisches Obst, Gemüse und Backwaren auf. Die Knotenbeutel (auch: Hemdchen-Tragetaschen) liegen im Supermarkt auf, Kunden packen die offene Ware selber ein und wiegen sie ab. Die schon ab Produzent vorverpackt angebotene Ware ist mit dem Brotsack nicht erreichbar.

Daher war es angezeigt, eine neue Studie durchzuführen, bei der ein frisch geerntetes Produkt in biobasierte, biologisch abbaubare Folie verpackt wird. Ausgewählt wurden Salatgurken, zumal diese zum Zeitpunkt der Beauftragung als Saisonware aus Österreich beziehbar waren und andererseits Salatgurken überwiegend in PE-Folie verschweißt vom Einzelhandel (Supermarkt) angeboten werden.

Material und Methoden

Am 11. August 2015 wurden insgesamt 90 Stück Salatgurken von LGV-Frischgemüse Wien Gen.m.b.H persönlich abgeholt. Es wurde seitens des Produzenten versichert, dass alle Gurken am selben Morgen frisch geerntet und zur Reinigung trocken gebürstet wurden. 30 Stück dieser Gurken waren bereits in die übliche PE-Folie eingeschweißt, die anderen 60 Stück wurden unverpackt übergeben.

Nur wenige Stunden später wurden 30 der unverpackten Gurken durch naku MitarbeiterInnen in Folien aus dem firmeneigenen Material (überwiegend biobasiert und vollständig biologisch abbaubar) eingeschweißt. Der manuelle Prozess brachte es mit sich, dass es einerseits nicht bei jedem Stück gelang, eine rundum geschlossene Verpackung herzustellen und andererseits auch die verwendete Materialmenge nicht einheitlich war. Letztlich konnten 22 Stück Gurken so verpackt werden, dass der Studienzweck damit erreichbar schien.

Der Versuchsansatz bestand aus drei Mal jeweils 20 Stück Gurken in den Varianten: unverpackt, konventionell in PE-Folie eingeschweißt und manuell in naku-Folie eingeschweißt. Die Varianten sind in Abbildung 1 dargestellt – man beachte den langen Überstand bei der naku-Folie.



Abbildung 1: Frisch geerntete Salatgurken in drei Verpackungsvarianten (oben: unverpackt; mitte: in naku-Folie eingeschweißt; unten: in PE-Folie eingeschweißt).

Diese Gurken wurden, nach Verpackungstyp getrennt, zu je 10 Stück in den Kartonkisten des Herstellers im Klimaraum des Instituts für Umweltbiotechnologie bei 21-22°C und ca. 60% rel. Luftfeuchte gelagert (siehe Abbildung 2). Diese Bedingungen wurden gewählt, da die Lufttemperatur in den anderen Räumen des Instituts zum Zeitpunkt des Versuchsstarts ca. 36 bis 39°C betrug, was nicht den üblichen Lagerungsbedingungen in den Verkaufsräumen eines Supermarkts entsprach. Im Klimaraum war, als Folge der Luftumwälzung, eine erhöhte Luftzirkulation zu bemerken, was das Austrocknen der Gurken voraussichtlich etwas stärker beschleunigte, als es in den Räumen des Einzelhandels anzunehmen gewesen wäre.



Abbildung 2: Lagerung der Gurken im Klimaraum des Institutes bei ca. 22°C, gestapelt zu je 10 Stück in Kartonkisten des Herstellers.

Zum ersten Mal nach 24 Stunden und danach ca. jeden zweiten Tag (ausgenommen Wochenenden) wurden die Gurken gewogen und je zwei Stück für die Qualitätskontrolle entnommen. Die untersuchten Parameter waren:

- Gewicht der Gurken (aus dem Gesamtgewicht aller bis dahin verbliebenen Gurken jeweils gemittelt)
- Gewicht der Verpackung(en)
- visueller & sensorischer Gesamteindruck (Farbe, Oberflächenbeschaffenheit, Geruch, Festigkeit durch Fingerprobe)
- Oberflächenverkeimung durch Abklatsch auf PC-Agar (für Bakterienkeimzahl) und YGC-Agar (für Hefe- und Pilzkeimzahl)
- Verkostung durch ca. 7 (anfangs) bis 3 (gegen Versuchsende) freiwillige VerkosterInnen, rekrutiert aus den MitarbeiterInnen des Instituts für Umweltbiotechnologie.

Im Sinne der Zielsetzung dieser Studie waren die Ergebnisse aller Untersuchungen auf die Beantwortung der Frage hin ausgelegt: „Würde ich diese Gurke(n) noch kaufen, würde ich sie noch essen wollen?“

Daraus sollte sich eine Haltbarkeitsdauer (Lagerungsdauer) für die Gurken ableiten lassen, auf deren Basis der Projektpartner Joanneum Research eine LCA mit den Inputparametern: Aufwand für Verpackung je Gurke gegen Effekt der Verlängerung/Verkürzung der Haltbarkeit.

Ergebnisse

Der Zeitplan der Entnahmen für alle Untersuchungen und die Gurkengewichte sind in Tabelle 1 dargestellt. Nach insgesamt 13 Tagen Lagerungszeit traten bei unverpackten und bei den in naku-Folie eingeschweißten Gurken rund 17 bzw. 16% Gewichtsverlust (durch Austrocknen) auf, während der Gewichtsverlust der in PE-Folie eingeschweißten Gurken bei rund 3% lag.

Mit dem Gewichtsverlust parallel wurde ein Verlust an Festigkeit (Knackigkeit, Fingerprobe) festgestellt. Jedoch war der nicht einheitlich mit dem Grad des Austrocknens korreliert. Bis zum Tag 13 (erster Tag ohne Verkostung) waren 4 der 9 verbliebenen Gurken der unverpackten, 5 der 9 in naku-Folie verschweißten Gurken und 8 der 9 Gurken in PE-Folie nach wie vor als fest bzw. knackig zu bezeichnen, während die anderen jeweils weich und sichtbar runzelig waren. Im Falle der Gurken in PE-Folie trat zusätzlich auch Gelbfärbung auf und die Gurken begannen, vom Stielende her, ihre Form zu verlieren und matschig zu werden.

Nach dem Datum der letzten Verkostung (21. August 2015) waren neben der Festigkeit auch schon sehr deutliche Veränderungen im Aussehen zu bemerken. Aufgrund dieser äußerlichen Erscheinungsbilder fanden sich ab diesem Zeitpunkt keine freiwilligen VerkosterInnen mehr. Der Versuch wurde bis zum Tag 17 hauptsächlich zur Dokumentation des weiteren Gewichtsverlustes fortgesetzt. Das Aussehen der Gurken zu den Versuchstagen 13 und 17 ist in Abbildung 3 wiedergegeben. Es ist leicht zu erkennen, dass äußerliche, sichtbare Veränderungen bei allen Gurken auftraten, jedoch waren die in PE-Folie eingeschweißten Gurken am stärksten verfärbt und würden, trotz größtenteils noch vorhandener Knackigkeit, genauso nicht mehr gekauft und gegessen werden.

Tabelle 1: Zeitplan für alle Untersuchungen im Gurken-Lagerversuch und Gewichte der verbliebenen Gurken nach Verpackungsart.

Datum	Tag	unverpackt			naku-Folie			PE-Folie		
		Anz.	g / Stk.	% Gew.	Anz.	g / Stk.	% Gew.	Anz.	g / Stk.	% Gew.
11.08.15	0	20	438	100	20	437	100	20	451	100
12.08.15	1	20	434	99	20	435	99	20	451	100
13.08.15	2	18	431	98	18	427	98	18	451	100
17.08.15	6	16	403	89	16	403	92	16	444	99
19.08.15	8	14	392	87	14	387	89	14	441	98
21.08.15	10	12	382	85	12	344	79	12	437	98
24.08.15	13	10	376	83	10	361	84	10	437	97
26.08.15	15	9	363	81	9	349	82	9	436	97
28.08.15	17	8	354	80	8	337	79	8	435	97



Abbildung 3: Aussehen der Gurken nach 13 (links) und 17 Tagen (rechts) Lagerungsdauer bei 22°C. Reihenfolge linkes Bild: naku-Folie, PE-Folie, unverpackt; Reihenfolge rechtes Bild: PE-Folie, unverpackt, naku-Folie.

Unmittelbar nach der Sicht- und Gewichtskontrolle wurden anfangs je zwei Stück, gegen Versuchsende je ein Stück Gurke ausgepackt (das Gewicht der leeren Verpackung bestimmt) und Oberflächenabklatsche zur Messung der mikrobiellen Verkeimung durchgeführt. Nach Bebrütung bei 22°C (Hefen und Pilze) bzw. 35°C (Bakterien) erfolgte eine Auswertung nach Keimzahl bzw. nach Verkeimungsdichte. Die Gurken zeigten in der Mehrzahl hohe oder sehr hohe Keimzahlen und oftmals annähernd geschlossenen Bewuchs auf den Abklatsch-Agarplatten. Die Angabe von Keimzahlen (als konkrete Zahlen) erscheint nicht sinnvoll, zumal beim Abklatsch auch nur eine zufällige Stelle und eben nicht die gesamte Gurkenoberfläche erfasst wurde.

Eine Zusammenfassung der nominal skalierten Verkeimungen ist in Tabelle 2 angeführt, wobei die Bezeichnungen durch Farben (Grün ist vergleichsweise geringe, Rot ist vergleichsweise hohe, ev. nicht akzeptable Verkeimung) verstärkt wurden. Die beschreibende Beurteilung lässt dennoch klar erkennen, dass durch jede Art der Verpackung die Höhe der Oberflächenverkeimung begünstigt wurde. Während die Keimzahlen unverpackt von Beginn an eher gering blieben, nahmen die Bakterienkeimzahlen der in naku-Folie eingeschweißten Gurken langsam ab, die von Hefen und Pilzen blieben in ähnlichem Niveau, während die Keimzahlen der in PE-Folie verschweißten Gurken schon nach einem Versuchstag sehr hoch waren und über den gesamten Beobachtungszeitraum sehr hoch blieben (siehe Abbildung 4 als Beispiel).

Tabelle 2: Auswertung der Oberflächenverkeimungen im Gurkenlagerungsversuch, ausgedrückt durch eine Nominalskala: negativ (0) < wenige < mehrere < viele < dicht, zusätzlich durch die Schriftfarbe verstärkt.

Datum	Tag	unverpackt		naku-Folie		PE-Folie	
		Bakterien	Hefe/Pilze	Bakterien	Hefe/Pilze	Bakterien	Hefe/Pilze
12.08.15	1	wenige	mehrere	dicht	wenige	dicht	mehrere
13.08.15	2	wenige	wenige	dicht	wenige	dicht	viele
17.08.15	6	mehrere	negativ	mehrere	wenige	viele	viele
19.08.15	8	viele	wenige	viele	mehrere	dicht	viele
24.08.15	13	wenige	negativ	wenige	wenige	dicht	dicht
26.08.15	15	mehrere	negativ	merhere	viele	mehrere	viele

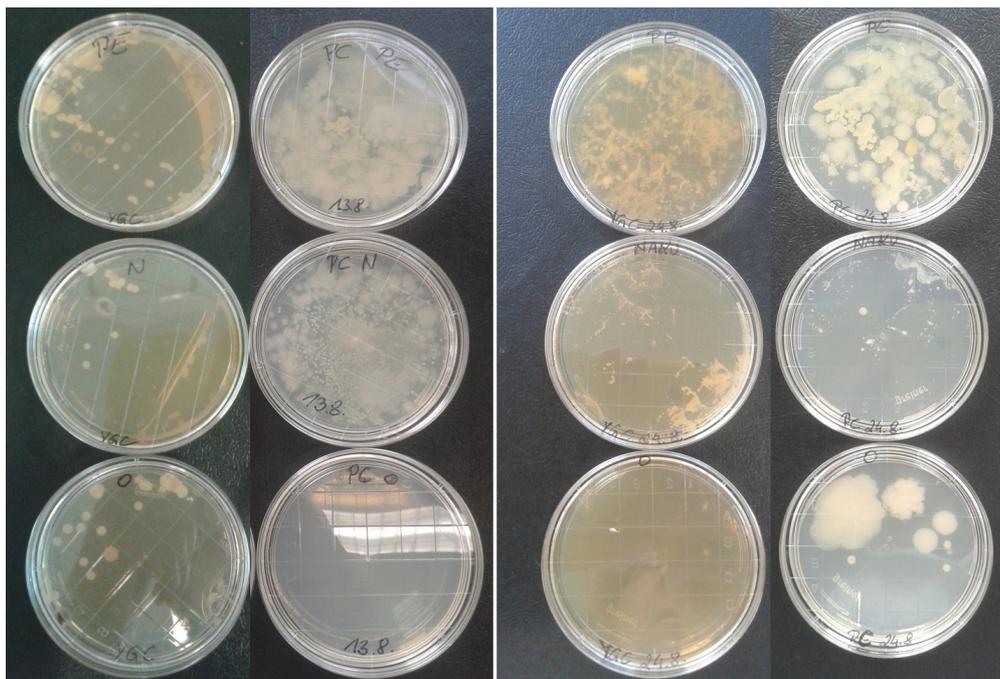


Abbildung 4: Verkeimungsdichten der Oberflächenabklatsche vom 13 und vom 24. August 2015 (2. und 13. Tag); jeweils links: Hefen und Pilze, rechts: Bakterien; von oben nach unten: PE-Folie (PE), naku-Folie (N), unverpackt (offen, O).

Im Anschluss an den Oberflächenabklatsch wurden die Gurken gewaschen und für die Verkostung in dünne Scheiben aufgeschnitten. Die wörtlichen Beurteilungen der zumindest drei bis maximal sieben freiwilligen VerkosterInnen wurden sofort zu einer summarischen Bewertung zusammengefasst und in eine subjektive, sensorische Qualitätsreihe geordnet. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Sensorik dargestellt und Abbildung 5 zeigt eine typische Verkostung vom 13. August 2015 (2. Versuchstag).

Die bewertende und reihende Beurteilung des Geschmackseindrucks stieß in diesem Versuch dann auf Grenzen, wenn etwa gleich viele VerkosterInnen jeweils eine der häufig aufgetretenen geschmacklichen Veränderungen (süßlich oder säuerlich) bevorzugten. Einigkeit bestand jedoch immer darüber, dass die unverpackt gelagerten Gurken, obwohl sie ab dem sechsten Versuchstag sichtbar eingetrocknet, runzelig und teilweise weich waren, jeweils im Vergleich am besten schmeckten.

Tabelle 3: Ergebnisse der Sensorik mit wörtlicher Beschreibung des Geschmacks der gelagerten Gurken und einem Rang (1 bis 3) entsprechend von vergleichend bester zu schlechtester geschmacklicher Qualität.

Datum	Tag	unverpackt		naku-Folie		PE-Folie	
		Beschreibung	Rang	Beschreibung	Rang	Beschreibung	Rang
12.08.15	1	typisch, gut	1	typisch, gut	1	typisch, gut	1
13.08.15	2	typisch, wässrig	1	typisch, wässrig, süßlich	2	typisch, säuerlich	1
17.08.15	6	weich, wenig Geschm.	1	weich, süßlich	2	typisch, leicht seifig	3
19.08.15	8	weich, säuerlich	1	weich, süßlich, grün	3	wässrig, wenig Geschm.	2
21.08.15	10	weich, typisch, säuerlich	1	fruchtig, süßlich	2	wässrig, scharf & bitter	3
24.08.15	13			----- keine weitere Verkostung -----			
Summe (Rang)		5 (1)		10 (2)		10 (2)	



Abbildung 5: Gurkenverkostung durch MitarbeiterInnen und Studierende des IFA-Tulln am 13. August 2015 (2. Versuchstag).

Die von den Gurken im Laufe des Lagerungsversuches entfernten Verpackungen wurden gewogen und die Gewichte gemittelt. Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

- PE-Folien: 23 Stück, Mittelwert 1,40 g (1,09 – 1,60 g)
- naku-Folien (manuell verpackt): 18 Stück, Mittelwert 3,07 g (2,49 – 4,18 g)
- naku-Folien (optimiert), experimentell ermittelt: 2,08 g
- Gurkengewichte (Beginn): 60 Stück, Mittelwert 442 g (424 – 472 g)

Dieses Zahlenmaterial wurde als Grundlage für eine Lebenszyklus- bzw. Ökoeffizienzstudie verwendet (LCA-Ergebnis in der Beilage). Die sehr hohen Foliengewichte für die naku-Verpackung kamen dadurch zustande, dass der Verpackungsprozess durchgehend manuell erfolgte. Um eine sicher vollständig geschlossene Verpackung nach dem Schrumpfprozess zu erhalten, wurde an allen Seiten Überstand zugegeben. Daraus ergaben sich zum Teil sehr wuchtige Schweißnähte und zumeist untrennbar mit der Folie verbundene Verklumpungen. Der experimentelle Verpackungsprozess kann also keineswegs als auch nur annähernd optimiert bezeichnet werden.

Das wahrscheinlich minimal notwendige Gewicht an naku-Folie zur ausreichenden Bedeckung einer Gurke wurde separat experimentell bestimmt, indem eine Folie einlagig lose um eine Gurke gewickelt und alle Überstände mit der Schere abgeschnitten wurden. Die Foliensfläche entsprach somit annähernd der Gurkenoberfläche.

Die Ergebnisse der LCA liegen dem Bericht als Anhang bei (elektronisch). Da kein Unterschied in der Haltbarkeit der Salatgurken zwischen den Verpackungsvarianten nachgewiesen werden konnte, verursachen unverpackte Salatgurken die niedrigsten Treibhausgasemissionen und haben den niedrigsten kumulierten Primärenergiebedarf.

Diskussion

Salatgurken werden, fast ausnahmslos, in PE-Folie eingeschweißt und nur sehr selten unverpackt vom Handel angeboten. Es war daher angezeigt, die Notwendigkeit bzw. die Nützlichkeit dieser Art der Verpackung zu hinterfragen und einen Lagerungsversuch mit alternativer Verpackung bzw. unverpackten Gurken vergleichend durchzuführen.

Die Ergebnisse und Eindrücke des Gurken-Lagerungsversuchs laufen, stark abstrahiert, auf die folgenden Kernaussagen hinaus:

1) Die in PE-Folie verschweißten Gurken zeigten über 17 Tage hinweg nur sehr geringen Wasser- und damit Gewichtsverlust, blieben am längsten knackig fest, zeigten aber die höchste Oberflächenverkeimung und entwickelten schon sehr früh, nämlich schon ab Tag 2, Fehlgerüche. Der langsam voranschreitende Verderb hatte am 13. Versuchstag die Grenze überschritten, ab der diese Gurken nicht mehr gekauft werden würden. Danach schritt der Verderb sehr rasch fort, mit typischen Zeichen des Verfaulens (bakterielle Kontamination). Die übliche PE-Folienverpackung ist genadelt (regelmäßig durchlöchert), da eine luft- und wasserdampfdichte Verpackung für Gurken nicht geeignet ist.

2) Das Einschweißen der Gurken in naku-Folie gelang, als rein manueller Prozess, nicht sehr einheitlich, dennoch aber gut genug, um in 29 Versuchen 20 vollständig geschlossene Folienverpackungen herzustellen. Die Gurken trockneten im Versuchsverlauf schon ab dem 6. Tag merklich aus, zeigten jedoch eine sehr viel geringere Oberflächenverkeimung als die Varianten in PE-Folie und nur geringe bzw. von mehreren VerkosterInnen unkritisch beschriebene Fehlgerüche. Ab dem 13. Versuchstag war das Aussehen so stark verändert, dass keine freiwillige Verkostung mehr möglich war.

3) Unverpackt gelagerte Gurken trockneten ab dem 6. Versuchstag äußerlich sichtbar aus, sie wurden zum Teil weich und runzelig. Dennoch behielten sie bis zum 7. Tag ihr typisches Gurkenaroma, das schlechtestenfalls als wässrig oder nur schwach ausgeprägt beurteilt wurde. Die Oberflächenverkeimung der Gurken war generell niedrig (Bakterien) bzw. nach einigen Tagen nicht mehr nachweisbar (Hefen & Pilze), was erklärt, dass es keinen Verderb durch Fäulnis oder Schimmel gab. Aufgrund des Aussehens, nicht jedoch aufgrund anderer Verderbszeichen, waren auch die unverpackt gelagerten Gurken ab dem 13. Versuchstag als nicht mehr (freiwillig) genießbar einzustufen.

4) Es ergab sich somit zwischen den drei Verpackungsvarianten kein Unterschied in der Lagerungs- bzw. Haltbarkeitsdauer, wenn auch, im Detail, feine Unterschiede in der geschmacklichen Beurteilung und sehr deutliche Unterschiede in der mikrobiellen Oberflächenverkeimung auftraten. Mit diesem Hintergrund kann, unabhängig von anderen Auswertungen, eine klare Empfehlung zur unverpackten Gurkenlagerung ausgesprochen werden.



Ines Fritz

Anhang

Tabelle mit den Rohdaten des Gurkenlagerungsversuchs. Sensorische Ergebnisse liegen als handschriftliche Notizen auf Papier vor. Die Dokumentation der Oberflächenverkeimungen erfolgte durch Photos von den bebrüteten Abklatschplatten – die Photos sind elektronisch verfügbar.

Datum	Tag	PE						offen						naku								
		Tara	Anz.	ges.Gew	Anz.-	Gew.-	g / Stk.	% Gew.	Tara	Anz.	ges.Gew	Anz.-	Gew.-	g / Stk.	% Gew.	Tara	Anz.	ges.Gew	Anz.-	Gew.-	g / Stk.	% Gew.
11.08.15	0	670	20	9698	0	0	451	100	681	20	9435	0	0	438	100	698	20	9441	0	0	437	100
12.08.15	1	0	20	9024	2	886	451	100	0	20	8674	2	828	434	99	0	20	8694	2	895	435	99
13.08.15	2	670	18	8791	2	945	451	100	681	18	8431	2	681	431	98	698	18	8375	2	820	427	98
17.08.15	6	670	16	7776	2	904	444	99	681	16	7134	2	844	403	89	698	16	7148	2	861	403	92
19.08.15	8	670	14	6846	2	905	441	98	681	14	6166	2	791	392	87	698	14	6112	2	757	387	89
21.08.15	10	670	12	5917	2	847	437	98	681	12	5267	2	719	382	85	698	12	4831	2	739	344	79
24.08.15	13	336	10	4710	1	430	437	97	339	10	4094	1	424	376	83	336	10	3943	1	381	361	84
26.08.15	15	336	9	4263	1	432	436	97	339	9	3604	1	381	363	81	336	9	3474	1	348	349	82
28.08.15	17	336	8	3818	0	435	435	97	339	8	3173	0		354	80	336	8	3030	0		337	79

Gewichte	1 naku	336	
Kisten	2 naku	362	
Tara	3 offen	339	
	4 offen	342	
	5 PE	336	
	6 PE	334	
Gurken frisch	Stk.	Gew.	g / Stk.
	60	26.525	442

Verpackungsgewichte [g]	PE	naku
	1,40	3,07
Mittelwerte	1,25	2,98

naku optimiert
2,08

Rohdaten Gurkenauswaage zu je 4 Stk. (am Tag 2)

Stk.	Gew.	g / Stk	g/S Beginn
4	1.729	432	434
4	1.734	434	436
4	1.689	422	424
4	1.693	423	425
4	1.849	462	465
4	1.747	437	439
4	1.752	438	440
4	1.750	438	440
4	1.699	425	427
4	1.726	432	434
4	1.715	429	431
4	1.782	446	448
4	1.796	449	451
4	1.880	470	472
4	1.851	463	465
		424	min
		472	max

23 18